

# YU INFO 2014

# ZBORNİK RADOVA



GODINA

YU | 20  
INFO | 14

20<sup>TH</sup> CONFERENCE AND EXHIBITION  
Kopaonik | 9-13. mart 2014.



# **YU INFO 2014**

## **Zbornik radova**

**Izdavač:** Društvo za informacione sisteme i računarske mreže

**Urednik:** Prof. dr Miodrag Ivković

**Mesto i godina izdanja:** Beograd, 2014. godina

**ISBN:** 978-86-85525-13-1

# YU INFO 2014

## Programski odbor

Prof. dr Borko Furht, Florida Atlantic University, USA  
Prof. dr Božidar Radenković, FON, Univerzitet u Beograd  
Prof. dr Branimir Đorđević, Informaciono društvo Srbije  
Prof. dr Branko Milosavljević, FTN, Univerzitet u Novom Sadu  
Prof. dr Bratislav Milovanović, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu  
Prof. dr Branko Markoski, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin  
Prof. dr Dragan Domazet, FIT, Univerzitet Metropliten, Beograd  
mr Dušan Korunović, Informaciono društvo Srbije  
Prof. dr Dušan Surla, PMF, Univerzitet u Novom Sadu  
Prof. dr Đorđe Paunović, ETF, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Gyula Mester, Univerzitet u Segedinu  
Prof. dr Irina Branović, Univerzitet Singidunum, Beograd  
Dr Ivan Vulić, Vojska Srbije  
Prof. dr Jelica Protić, ETF, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Ljerka Luić, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska  
Dr Marija Boban, Pravni fakultet, Sveučilište u Splitu  
Prof. dr Miodrag Ivković, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin  
Prof. dr Miodrag Zivković, Matematički fakultet, Beograd  
Prof. dr Milija Suknović, FON, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Mirjana Pejić Bach, Ekonomski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska  
Prof. dr Miroslav Trajanović, Mašinski fakultet, Univerzitet u Nišu  
Prof. dr Nataša Gospić, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Sašo Josimovski, Ekonomski fakultet, Univerzitet St. Kiril i Metodij, Skoplje  
Prof. dr Sašo Tomažič, Faculty of Electrical Engineering, Ljubljana  
Doc. dr Siniša Nešković, FON, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Slobodan Janković, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin  
Prof. dr Leonid Stoimenov, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu  
Prof. dr Veljko Milutinović, ETF, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Zora Konjović, FTN, Univerzitet u Novi Sadu  
Prof. dr Zoran Jovanović, ETF, Univerzitet u Beogradu  
Prof. dr Zoran Stanković, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu  
Prof. dr Vladimir Filipović, Matematički fakultet, Beograd  
Prof. dr Zoran Ognjanović, Matematički Institut SANU, Beograd  
Prof. dr Živko Tošić, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

## SADRŽAJ

### ESOCIETY

1	ANALIZA STANJA E-TRGOVINE U SRBIJI ZASNOVANA NA FAKTORIMA KOJI UTIČU NA NJEN RAZVOJ	Sanja Vukičević [sandzii@gmail.com]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	1
		Dražen Drašković [drazen.draskovic@etf.bg.ac.rs]	Faculty of Electrical Engineering, Srbija	
2	MOODLE KVIZ NA ANDROID UREĐAJIMA	Milena Frtunić [milena.frtunic@gmail.com]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	7
		Miloš Bogdanović [milos.bogdanovic@elfak.ni.ac.rs]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	
		Leonid Stoimenov [leonid.stoimenov@elfak.ni.ac.rs]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	
3	SISTEM ZA EVALUACIJU SEMANTIČKOG ALATA ZA E-UČENJE DSI	Dejan Todosijević [todosijevic.dejan@gmail.com]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	13
		Martin Jovanović [martin.jovanovic@elfak.ni.ac.rs]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	
4	CHARACTERISTICS OF E-BUSINESS MODELS IMPLEMENTED BY SMALL ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA	Martin Kiselicki [martin.kiselicki@fbe.edu.mk]	Integrated Business Faculty, Macedonia	18
		Saso Josimovski [sasojos@eccf.ukim.edu.mk]	Faculty of Economy - Skopje, Macedonia	
		Lidija Pulevska - Ivanovska [lidijap@eccf.ukim.edu.mk]	Faculty of Economy - Skopje, Macedonia	
		Ivana Janeva [ivanajaneva@gmail.com]	Faculty of Economy - Skopje, Macedonia	
5	PRIMENA HELPDESK-A U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI POSLOVANJA U DRŽAVNOJ UPRAVI	Bojan Begović [bpbbojan@gmail.com]	Poreska Uprava RS, Srbija	23
		Srđan Atanasijević [srdjan.atanasijevic@gmail.com]	Visoka tehnička škola, Kragujevac, Srbija	
		Saša Dulić [sasa.dulic@purs.gov.rs]	Poreska Uprava RS, Srbija	
		Vladimir Miličević [vladam.kg@sbb.rs]	Visoka tehnička škola, Kragujevac, Srbija	
6	RAZLIČITI ASPEKTI UPOTREBE ICT U OBRAZOVANJU ODRASLIH	Dušanka Milanov [dusanka.milanov@gmail.com]	Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Srbija	29
		Radoslav Radojević	Tehnicom Computers, Srbija	
7	IMPACT OF ICT DEVELOPMENT ON ECONOMIC GROWTH: THE CASE STUDY OF DEVELOPING COUNTRIES IN SEE REGION	Željko Janošević [zeljkoj@telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	35
		Bojana Jakovljević [bojanaja@telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije „Telekom Srbija“ a.d., Srbija	
		Marija Petrović [marijapet@telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije „Telekom Srbija“ a.d., Srbija	
8	MODEL ZA PRIMENU TRŽIŠNO DOSTUPNE SMART TEHNOLOGIJE U TELEMEDICINI	Zoran Ignjatov [zoran.ignjatov@gmail.com]	Opsta bolnica Djordje Joanovic Zrenjanin, Srbija	41
		Dobrivoje Martinov [martinovd@yahoo.com]	Opsta bolnica Djordje Joanovic Zrenjanin, Srbija	
		Predrag Pecev [predrag.pecev@gmail.com]	Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Srbija	
		Jasna Mihailović [jasnans@eunet.rs]	Institut za Onkologiju Vojvodine, Srbija	
9	ISTRAŽIVANJE VIRTUELNIH ZAJEDNICA	Miodrag Ivković [mivkovic@tfzr.uns.ac.rs]	Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Srbija	45
		Aleksandra Vukmirović [aleksandra.vukmirovic@stata.rs]	Stata.rs doo Beograd, Srbija	
		Marina Brbakić Tepavac [marina.babbler@gmail.com]	Babbler Media Marketing doo Sombor, Srbija	
		Jovanka Vukmirović [lola@fon.rs]	Fakultet Organizacionih Nauka, Srbija	

10	KONCEPT VIRALNOG MARKETINGA	Marina Brbakić Tepavac [marina.babbler@gmail.com]	Babbler Media Marketing doo Sombor, Srbija	50
		Aleksandra Vukmirović [aleksandra.vukmirovic@stata.rs]	Stata.rs doo Beograd, Srbija	
		Jovanka Vukmirović [lola@fon.rs]	Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd, Srbija	
		Nikolina Bobić [nikolina.bobic@gmail.com]	Drey doo Beograd, Srbija	
11	CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR WEB BASED NETWORKS USAGE IN MOBILE TELECOMMUNICATION INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA	Dimitar Jovevski [djovevski@eccf.ukim.edu.mk]	UKIM - Faculty of Economics, Macedonia	55
		Kalina Trenevaska-Blagoeva [Kalina.Trenevaska-Blagoeva@eccf.ukim.edu.mk]	UKIM - Faculty of Economics, Macedonia	
12	VEB SERVISI RGZA KOJI DOPRINOSE RAZVOJU E-UPRAVE ZASNOVANI NA INSPIRE DIREKTIVI	Daniel Milojević [daniel.milojevic@rgz.gov.rs]	RGZ, Srbija	60
		Vuk Jevtić [vuk.jevtic@rgz.gov.rs]	RGZ, Srbija	
13	MOGUĆNOSTI UČEŠĆA DOMAĆIH ISTRAŽIVAČA U OKVIRU INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U PROGRAMU HORIZONT2020	Svetlana Bogdanović [svetlana.bogdanovic@mpn.gov.rs]	Ministarstvo prosvete, nauke i tehnoloskog razvoja, Srbija	68

## INFORMACIONI SISTEMI

1	ITERATIVNI PRISTUP ZA PODEŠAVANJE PERFORMANSI BAZE PODATAKA	Robert Ramač [robert3ns@gmail.com]	Fakultet Tehnickih Nauka, Srbija	74
		Vladimir Mandić [vladman@uns.ac.rs]	Fakultet Tehnickih Nauka, Novi Sad, Srbija	
2	PROGNOZIRANJE TRAJNJE NOVIH KOMUNIKACIONIH SERVISA BAZIRANE NA ANALIZI ŽIVOTNOG CIKLUSA SERVISA	Stevan Veličković [stevan.velickovic@ict.edu.rs]	Visoka ICT skola, Srbija	80
3	UPOREDNA ANALIZA KARAKTERISTIKA PREPOZNAVANJA MARKERA KORIŠĆENJEM METAIO SDK I VUFORIA SDK	Miloš Stošić [milosstosic88@gmail.com]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	86
		Đorđe Manoilov [manoilov88@gmail.com]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	
		Dušan Tatić [dule_tatic@yahoo.com]	Elektronski Fakultet u Nišu, Srbija	
4	INTEGRACIJA SaaS SERVISA U CLOUD TELEKOMA SRBIJA	Vladan Nešić [vladann@telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	91
5	PRIMENA OPNET SIMULACIONOG SOFTVERA ZA IZRADU PKI SIMULACIONOG MODELA	Aleksandar Mišković [amiskovic@kg.ac.rs]	Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac, Srbija	96
		Mladen Veinović [mveinovic@singidunum.ac.rs]	Univerzitet Singidunum Beograd, Srbija	
6	PROBLEM USPEŠNOSTI - RETROSPEKTIVAN POGLED NA SOPSTVENO ISKUSTVO U RAZVOJU INFORMACIONIH SISTEMA	Mila Mitić [mila.mitic@pupin.rs]	Institut "Mihajlo Pupin", Srbija	100
7	EFEKTI IMPLEMENTACIJE INFORMACIONOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE IMOVINOM U ODS U KORPORATIZACIJI POSLOVANJA	Zoran Miškov [zoran.miskov@ev.rs]	PD Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Srbija	106
		Tihomir Simić [tihomir.simic@ev.rs]	PD Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Srbija	
		Boško Milosavljević [bosko.milosavljevic@ionsolutions.net]	ION Solutions d.o.o. Novi Sad, Srbija	
		Snežana Aleksandrović [alsneza@eunet.rs]	Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija	
8	PROBLEMI I SMEROVI ISTRAŽIVANJA U RAZVOJU BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA U RUDARSTVU	Mihajlo Jović [m2jovic@EUnet.rs]	Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija	112
		Vesna Damjanović [vesna.damjanovic@rgf.bg.ac.rs]	Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija	

9	SISTEM ZA EVIDENCIJU NEPROPISNO PARKIRANIH VOZILA I IZDAVANJE REŠENJA ZA UKLANJANJE U ELEKTRONSKOJ FORMI	Dejan Dimitrijević [dejan.dimitrijevic @nisparking.rs]	Parking servis, Niš, Srbija	116
		Marko Janković [marko.jankovic @nisparking.rs]	Parking servis, Niš, Srbija	
10	MODELIRANJE I IMPLEMENTACIJA PROCESA PRIJAVE DOKTORSKE DISERTACIJE	Robert Molnar [rmolnar @uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	120
		Dragan Ivanović [chenejac @uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	
		Lidija Ivanović [lidija.ivanovic @pef.uns.ac.rs]	Pedagoški Fakultet, Srbija	
11	INTEGRALNI INFORMACIONI SISTEM AGENCIJE ZA LEKOVE I MEDICINSKA SREDSTVA SRBIJE	Tatjana Stojadinović [tatjana.stojadinovic @alims.gov.rs]	Medicines and Medical Devices of Srbija, Srbija	126
		Igor Vanevski [igor.vanevski @alims.gov.rs]	Medicines and Medical Devices of Srbija, Srbija	
12	POBOLJŠANJE ERP-A PRAVOREMENIM OBAVEŠTAVANJEM KORISNIKA NA SAMOANALIZOM UOČENA Odstupanja	Bojan Ivetić [bojan.ivetic @uljarabanat.rs]	Fabrika ulja Banat AD, Srbija	131
		Jelena Trklja [jelena.trklja @uljarabanat.rs]	Fabrika ulja Banat AD, Srbija	
		Bojan Stanačev [bojan.stanacev @uljarabanat.rs]	Fabrika ulja Banat AD, Srbija	
13	MOBILNA APLIKACIJA ZA ELEKTRONSKI RASPORED ČASOVA	Andrija Karadžić [andrija888 @yahoo.com]	Vojna akademija, Srbija	136
		Ognjen Letić [ogletic @gmail.com]	Vojna akademija, Srbija	
		Ivan Tot [totivan @gmail.com]	Vojna akademija, Srbija	
14	DIZAJN I IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA TEHNIČKU PODRŠKU U UPRAVI ZA ZAJEDNIČKE POSLOVE REPUBLIČKIH ORGANA	Tatjana Kovačević [tatjana.kovacevic @micro-bs.com]	Micro Business Solutions d.o.o, Srbija	139
		Bobar Vjekoslav [vbobar @gmail.com]	Uprava za zajednicke poslove republickih organa, Srbija	
15	PLANIRANJE CRM BAZE PODATAKA	Marija Obradović [maobradovic @ptt.rs]	JP "Pošta Srbije", Srbija	144
		Vladan Obradović [vladano @open.telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije „Telekom Srbija“ a.d., Srbija	
16	GPS/GPRS TEHNOLOGIJE U IKT SISTEMU UPRAVLJANJA POMOĆNOM MEHANIZACIJOM NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA	Dragan Stošić [dragan.stosic @pupin.rs]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	149
		Snežana Pantelić [snezana.pantelic @pupin.rs]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	
		Sonja Dimitrijević [sonja.dimitrijevic @pupin.rs]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	
		Gradimir Ivanović [givanovic @mas.bg.ac.rs]	Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija	
		Branko Stefanović [bstefanovic @mas.bg.ac.rs]	Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija	
		Miloš Ivanović [milos.ivanovic @mas.bg.ac.rs]	Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija	
		Dragan Stević [dragan.stevic @te-ko.rs]	PD Termoelektrane i kopovi „Kostolac“ u Kostolcu, Srbija	
17	PREPORUKE TM FORUMA ZA UGOVARANJE SLA U SLUČAJU PRUŽANJA IPTV USLUGE	Srdjan Bojčić [srdjan.bojicic @gmail.com]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	155
		Violeta Milosavljević [violeta.milosavljevic @telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	
18	NACIONALNI OKVIR INTEROPERABILNOSTI REPUBLIKE SRBIJE I SERVISNO ORIJENTISANA ARHITEKTURA (SOA)	Predrag Đikanović [predrag.djikanovic @mup.gov.rs]	MUP RS, Srbija	159
		Vojkan Nikolić [vojkan.nikolic @mup.gov.rs]	MUP RS, Srbija	
		Duško Sivčević [dusko.sivcevic @mup.gov.rs]	MUP RS, Srbija	

19	ZNAČAJ INFORMACIONIH SISTEMA U SAVREMENOM STRATEGIJSKOM MENADŽMENTU	Andželija Plavšić [andjelija.plavsic @fmz.edu.rs]	Faculty of Management, Zaječar, Srbija	165
		Dragiša Stanujkić [dragisa.stanujkic @fmz.edu.rs]	Faculty of Management, Zaječar, Srbija	
		Saša Ivanov [sasa.ivanov @fmz.edu.rs]	Faculty of Management, Zaječar, Srbija	
		Milica Paunović [milica.paunovic @fmz.edu.rs]	Faculty of Management, Zaječar, Srbija	
		Goran Stanković [goran010583 @hotmail.com]	PU Bor, Srbija	

## PRIMENJENA INFORMATIKA

1	SOFTVER ZA ELEKTROMAGNETSKU ANALIZU ELEKTRIČKI VELIKIH STRUKTURA ZASNOVAN NA PDM METODI	Miodrag Tasić [tasic @etf.rs] Branko Kolundžija [kol @etf.rs]	University of Belgrade - School of Electrical Engineering, Srbija University of Belgrade - School of Electrical Engineering, Srbija	169
2	INTERFEJS ZA UNOS PODATAKA KORIŠTENJEM KONTINUIRANIH GESTOVA	Olivera Janković [janolja @yahoo.com]	ORAO a.d., BiH	175
3	TESTIRANJE INSTRUMENTA ZA ANALIZU POREMEĆAJA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE PRIMENOM LabVIEW SOFTVERA	Dragan Živanović [dragan.zivanovic @elfak.ni.ac.rs]	Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija	181
		Milan Simić [milan.simic @elfak.ni.ac.rs]	Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija	
		Dragan Denić [dragan.denic @elfak.ni.ac.rs]	Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija	
		Goran Miljković [goran.miljkovic @elfak.ni.ac.rs]	Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija	
		Aleksandar Jocić [aleksandar.jocic @elfak.ni.ac.rs]	Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija	
4	MERENJE UTICAJA ŠUMA NA SJEDINJAVANJE DINAMIČKIH SLIKA	Rade Pavlović [rade_pav @yahoo.com] Vladimir Petrović [v.petrovic @manchester.ac.uk]	Vojnotehnički Institut, Ministarstvo odbrane, Srbija University of Manchester, United Kingdom	186
5	PRIMENA OPEN SOURCE GIS REŠENJA ZA AUTOMATIZACIJU HIDROLOŠKIH PRORAČUNA NEIZUČENIH SLIVOVA	Nikola Zlatanović [zzznikola @gmail.com]	Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Srbija	191
		Mileta Milojević [mmvodomar @yandex.com]	Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Srbija	
		Jelena Čotrić [jelenacotric @gmail.com]	Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Srbija	
		Irina Milovanović [irina.milovanovic @jcerni.co.rs]	Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Srbija	
6	PRIMENA GENERALIZOVANE KONSTRUKTIVNE HEURISTIKE NA PERMUTACIONI FLOWSHOP PROBLEM	Miloš Danilović [danilovicm @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	195
		Oliver Ilić [ioliver @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	
7	DVA PRISTUPA IZBORU UČESNIKA NA PROJEKTU ZA OPTIMIZACIJU VREMENA I TROŠKOVA	Zvonimir Božilović [z.bozilovic @union-nikolatesla.co.rs]	Graditelj-inženjering d.o.o. Beograd, Srbija	200
		Nenad Nikolić [nenad.nikolic @gmail.com]	Velestroj d.o.o. Beograd, Srbija	
8	OCENA KVALITETA ANALITIČKOG SPREDŠIT MODELA	Lena Đorđević [lena.djordjevic @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	206
		Slobodan Antić [slobodan.antic @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	
9	MOGUĆNOST PRIMENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U KONTROLI UTROŠKA GORIVA MOTORNIM VOZILA U VOJSKI SRBIJE	Nenad Pavlović [nesa_pavlovic @open.telekom.rs]	Centralna logistička baza Vojske Srbije, Srbija	212
		Velibor Jovanović [velibordjovanovic @gmail.com]	Centralna logistička baza Vojske Srbije, Srbija	
10	PRIMENA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE KOD IZBORA VOJNIH RONILACA ZA PODVODNO RAZMINIRANJE	Šerif Bajrami [seki @t-com.me]	Vojska Srbije, Srbija	216
		Dejan Kršljanin [dejan.krsljanin @vs.rs]	Vojska Srbije, Srbija	

11	PRIMENA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U PROCENI BEZBEDNOSNE PRETNJE INFORMACIONO-KOMUNIKACIONOM SISTEMU	Dejan Kršljanin [dejan.krsljanin @vs.rs]	Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije, Srbija	221
		Branko Vujatović [branko.vujatovic.63 @gmail.com]	Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije, Srbija	
12	VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE U PROCESU OPREMANJA NAORUŽANJEM I VOJNOM OPREMOM U VOJSCI SRBIJE	Ljubomir Dulović [gaga.dulovic @gmail.com]	Vojska Srbije, Srbija	227
13	UPRAVLJANJE INFORMACIONOM BEZBEDNOŠĆU ZASNOVANO NA ODLUČIVANJU	Dejan Kršljanin [dejan.krsljanin @vs.rs]	Vojska Srbije, Srbija	233
		Božidar Forca [forcabozidar @gmail.com]	Vojska Srbije, Srbija	
14	SOFTVERSKO REŠENJE ZA PRIMENU MOBILNIH UREĐAJA I PLOČICA SA BAR KODOM U EVIDENCIJI DRVNIH SORTIMENATA	Nenad Marković [nenad.markovic @srbijasume.rs]	JP Srbijašume, Srbija	239
		Dejan Mitrović [dejan.mitrovic @srbijasume.rs]	JP Srbijašume, Srbija	
		Dimitrije Mišić	ABSsoft, Srbija	
15	ZNAČAJ I PRIMENA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U PRAĆENJU RAZVOJA ENERGETSKOG MENADŽMENTA U ZGRADARSTVU	Dragica Radosav [dolores032 @open.telekom.rs]	Technical Faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Srbija	244
		Aleksandar Tomović [aleksandar.tomovic @hotmail.com]	Technical Faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Srbija	
		Dragana Glušac [gdragana @tfzr.uns.ac.rs]	Technical Faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Srbija	
		Branislav Bogdanović [bogdanovic @vpskp.edu.rs]	Visoka poslovna skola Blace, Srbija	
16	BIBLIOTEKA ZA PARAMETARSKO PREDSTAVLJANJE KRIVIH -RAZVOJ I KORIŠĆENJE	Danilo Oklobdžija [danilo.oklobdzija @vpskp.edu.rs]	Visoka poslovna skola Blace, Srbija	249
		Vladica Ubavić [ubavic @vpskp.edu.rs]	Visoka poslovna skola Blace, Srbija	
		Jovan Krivokapić [krivokapic @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	
17	UPOTREBA EKSELA U ANALIZI PRAVACA RESTRUKTURIRANJA PREDUZEĆA	Mladen Čudanov [mladenc @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	253
		Stefan Komazec [komazec @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	
		Ivan Todorović [todorovic.ivan @fon.bg.ac.rs]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	
		Zoran Nešić [zoran.nesic @ftn.kg.ac.rs]	University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences Cacak, Srbija	
18	METHODOLOGICAL APPROACH TO THE COMPUTER SUPPORT OF THE HURWICZ CRITERION CALCULATION	Jasmina Vesić Vasović [jasmina.vesic @ftn.kg.ac.rs]	Faculty of Technical Sciences Čačak, University of Kragujevac, Srbija	258
		Miroslav Radojičić [miroslav.radojicic @ftn.kg.ac.rs]	University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences, Cacak, Srbija	
		Danijela Pavlović [danijelapavlo @telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	
19	AUTOMATIZACIJA PROCESA IZ DOMENA UPRAVLJANJA LJUDSKIM RESURSIMA U TELEKOMU SRBIJA KORIŠĆENJEM INTERNOG KORPORATIVNOG PORTALA	Vesna Mijanović [vesnamij @telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	262
		Srđan Kokolj [srdjankok @telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	
		Ana Slani [ana.slani @telekom.rs]	Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, Srbija	
		Snežana Radovanović [snezana.radovanovic @beograd.gov.rs]	Zavod za informatiku i statistiku Gradske uprave grada Beograda, Srbija	
20	WEB APLIKACIJA "UPIS DECE"	Vesna Kržanović [vesna.krzanovic @beograd.gov.rs]	Zavod za informatiku i statistiku Gradske uprave grada Beograda, Srbija	267
		Zora Šarenac [zora.sarenac @beograd.gov.rs]	Zavod za informatiku i statistiku Gradske uprave grada Beograda, Srbija	
		Jelena Vukadinović-Vuković [jelena.vukadinovic @beograd.gov.rs]	Zavod za informatiku i statistiku Gradske uprave grada Beograda, Srbija	



21	RAZVOJ VIRTUELNE ŠETNJE PRIMENOM PROGRAMSKOG OKRUŽENJA UNITY I MICROSOFT KINECTA	Đorđe Manoilov [manoilov88@gmail.com]	Faculty of Electronic Engineering, Niš, Srbija	271
		Dušan Gajić [dulegajic@gmail.com]	Faculty of Electronic Engineering, Nis, Srbija	
22	OBRAČUN I OPERATIVNO PRAĆENJE USLUGA PRODAJE AVIO KARATA (LIRA)	Nevena Simić [simicvnevena@gmail.com]	Air Srbija GROUND SERVICES d.o.o., Srbija	275

## RAČUNARSKE MREŽE I TELEKOMUNIKACIJE

1	ISKUSTVA U IMPLEMENTACIJI IP TELEFONSKE CENTRALE	Biljana Obradović [biljana.obradovic@vojvodina.gov.rs]	Uprava za zajedničke poslove pokrajinskih organa, Srbija	280
		Milan Paroški [milan.paroski@vojvodina.gov.rs]	Uprava za zajedničke poslove pokrajinskih organa, Srbija	
		Zoran Španović [zoran.spanovic@vojvodina.gov.rs]	Uprava za zajedničke poslove pokrajinskih organa, Srbija	
2	ANALIZA KVALITETA SERVISA U TELEKOMUNIKACIONIM MREŽAMA NA BAZI DIFFSERV MODELA	Boban Pavlović [boban.pavlovic@va.mod.gov.rs]	Vojna akademija, Srbija	287
		Vladimir Suša [susha0207@gmail.com]	Ministry of defense Republic of Serbia, Srbija	
		Jovan Bajčetić [bajce05@gmail.com]	Vojna akademija, Srbija	
3	KAPACITET VIŠEANTENSKOG SEKUNDARNOG LINKA KOGNITIVNOG SISTEMA SA KONTROLISANIM NIVOOM INTERFERENCIJE	Vesna Blagojević [vesna.golubovic@etf.rs]	Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, Srbija	292
		Predrag Ivaniš [predrag.ivanis@etf.rs]	Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, Srbija	
4	SECOND ORDER STATISTICS OF TRIPLE SC RECEIVER OVER $\alpha$ - $k$ - $\mu$ MULTIPATH FADING IN THE PRESENCE OF $\alpha$ - $k$ - $\mu$ CO-CHANNEL INTERFERENCE	Dušan Stefanović [dusan.stefanovic@itcentar.rs]	College of Applied Technical Sciences, Nis, Srbija, Srbija	297
		Danijel Došić [danijeldjosic@gmail.com]	Faculty of Mathematics and Science, Kosovska Mitrovica, Serbia, Srbija	
		Srdjan Maričić [srdjan.maricic@gmail.com]	Faculty of Electronic Engineering, Nis, Serbia, Srbija	
		Siniša Minic [sinisa.minic@gmail.com]	Faculty of Teachers College in Prizren, Leposavic, Serbia, Srbija	
		Stanislav Veljković [stanislav.veljkovic@gmail.com]	Faculty of Electronic Engineering, Nis, Serbia, Srbija	
5	ODREĐIVANJE REALNIJH VREDNOSTI NORMI ZA VREME ODZIVA POZVANE STRANE U SAVREMENIM TELEFONSKIM MREŽAMA	Vladimir Matić [vmatic@iritel.com]	Iritel, Srbija	302
		Aleksandar Lebl	Iritel, Srbija	
		Dragan Mitić	Iritel, Srbija	
		Žarko Markov	Iritel, Srbija	
6	ISPITIVANJE UTICAJA DIFERENCIRANJA SERVISA NA PRENOS AUDIOVIZUELNIH SIGNALA PREKO WDM MREŽE	Danka Pevac [dpevac@ptt.rs]	Visoka ICT skola, Srbija	308
		Miroslav Pevac [mpevac@sbb.rs]	Banka Postanska stedionica, A. D., Srbija	
7	MERENJE ZAUZETOSTIRADIO-FREKVENCIJSKOG SPEKTRA KORIŠĆENJEM USRP PLATFORME	Miljko Erić [miljko.eric@etf.rs]	University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Belgrade, Srbija	313
Desimir Vučić [dvcuc@raf.edu.rs]	Union University, Computing faculty, Srbija			
8	ODREĐIVANJE KAPACITETA VOIP KONEKCIJA KORIŠĆENJEM OPNET SIMULATORA	Vladimir Suša [susha0207@gmail.com]	Vojna akademija, Srbija	319
		Boban Pavlović [boban.pavlovic@va.mod.gov.rs]	Vojna akademija, Srbija	
		Mladen Trikoš [mladen.trikos@va.mod.gov.rs]	Vojna akademija, Srbija	
		Jovan Bajčetić [bajce05@gmail.com]	Vojna akademija, Srbija	
9	IMP RAČUNARSKA MREŽA OTPORNA NA JEDNOSTRUKU OTKAZE	Nikola Jevtović [nikola.jevtovic@pupin.rs]	Institut "Mihajlo Pupin", Srbija	324
		Nebojša Panjevac [nebojsa.panjevac@pupin.rs]	Institut "Mihajlo Pupin", Srbija	

10	ANALYSIS OF QUALITY OF NONLINEAR FILTERS BY REMOVING SALT & PEPPER NOISES	Ratko Ivković [ratko.ivkovic @ymail.com]	Fakultet Tehnickih Nauka, Kosovska Mitrovica, Srbija	330
		Dragiša Miljković [dragisakm @yahoo.com]	Fakultet Tehnickih Nauka, Kosovska Mitrovica, Srbija	
		Boris Gara [borisgara @yahoo.com]	Ministry of Interior Republic of Serbia, Belgrade, Srbija	
		Mile Petrović [petrovic.mile @pr.ac.rs]	Fakultet Tehnickih Nauka, Kosovska Mitrovica, Srbija	
		Ivana Milošević [petrovicvanja @yahoo.com]	High school of Electrical Engineering and Computers, Belgrade, Srbija	
11	FREE SPACE OPTICS KAO MEDIJUM ZA PRENOS MULTIMEDIJALNOG SADRŽAJA	Borivoje Milošević [borivojemilosevic @yahoo.com]	Visoka tehnička škola strukovnih studija, Srbija	334
		Slobodan Obradović [slobo.obradovic @gmail.com]	VISER Beograd, Srbija	
12	OPTIMIZACIJA DUBOKIH DNS UPITA U SPOLJAŠNJIM IZVORIMA PODATAKA ZA BIND SERVER	Ivan Nejgebauer [ian @uns.ac.rs]	O.J. ARMUNS, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	339
		Milan Kerac [kerac @uns.ac.rs]	O.J. ARMUNS, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	
		Aleksandar Sudarević [sudarski @uns.ac.rs]	O.J. ARMUNS, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	
		Zoran Vojnović [zoki @uns.ac.rs]	O.J. ARMUNS, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	
13	OSNOVI FUNKCIONE ARHITEKTURE MREŽA NA SLOJU BEZ USPOSTAVE VEZE	Radoslav Simić [radoslav.simic @ratel.rs]	RATEL, Srbija	343
14	ANALIZA AUDIO SEKVENCE PRIMENOM PARTIKAL FILTERA	Davorin Mikluc [miklucd @yahoo.com]	Vojna akademija, Srbija	349
		Nemanja Majstorovic [nemanjamajstorovic88 @gmail.com]	Vojna akademija, Srbija	
		Milenko Andric [asmilenko @beotel.net]	Vojna akademija, Srbija	
15	PRISTUP U DOA ESTIMACIJI STOHAŠTIČKIH IZVORA ZASNOVAN NA KORIŠĆENJU NEURONSKIH MREŽA	Zoran Stanković [zoran.stankovic @elfak.ni.ac.rs]	Faculty of Electronic Engineering, Srbija	354
		Ivan Milovanović [ivanshix @gmail.com]	Singidunum University, Srbija	
		Nebojša Dončov [nebojsa.doncov @elfak.ni.ac.rs]	Faculty of Electronic Engineering, Nis, Srbija	
		Bratislav Milovanović [batam @pogled.net]	Faculty of Electronic Engineering, Nis, Srbija	
16	ANALIZA AMPLITUDSKIH MODULACIJA U SOFTVERSKOM PAKETU MATLAB	Filip Mladenovic [mladenovicfilip @hotmail.com]	Vojna Akademija, Univerzitet Odbrane, Srbija	360
		Milan Jankovic [miljankovic91 @gmail.com]	Vojna Akademija, Univerzitet Odbrane, Srbija	

## RAČUNARSKI HARDVER I SISTEMI

1	FPGA REALIZACIJA INTELIGENTNIH SENZORA	Vojislav Maksimović [vojamax87 @gmail.com]	Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Srbija	366
		Marko Acović [markoacovic @gmail.com]	Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Srbija	
		Uroš Pešović [pesovic @yahoo.com]	Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Srbija	
		Siniša Randić [sinisa.randjic @gmail.com]	Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Srbija	
2	POSTOJEĆE METEOROLOŠKO I HIDROLOŠKO OSMATRANJE U REALNOM VREMENU U SLIVU TOPČIDERSKE REKE	Milutin Stefanović [milutin.stefanovic @jcerni.co.rs]	Institut za vodoprivredu Jaroslav Cerni, Srbija	372
		Mileta Milojević [mmvodomar @yandex.com]	Institut za vodoprivredu Jaroslav Cerni, Srbija	
		Jelena Čotrić [jelenacotric @gmail.com]	Institut za vodoprivredu Jaroslav Cerni, Srbija	
		Irina Milovanović [irina.milovanovic @jcerni.co.rs]	Institut za vodoprivredu Jaroslav Cerni, Srbija	

3	ZNAČAJ JTAG INTERFEJSA ZA POPRAVKU MATIČNIH PLOČA	Siniša Minić [sinisaminic@yahoo.com] Miloš Vorkapić [worcky@nanosys.ihtm.bg.ac.rs]	Učiteljski fakultet, PMF, Univerzitet u Prištini-K.Mitrovici, Srbija IHTM-CMTM, Srbija	377
4	REALIZACIJA BRŽEG SERIJSKOG KONVERTORA PSEUDOSLUČAJNOG U PRIRODNI KOD	Goran Miljković [goran.miljkovic@elfak.ni.ac.rs] Dragan Denić [dragan.denic@elfak.ni.ac.rs] Milan Simić [milan.simic@elfak.ni.ac.rs] Aleksandar Jocić [aleksandar.jocic@elfak.ni.ac.rs]	University of Nis, Faculty of Electronic Engineering, Srbija Faculty of Electronic Engineering, Srbija Faculty of Electronic Engineering, Srbija Faculty of Electronic Engineering, Srbija	382
5	UNIVERZALNA ASINHRONA KOMUNIKACIJA PREKO LINIJE NAPAJANJA	Ognjen Letić [ogletic@gmail.com] Andrija Karadžić [andrija888@yahoo.com] Mladen Antonić [vtalogic@yahoo.com] Ivan Tot [totivan@gmail.com]	Vojna akademija, Srbija Vojna akademija, Srbija Vojna akademija, Srbija Vojna akademija, Srbija	386

## RAZVOJ SOFTVERA I ALATI

1	SVEOBUHVAATNA METODA EVALUACIJE UPOTREBLJIVOSTI WEB ZASNOVANIH GIS APLIKACIJA	Nebojša Đorđević [djnebojsa@open.telekom.rs] Dejan Rančić [Dejan.Rancic@elfak.ni.ac.rs] Olivera Pronić-Rančić [olivera.pronic@elfak.ni.ac.rs]	Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija	389
2	IMPLEMENTACIJA PODLOGE ZA SARADNJU KROKI ALATA SA ALATIMA ZA UML MODELOVANJE OPŠTE NAMENE	Željko Ivković [zeljkoi@uns.ac.rs] Renata Vaderna [vrenata@uns.ac.rs] Milorad Filipović [mfili@uns.ac.rs] Gordana Milosavljević [grist@uns.ac.rs] Igor Dejanović [igord@uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	395
3	ITERATIVNI POSTUPAK ADAPTACIJE OPSEGA KVANTIZERA U OKVIRU DPCM SISTEMA	Aleksandar Jocić [aleksandar.jocic@elfak.ni.ac.rs] Zoran Perić [zoran.peric@elfak.ni.ac.rs] Jelena Nikolić [jelena.nikolic@elfak.ni.ac.rs] Aleksandra Jovanović [aleksandra.jovanovic@elfak.ni.ac.rs] Dragan Denić [dragan.denic@elfak.ni.ac.rs] Goran Miljković [goran.miljkovic@elfak.ni.ac.rs]	Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Srbija Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Srbija Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Srbija Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Srbija Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Srbija	401
4	IMPLEMENTACIJA EMC DOCUMENTUM-a U PORESKU UPRAVU SRBIJE	Aleksandar Milovanović [aleksandar.milovanovic@purs.gov.rs] Ivana Rakić [ivana.racic@purs.gov.rs] Miloš Nikolić [milos.nikolic@purs.gov.rs]	Poreska uprava Srbije, Srbija Poreska uprava Srbije, Srbija Poreska uprava Srbije, Srbija	405
5	PROŠIRENJE KROKI ALATA GRAFIČKIM UML EDITOROM	Renata Vaderna [vrenata@uns.ac.rs] Gordana Milosavljević Igor Dejanović Milorad Filipović Željko Ivković	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	411

6	SISTEM INTEGRACIJA PRIMENOM APACHE CAMEL PLATFORME	Željko Vuković [zeljkov @uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	417
		Nikola Milanović [mnikola @gmail.com]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	
		Dušan Okanović [oki @uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	
7	UPOREDNI PRIKAZ TEHNOLOGIJA ZA PUSH NOTIFIKACIJE KORISNIČENIH KOD ANDROID "PAMETNIH" UREĐAJA	Eleonora Milić [eleonora.milic @elfak.rs]	Elektronski fakultet, Niš, Srbija	422
		Milena Stanković [milena.stankovic @elfak.ni.ac.rs]	Elektronski fakultet Nis, Srbija	
		Dušan Jevtić [dusan.jevtic @fazi.rs]	Fazi d.o.o., Srbija	
8	PROJEKAT „PAMETNA KUĆA“ PRIMENOM SOFTVERSKOG PAKETA LabVIEW	Stefan Radivojević [stefan_rah @yahoo.com]	Vojna akademija, Srbija	427
		Dušan Perišić [dusan @dusanperisic.com]	Vojna akademija, Srbija	
		Davorin Mikluc [miklucd @yahoo.com]	Vojna akademija, Srbija	
9	UNAPREĐENJE POSTOJEĆEG SOFTVERSKOG PAKETA PRIMENOM WPF TEHNOLOGIJE	Dragana Glišić [gagaglisic @gmail.com]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	431
		Veljko Jovančić [veljko.jovancic @pupin.rs]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	
		Vladimir Nešić [vladimir.nesic @pupin.rs]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	
10	@GOVHOSTEMAIL SISTEM ZA ELEKTRONSKU KOMUNIKACIJU DRŽAVNIH ORGANA	Dijana Dimitrijević [dijana.dimitrijevic @uzzpro.gov.rs]	Uprava za zajedničke poslove republičkih organa, Srbija	437
		Vjekoslav Bobar [vbobar @gmail.com]	Uprava za zajedničke poslove republičkih organa, Srbija	
		Žanka Šolajić [zanka.solajic @uzzpro.gov.rs]	Uprava za zajedničke poslove republičkih organa, Srbija	
11	EXTREME PROGRAMMING AND SCRUM APPLIED ON SPREADSHEET APPLICATION DEVELOPMENT	Tamara Valok Radulović [tamaravalok @yahoo.com]	Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Srbija	441
12	PODRŠKA RAZVOJU MULTIPLATFORMSKE WEB APLIKACIJE U ASP .NET MVC 4	Zoran Veličković [zoran.velickovic @vtsnis.edu.rs]	Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija	447
		Milojko Jevtović [vladmijev @ptt.rs]	Inženjerska akademija Srbije, Srbija	
		Zoran Milivojević [zoran.milivojevic @vtsnis.edu.rs]	Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija	
13	RAZVOJ SOFTVERA ZA AUTOMATSKO TESTIRANJE PERFORMANSI SCADA VIEW4 SISTEMA	Biljana Antić [biljana.antic @pupin.rs]	Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu, Srbija	453

## VEŠTAČKA INTELIGENCIJA I RAČUNARSKA SIMULACIJA

1	INTEGRACIJA AGENTSKOG JEZIKA ALAS U JAVA AGENTSKO OKRUŽENJE XJAF	Dejan Mitrović [dejan @dmi.uns.ac.rs]	Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	457
		Mirjana Ivanović [mira @dmi.uns.ac.rs]	Prirodno matematički fakultet, Novi Sad, Srbija	
		Milan Vidaković [minja @uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	
		Dejan Sredojević [dsredojevic.vps @gmail.com]	Visoka poslovna škola strukovnih studija, Novi Sad, Srbija	
2	DMX UPITI U ULOZI PREDVIĐANJA KORISNIČKIH OBRAZACA PONAŠANJA U ELEKTRONSKOM UČENJU	Dušan Okanović [oki @uns.ac.rs]	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	462
		Marija Blagojević [marija.blagojevic @ftn.kg.ac.rs]	FTN Čačak, Srbija	
		Vlade Urošević [vlade.urosevic @ftn.kg.ac.rs]	FTN, Čačak, Srbija	

3	MODEL ZA LOKACIJU MERNIH STANICA NA MREŽI ŽELEZNICA SRBIJE	Biljana Mitrović [bmitrovic88@gmail.com]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	467
		Sanjin Milinković [s.milinkovic@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	
		Slavko Veskočić [veskos@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	
		Irina Branović [ibranovic@singidunum.ac.rs]	Singidunum University, Belgrade, Srbija	
		Života Đorđević [zivota.djordjevic@srbrail.rs]	Železnice Srbije, a.d., Srbija	
4	ANALIZA SISTEMA BG VOZA PRIMENOM SIMULACIONOG PAKETA OPENTRACK	Milan Milosavljević [mimilan89@gmail.com]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	473
		Sanjin Milinković [s.milinkovic@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	
		Slavko Veskočić [veskos@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	
		Irina Branović [ibranovic@singidunum.ac.rs]	Singidunum University, Belgrade, Srbija	
		Slaviša Aćimović [s.acimovic@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport Engineering, Srbija	
5	PRIKAZ STRUJNOG I TEMPERATURNOG POLJA IZRAČUNATIH LB METODOM U PROGRAMU ZA POST-PROCESIRANJE PARAVIEW	Jelena Tekić [radjenovic@uns.ac.rs]	Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	479
		Predrag Tekić [tekic@uns.ac.rs]	Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	
		Miloš Racković [rackovic@dmi.uns.ac.rs]	Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija	
		Danijela Pjevčević [danijela@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Srbija	
6	MERENJE EFIKASNOSTI REČNIH PRISTANIŠTA PRIMENOM DEA I SFA METODE	Ivana Vukičević [i.vukicevic@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Srbija	484
		Miloš Nikolić [m.nikolic@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Srbija	
		Katarina Vukadinović [k.vukadinovic@sf.bg.ac.rs]	University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Srbija	
		Miklós Póth [pmiki@vts.su.ac.rs]	Polytechnical Engineering College, Subotica, Srbija	
7	PREPOZNAVANJE KARAKTERA KORIŠĆENJEM NEURALNIH MREŽA	Arnold Rokus	Polytechnical Engineering College, Subotica, Srbija	488
		Mirjana Maksimović [mirjana@etf.unssa.rs.ba]	Faculty of Electrical Engineering East Sarajevo, BIH	
8	THE FIRE POSSIBILITY PREDICTION BASED ON FUZZY LOGIC GENERATED DATASET	Vladimir Vujović [vladimir_vujovich@yahoo.com]	Faculty of Electrical Engineering East Sarajevo, BIH	492
		Vladimir Milošević [tlk_milos@uns.ac.rs]	Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Srbija	

## ZAŠTITA PODATAKA I PRAVNI ASPEKTI

1	INFORMACIONE OPERACIJE I KONCEPTI INFORMACIONE BEZBEDNOSTI I INFORMACIONE MOĆI	Goran Matić [goran.matic@nsa.gov.rs]	Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka R.Srbije, Srbija	497
		Milan Miljković [milanmiljkovic04011@gmail.com]	Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka R.Srbije, Srbija	
2	RAD SA TAJNIM PODACIMA U INFORMACIONO-TELEKOMUNIKACIONIM SISTEMIMA	Nenad Kovačević [nenad.kovacevic@nsa.gov.rs]	Kancelarija Saveta za NB i ZTP, Srbija	501
		Slavica Rašković [slavica.raskovic@nsa.gov.rs]	Kancelarija Saveta za NB i ZTP, Srbija	
		Sanja Dašić [sanja.dasic@nsa.gov.rs]	Kancelarija Saveta za NB i ZTP, Srbija	
3	POSMATRANJE ŽRTVE – PRVI KORAK U NAPADU NA INFORMACIONO-KOMUNIKACIONE SISTEME	Mladen Trikoš [mladen.trikos@va.mod.gov.rs]	Vojna akademija, Srbija	507
		Dejan Savić [dejan.m.savic@mod.gov.rs]	Vojna akademija, Srbija	

4	BEZBEDNOST U WIFI MREŽAMA	Radivoje Laković [lakovicradivoje84@gmail.com]	Ministarstvo odbrane - Vojska Srbije, Srbija	510
		Vladimir Dobrosavljević [dobrs@rcub.bg.ac.rs]	Ministarstvo odbrane - Vojska Srbije, Srbija	
		Dragan Polimac [draganpolimac84@gmail.com]	Ministarstvo odbrane - Vojska Srbije, Srbija	
5	JEDAN PRISTUP U ANALIZI BEZBEDNOSNIH PRETNJI U INFORMACIONIM SISTEMIMA	Radomir Prodanović [radomir.prodanovic@vs.rs]	Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije, Srbija	514
		Ivan Vulić [ivan.vulic@vs.rs]	Vojska Srbije, Srbija	
6	PODELA ULOGA U BEZBEDNOSTI PAMETNIH MREŽA	Srđan Orlović [srdjan.orlovic@schneider-electric-dms.com]	Schneider Electric DMS NS, Srbija	520
		Srđan Vukmirović	Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija	
7	PROGRAM MERENJA PARAMETARA INFORMACIONE SIGURNOSTI - KARAKTERISTIKE I KONCEPTUALNI PREDLOG	Dejan Janković [dejan.jankovic@beotel.net]	Alpha Bank Srbija A.D., Srbija	525
8	POSEBNE MERE NADZORA NAD POSTUPANJEM SA TAJNIM PODACIMA U INFORMACIONO-TELEKOMUNIKACIONIM SISTEMIMA	Mario Stanković [mario.stankovic@mod.gov.rs]	Ministarstvo odbrane VP9857, Srbija	530
		Nenad Dimitrijević [nenad.dimitrijevic@mod.gov.rs]	Ministarstvo odbrane VP9857, Srbija	

# ANALIZA STANJA E-TRGOVINE U SRBIJI ZASNOVANA NA FAKTORIMA KOJI UTIČU NA NJEN RAZVOJ

## ANALYSIS OF E-COMMERCE IN SERBIA BASED ON FACTORS THAT INFLUENCE ITS ADOPTION

Sanja Vukićević<sup>1</sup> Dražen Drašković<sup>2</sup>

*Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka<sup>1</sup>*

*Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – *Elektronska trgovina u Srbiji je u poslednjih par godina postala sve zastupljenija. Kako bi utvrdili trenutni stepen razvijenosti, izvršena je kategorizacija faktora koji imaju uticaj na primenu e-trgovine u zemljama u razvoju. Analizom statističkih podataka i događaja koji su bili prekretnica u razvoju e-trgovine, utvrđeno da je od šest faktora razvijeno samo dva, tehnološki i normativni, dok su najmanje razvijeni socio-kulturološki i ekonomski. Na osnovu rezultata dobijenih u ovom istraživanju može se definisati strategija daljeg razvoja e-trgovine u Srbiji.*

**Abstract** – *Over the last few years electronic commerce became increasingly present in Serbia. In order to establish the current level of development, a categorization of factors affecting the usage of e-commerce in developing countries was conducted, which is represented in this paper. The analysis of statistical data and events, which have been milestones during the e-commerce development, had determined two high-level factors, technological and normative, while socio-cultural and economic factors turned out to be the least developed. The results obtained in this study can be used to define a strategy for further development of e-commerce in Serbia.*

### 1. UVOD

Pojavom elektronske trgovine otvorena su nova tržišta, brzina i efikasnost nabavke i prodaje su se povećali, a kao posledica došlo je do povećanja konkurentnosti. Elektronska trgovina ima osobinu da drastičnim smanjenjem troškova transakcije i troškova pretrage smanjuje distancu između kupca i prodavca i omogućiti kompanijama da ciljaju vrlo male tržišne niše i ostvare marketing jedan-na-jedan. Primenom e-trgovine u poslovanju i svakodnevnom životu štedi se vreme i novac. Više od decenije unazad, govorilo se da elektronsko poslovanje ima potencijala da više doprinese preduzećima i potrošačima u zemljama u razvoju nego u razvijenim zemljama. Ipak, većina zemalja u razvoju nije uspela da izvuče korist koju nude savremene informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) [1]. Nameće se pitanje da li je e-trgovina u Srbiji dovoljno razvijena da se primećuju njeni benefiti? U radu ćemo napraviti presek trenutnog stanja e-trgovine u Srbiji kojim ćemo dobiti odgovor na ovo pitanje.

### 2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U istraživanju je korišćeno nekoliko izvora podataka. Prvo su analizirani radovi koji opisuju razvoj elektronske trgovine u zemljama u razvoju i na osnovu njih su definisani faktori koji utiču na razvoj e-trgovine. Dobijeni faktori su klasifikovani prema karakteristikama. Zatim je proučavano u kojoj meri je svaki od faktora prisutan u Republici Srbiji. Za merenje trenutnog uticaja pojedinih faktora korišćeni su zvanični statistički podaci Republičkog zavoda za statistiku. Kao merodavni resursi proučavani su zakoni Republike Srbije koji se odnose na elektronsku trgovinu. U slučaju da je priroda faktora takva da ni jedan ni drugi pomenuti metod ne mogu izmeriti uticaj pojedinog faktora, podaci su sakupljeni proučavanjem skorije objavljenih radova iz oblasti elektronske trgovine, koji se bave uticajem tih faktora na razvoj e-trgovine u Republici Srbiji.

Cilj istraživanja jeste da se prepoznaju inhibitori razvoja e-trgovine u Srbiji i odredi koji su sve aspekti razvijeni, a kojima tek predstoji razvoj. Na osnovu tog pregleda mogu se definisati metode i tehnike koje bi trebalo primeniti ili zakoni koje treba usvojiti i sprovesti kako bi se pospešila elektronska trgovina.

### 3. FAKTORI RAZVOJA ELEKTRONSKE TRGOVINE U ZEMLJAMA U RAZVOJU

Analizom stanje e-trgovine u zemljama u razvoju zaključujemo da je teško izdvojiti jedan ili dva najbitnija faktora razvoja, jer se oni razlikuju od zemlje do zemlje. Na primer, u afričkim zemljama veliki uticaj na spori razvoj e-trgovine ima nepostojanje i zastarelost saobraćajnica, nedostatak struje, mobilnih telefona i računara i nerazvijenost Interneta [2], odnosno faktori su tehničke prirode. U Albaniji inhibitori razvoja su nedovoljno IKT znanja i visoka cena infrastrukture [3], odnosno razlozi su kognitivne i tehnološke prirode. U drugim zemljama ističe se nedostatak poverenja, kao prepreka razvoju e-trgovine, pa su to razlozi socio-kulturološke prirode. Na primer u Južnoj Koreji, i Latinskoj Americi, Bangladešu, Keniji i Južnoj Africi javlja se nedostatak poverenja u onlajn prodavnice [4] [5]. U Kini je prisutan nedostatak poverenja u transakcije i institucije, kao i slaba vladavina zakona [6]. U Brazilu strah od pronevere privatnosti i bezbednosti i nedostatak pravne zaštite sprečava razvoj e-trgovine [7]. Strah i

nepoverenje uglavnom idu u korak sa nerazvijenim normativnim faktorima.

Pomenutom analizom izdvojeni su faktori koji su bili ozbiljna prepreka razvoja e-trgovine. Faktori su prema srodnosti svrstani u šest kategorija (Tabela 1): tehnološku (T), normativnu (N), ekonomsku (E), kulturološku (K), sociološku (S) i kognitivnu (O).

<b>Faktori tehnološke kategorije (T):</b>	
<b>T.1.</b>	Snabdevenost električnom strujom
<b>T.2.</b>	Razvijenost telekomunikacione mreže: brzina, kvalitet Interneta, pokrivenost u urbanim i ruralnim područjima
<b>T.3.</b>	Zastupljenost IKT uređaja: računara, mobilnih telefona i sl.
<b>T.4.</b>	Dostupnost (cena) IKT infrastrukture i uređaja
<b>T.5.</b>	Razvijenost saobraćajnica i logistike u zemlji
<b>Faktori normativne kategorije (N):</b>	
<b>N.1.</b>	Adekvatna pravna zaštita učesnika u e-trgovini
<b>N.2.</b>	Postojanje zakona o e-dokumentu i legalnosti digitalnog potpisa
<b>N.3.</b>	Sudstvo i zakonodavstvo prati razvoj e-trgovine
<b>N.4.</b>	Promovisanje e-trgovine od strane državnih institucija
<b>Faktori ekonomske kategorije (E):</b>	
<b>E.1.</b>	Razvijenost finansijskog sistema
<b>E.2.</b>	Intenzivno korišćenje kreditnih kartica u e-trgovini
<b>E.3.</b>	Korišćenje Interneta u tradicionalnim sektorima
<b>E.4.</b>	Elektronska plaćanja naspram gotovinskih
<b>Faktori kulturološke kategorije (K):</b>	
<b>K.1.</b>	Preferiranje elektronske/lične komunikacije
<b>K.2.</b>	Spremnost na prihvatanje novih trendova
<b>K.3.</b>	Postojanje inicijative
<b>K.4.</b>	Spremnost na preuzimanje rizika
<b>Faktori sociološke kategorije (S):</b>	
<b>S.1.</b>	Poverenje u apstraktne sisteme, državne institucije, sudstvo, ljude, sprovođenje zakona
<b>S.2.</b>	Poverenje u tajnost podataka
<b>S.3.</b>	Uzrast i finansijske mogućnosti kupaca
<b>S.4.</b>	Potreba da se uživo vidi produkt koji se kupuje
<b>Faktori kognitivne kategorije (O):</b>	
<b>O.1.</b>	Opšta i kompjuterska pismenost
<b>O.2.</b>	Znanje engleskog jezika
<b>O.3.</b>	Svest o značaju i doprinosu e-trgovine
<b>O.4.</b>	Umeće da se iskoristi IKT u poslovanju

Tabela 1. Faktori razvoja e-trgovine

Prema istraživanju [1] proces razvoja e-trgovine se može podeliti u tri faze: pre-transakcionu, transakcionu i post-transakcionu. U pre-transakcionoj fazi deluju faktori koji pripremaju tržište za usvajanje e-trgovine. U ovoj fazi najviše se ističu tehnološki (rasprostranjenost IKT) a prate ih kognitivni faktori. U transakcionoj fazi najuticajniji su normativni faktori (donošenje i sprovođenje potrebnih zakona) uključujući i promovisanje e-trgovine. U post-transakcionoj fazi na razvoj utiču razvijenost logističke

infrastruktura i servisa. Dakle, podela koju je izložio Kshetri ne obuhvata sve faktore koji će biti analizirani na nivou Republike Srbije, ali će se приметiti izvesno poklapanje toka razvoja e-trgovine u zemlji sa faktorima prve i druge faze.

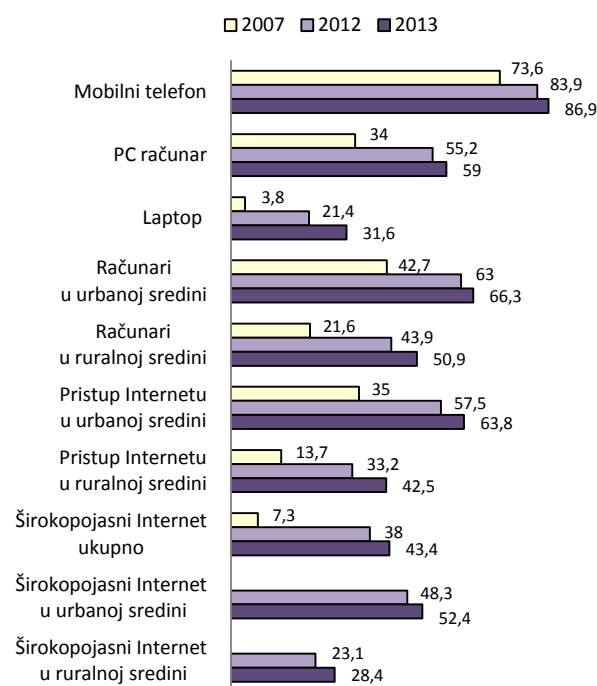
#### 4. TEHNOLOŠKI FAKTORI

U godišnjem izveštaju 2007. godine, Evropska Unija je prepoznala IKT kao glavni faktor uticaja na ekonomski rast i inovativnost. Za postojanje razvijene e-trgovine potrebno je imati razvijeno informaciono društvo. Informaciono društvo se razvija ulaganjem u infrastrukturu i primenom novih tehnologija. Prema dokumentu "Strategija razvoja informacionog društva u Srbiji do 2020. godine" [8] izdvojena su dva "motora razvoja informacionog društva":

- otvoren, svima dostupan i kvalitetan pristup Internetu (tehnološka kategorija) i
- razvijeno e-poslovanje, uključujući: e-upravu, e-trgovinu, e-pravosuđe, e-zdravlje i e-obrazovanje (ekonomsko-pravna kategorija).

Dakle, jedan od ključnih faktor je razvijena širokopoljaska Internet mreža, kako bi svaki stanovnik imao mogućnost da učestvuje u elektronskoj trgovini.

U Srbiji je u julu 2007. smanjen porez na dodatu vrednost na računarsku opremu sa 18% na 8%, a kako je to uticalo na razvoj i dostupnost IKT infrastrukture može se videti na slici 1 gde su prikazani podaci o IKT indikatorima u 2007, 2012. i 2013. godini. Godina 2007. je prikazana, jer predstavlja neposrednu prekretnicu u širenju IKT, dok je godina 2012. prikazana kako bi se uvideo napredak nakon petogodišnjeg perioda.



Slika 1. Upotreba IKT tehnologija u Republici Srbiji u %  
Izvor: Republički zavod za statistiku



Posmatrajući sva tri aspekta na slici 1: zastupljenost IKT uređaja, Interneta i širokopojasnog Interneta, primećuje se da prosečan rast primene tehnologije u domaćinstvima u proteklih šest godina iznosi 26,7%, a trenutno je prisutna u 53,6% domaćinstva. Dakle, primetan je porast u svim IKT indikatorima, što je zadovoljavajuće, ali bi bilo poželjno ako bi taj proces mogao da se ubrza. Prema dosadašnjim podacima, ukoliko uslovi na tržištu ostanu isti, za isti vremenski period se može očekivati zastupljenost IKT u oko 80% domaćinstva.

Za razliku od afričkih zemalja, domaćinstva i industrija u Srbiji su snabdevena električnom strujom tako da taj faktor nema negativnih uticaja na razvoj e-trgovine.

Ako se osvrnemo na razvijenost saobraćajnica i logistike, prema nedavnom istraživanju, pre pet godina, zemlje jugoistočne Evrope su bile u različitim fazama razvoja logistike. Nije bilo partnerstva među logističkim kompanijama, IKT je nedovoljno primenjivan u radu, a kompanije su imale i infrastrukturne i organizacione probleme [9]. Od 2007. godine EU finansira razvoj logistike u Srbiji kroz programe IPA 2007, IPA 2008, IPA 2009, IPA 2010 i IPA 2011, ulaganjem u avio transport, transport na rekama, izgradnju mostova, Koridora 10 i druga ulaganja. Međutim, uprkos raznim projektima logistika u Srbiji nije razvijena [10] i proces razvoja tek predstoji.

Ukoliko napravimo poređenje indikatora sa slike 1 sa stanjem u Evropskoj Uniji, prema Eurostat [11] statističkim podacima, procenat domaćinstva koje poseduje uređaje kojima se može pristupiti Internetu još 2010. godine iznosio je 72%. Potom, 2013. godine 81% domaćinstva ima pristup Internetu, a od toga 78% ima širokopojasnu konekciju. Sa druge strane, korišćenje računara, Interneta i širokopojasnog Interneta u Srbiji u 2013. godini jedva prelazi 50% iz čega sledi da treba nastaviti sa radom na povećanju ovih indikatora, kao i na ekspanziji IKT u ruralnim područjima koja prema priloženim podacima trenutno zaostaju za urbanim. U sklopu najnovijih reformi PDV na računarsku opremu je od 1. januara 2014. podignut sa 8% na 20%, što će sigurno negativno uticati na siromašniji deo stanovništva, koji ni do sada nije imao pristup računarima i Internetu.

## 5. NORMATIVNI FAKTORI

Normativni (pravni) faktori su svi faktori koji pravno regulišu proces elektronskog poslovanja. Elektronski dokument treba izjednačiti sa papirnim dokumentom u pravnim aktima. Isto tako digitalni potpis treba izjednačiti sa svojeručnim potpisom. U Srbiji je 2004. godine donet Zakon o elektronskom potpisu, a 2009. godine Zakon o elektronskom dokumentu koji obezbeđuju da se elektronskom dokumentu ne može osporiti punovažnost ili dokazna snaga, ali se on ipak ne može primeniti za pojedine pravne poslove kao što je prenos prava svojine na nepokretnosti, i slične pravne radnje koje se odnose na uređivanje imovinskih odnosa. Kada je reč o elektronskoj trgovini, ona se u Srbiji reguliše Zakonom o elektronskoj trgovini, koji je na snazi od 2009. godine. Novi zakon o

zaštiti potrošača počeo je da se primenjuje od januara 2011. godine, a jedan njegov deo se odnosi na elektronsku trgovinu. Istovremeno sa donošenjem ovog zakona, Ministarstvo spoljne i unutrašnje trgovine i telekomunikacija Republike Srbije je za potrošače otvorilo portal (<http://zastitapotrosaca.gov.rs/>). Ovoj listi zakona nedostaje Zakon o elektronskom arhiviranju koji još uvek nije donet, a koji bi omogućio brži i kontrolisani pristup informacijama, smanjenje troškova poslovanja, smanjenje arhivskog prostora i adekvatnu zaštitu sadržaja od uništenja i zloupotrebe.

Paralelno sa razvojem elektronskog poslovanja, treba usvajati zakone i regulative i primenjivati ih u sudskim postupcima. Elektronski ugovor, potpisan digitalnim sertifikatom treba biti punovažan dokument kao i papirni dokument sa svojeručnim potpisom, uplata izvršena elektronski, potpisana digitalnim kvalifikovanim sertifikatom treba da ima istu važnost kao uplata obavljena na šalteru banke. Ništa od navedenog se u praksi ne sprovodi u Srbiji.

Pravni sistem zemlje mora biti dovoljan da zaštiti one koji se bave e-trgovinom. Međutim, postojeći pravni sistem u Srbiji u tome ne uspeva. Primer je Zakon o elektronskim komunikacijama u kojem je između ostalog bilo propisano da mimo odluke suda nadležne službe mogu da pristupe zadržanim podacima. Tu odredbu je Ustavni sud Srbije, tri godine kasnije, proglasio neustavnom, jer je Ustavom privatnost podataka pojedinca zagantovana i jedino sud može doneti odluku o uvidu u te podatke na određeno vreme. Nepoverenje građana u elektronski dokument potiče delom i od nepoverenja u državne institucije i sprovođenje zakona.

Faktor koji negativno utiče na elektronsko poslovanje je takođe i loše tumačenje zakona od strane građana ili od strane državnih institucija. Tako se početkom 2013. godine dogodilo da se na pojedine pošiljke fizičkih lica, koje stižu iz inostranstva, naplaćuje carina i PDV, a na pojedine ne naplaćuje. Građani su bili zbunjeni, jer se od njih tražilo da plate PDV koji je neretko iznosio polovinu vrednosti robe. Iz navedenog zaključujemo: kada se definišu propisi potrebna je preciznost i potpuna transparentnost kako bi se učvrstilo poverenje u elektronsku trgovinu.

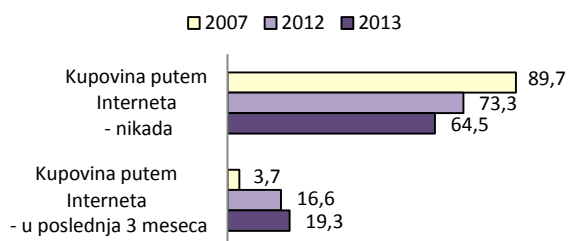
Vlada igra ključnu ulogu u podsticanju rasta e-trgovine. Kako bi se stvorio povoljan ambijent za e-trgovinu, potrebno je da se: (1) premosti digitalni jaz i promovise jeftin i lak pristup Internetu, (2) pravno priznaju elektronske novčane transakcije, (3) potrošači zaštite od prevare, (4) zaštiti potrošačevo pravo na privatnost, (5) zakonski odrede kaznene mere za neovlašćeni pristup računarskom sistemu – u Srbiji postoji tužilaštvo za visokotehnoški kriminal, (6) zaštiti intelektualnu svojinu. Važno je da Vlada usvoji politiku i zakone i da se fokusira na promovisanje poverenja među učesnicima u elektronskoj trgovini. Treba razviti nacionalni okvir koji je kompatibilan sa međunarodnim normama o e-trgovini kojim se pokrivaju procesi kao što je: sprovođenje

ugovora, prava intelektualne svojine, prekogranična trgovina i slično.

Vladina ministarstva bi trebalo među prvima da primenjuju e-trgovinu u radu i da budu u stanju da elektronski trguju sa dobavljačima. Kako bi država promovisala e-trgovinu otvoren je portal javnih nabavki [12]. Procesi carinskih operacija kao što su elektronsko podnošenje, obrada i elektronsko plaćanje, takođe mogu biti kompjuterizovani, čime se ubrzava proces isporuke robe. Na polju poreskih obaveza u našoj zemlji je takođe napravljen solidan pomak otvaranjem portala e-Porezi putem koga firme mogu elektronski na brz i jednostavan način završiti sve poreske poslove. Dakle, normativni faktori u Srbiji su delom razvijeni, ali ono što nedostaje je veći stepen primene svih donetih uredbi i zakona.

## 6. EKONOMSKI FAKTORI

U Srbiji je značajan porast elektronske trgovine nastao u periodu 2010-2013. Oko 600 hiljada građana je u 2011. godini kupovalo robu i plaćalo usluge putem Interneta, a taj broj je u 2012. prešao cifru od 900 hiljada. Tome idu u prilog i prepreke koje su otklonjene ka liberalizaciji tržišta: Vlada Srbije je krajem 2011. donela odluku po kojoj se limit za oslobađanje od plaćanja carine prilikom uvoza robe iz inostranstva podigao sa 25 na 50 evra, dok se limit prilikom uvoza robe koju naši građani primaju od fizičkih lica iz inostranstva podigao sa 45 na 70 evra. U 2013. godini, u poslednja tri meseca, samo 19,3% pojedinaca kupovalo je robu i usluge putem Interneta (slika 2). Sa druge strane u Evropskoj Uniji je ta cifra dvostruko veća, oko 40%. Ukoliko se osvrnemo na cifre u razvijenim zemljama, u Engleskoj je neverovatnih 71%, Danskoj 65% i Nemačkoj 60% [11]. Evropska komisija, u svojoj Digitalnoj agendi, ima za cilj da do 2015. godine 50% građana EU kupuje putem Interneta, 20% građana kupuje preko inostranih sajtova, i da 33% malih i srednjih preduzeća prodaje preko Interneta.



Slika 2. Kupovina putem Interneta u Republici Srbiji u %  
Izvor: Republički zavod za statistiku

Šta je uzrok? Prema ranijim istraživanjima [13], u Rusiji, Indiji i Latinskoj Americi, prepreka razvoju B2C (*Business to Consumer*) e-trgovine bila je nedostupnost kreditnih kartica. Naprotiv, u Srbiji su u velikoj meri dostupne i debitne i kredine platne kartice: MasterCard, Visa, American Express, Diners, Maestro. Međutim, problem je što se te kartice masovno koriste najčešće za odloženo, beskamatno plaćanje u prodajnim objektima, ali ne i u onlajn prodavnicama. Zbog niske kupovne moći i nemogućnosti da izdvoje veću sumu novca odjednom,

kupci odlaze u prodajne objekte umesto da kupuju u onlajn prodavnicama. Sa druge strane, veoma mali procenat onlajn prodavnica ima implementiran modul za plaćanje karticama. Uglavnom se roba plaća pouzećem i virmanski. Veliki broj onlajn prodavnica nema mogućnost plaćanja karticama. Uzrok tome je delom nedostatak inicijative ili jednostavno nemogućnost, jer nemaju ažurno broječno stanje robe, pa im internet sajt služi samo za prezentaciju robe. Drugim delom uzrok je što se građani, plaše da na sajtovima ostavljaju osetljive podatke sa kreditnih kartica, zbog mogućnosti zloupotrebe. U slučaju zloupotrebe podataka sa kartice, troškove nastale do trenutka prijave prevare snosi vlasnik platne kartice, u maksimalnom iznosu od oko 130 evra. Ova činjenica svakako utiče na svest potrošača i strah od zloupotrebe, jer je prosečna plata u Srbiji u novembru 2013. godine iznosila 380 evra.

U aprilu 2013. godine u Srbiji je omogućeno korišćenje PayPal, ali samo za naplatu iz inostranstva ili plaćanja prema inostranstvu u devizama po osnovu prodaje, odnosno kupovine roba i usluga. Dakle, transakcije su moguće samo u stranoj valuti, odnosno samo za promet sa inostranstvom. Dinarski promet (promet u okviru zemlje) putem PayPal-a nije moguć i to je jedan od inhibitora njegove integracije u internet sajtove.

Kupovna moć stanovnika Srbije u odnosu na prosečnu platu je mala. Prosečna potrošačka korpa u avgustu 2013. iznosila je oko 570 evra. Ako to uporedimo sa prosečnom zaradom isplaćenom istog meseca koja iznosi oko 430 evra zaključujemo da se stanovništvo zadužuje za osnovne potrebe. Zaduženost po glavi stanovnika u Srbiji je skoro 800 evra i direktna je posledica niskog standarda građana. Sa ovakvom statistikom jasno je zašto nema inicijative za razvoj elektronske trgovine. I na kraju, u tradicionalnim privrednim sektorima (kao što je poljoprivreda) Internet je manje atraktivan. Nažalost ovi sektori čine veliki procenat privrede zemalja u razvoju. Zaključak je da ekonomsko stanje u Srbiji nepovoljno utiče na razvoj e-trgovine.

## 7. SOCIOLOŠKI I KULTUROLOŠKI FAKTORI

Jednostavan i jeftin pristup Internetu nije garancija ekspanzije e-trgovine. Kultura i socio-kulturološki faktori su od izuzetne važnosti za premošćavanje jaza između upotrebe Interneta i difuzije e-trgovine.

Na osnovu istraživanja različitih oblika e-trgovine u Srbiji, koje su sproveli Prof. Bob Travica i saradnici [14], jedan od ključnih zaključaka je da je nepoverljivi kupac velika prepreka razvoju e-trgovine u Srbiji.

Sociolog Pjotr Štompka navodi da poverenje ima tri osnovne dimenzije: relacionu - koja nastaje kao posledica društvenih odnosa, psihološku - koja nastaje kao posledica impulsa da se veruje, i kulturološku - koja nastaje kao posledica makro-strukturalnih faktora. Makro-strukturalni faktori utiču na razvoj kulture poverenja, a među najvažnijim faktorima su: normativna koherentnost,

stabilnost društvenog poretka, transparentnost društvene organizacije, znanost društvenog okruženja, odgovornost drugih ljudi i institucija. Nestabilan društveni poredak je usledio kao posledica sloma starih trgovačkih lanaca tokom krize 90-tih godina XX veka i sloma bankarskog sistema koji se takođe desio u pomenutom periodu.

Tokom analize ekonomskih faktora naveli smo da je kod građana prisutan strah od zloupotrebe podataka sa platne kartice, zbog čega je njeno korišćenje ograničeno. Prisutan je i strah od prevare, ukoliko se kupuju proizvodi i usluge putem Interneta, a da prodavac zapravo i ne postoji. Navika je da se proizvod koji se kupuje prvo vidi uživo a zatim kupi. Zato se u onlajn prodavnicama prodaje najčešće roba univerzalnog karaktera.

Ne raspoložemo podacima o uzrastu i finansijskim mogućnostima učesnika u elektronskoj trgovini. Pretpostavka je da su to pojedinci uzrasta od 20 do 40 godina, jer je među njima najviše kompjuterski pismenih. Retko su to starije osobe, jer teško usvajaju nove trendove.

Sociološki faktori su posledica stanja zemlje u poslednjih 20 godina. Vraćanjem poverenja građana u državu, zakon, banke, ljude, promeniće se i ova komponenta e-trgovine.

## 8. KOGNITIVNI FAKTORI

Kognitivnu barijeru razvoja elektronske trgovine predstavlja pre svega opšta i kompjuterska nepismenost i nepoznavanje engleskog jezika [1]. Prema popisu iz 2011. godine, u Srbiji ima 1,96% nepismenih lica, a zanimljivo je da čak 82,1% nepismenih čine žene. Sa druge strane, samo 49% stanovništva je kompjuterski pismeno, od toga 76,4% živi u gradskim naseljima. Najveći procenat kompjuterski pismenih osoba je uzrasta od 20 do 40 godina.

Treba imati u vidu da je većina aplikacija, i sadržaja na Internetu na engleskom jeziku. Nedostatak znanja engleskog jezika utiče da broj ljudi koji koriste Internet bude manji. Na primer u Sloveniji, 75% stanovništva koje tečno govori engleski je koristilo Internet u poređenju sa samo 1% stanovništva koje je koristilo Internet a ne govori engleski jezik [1]. U Srbiji prema istraživanju iz 2004. godine, čak 42% stanovništva govori engleski jezik.

Da bi se razvijala e-trgovina potrebno je tehničko znanje za postavljanje i održavanje IKT infrastrukture. Činjenica je da je poslednjih godina veliko interesovanje za tehničke fakultete što je zeleno svetlo za razvoj e-trgovine u budućnosti. Potrebno je svakodnevno širiti svesti o značaju e-trgovine u razvoju društva, i doprinosu uštede vremena, prostora i novca kako bi elektronsko trgovanje postalo svakodnevnica.

## 9. REZULTATI ANALIZE

Analizom faktora iz tabele 1, na osnovu statističkih podataka i informacija pronađenih u radovima drugih autora ocenili smo stepen razvijenosti, odnosno primene

svakog od faktora u e-trgovini u Republici Srbiji. U tabeli 2 predstavljeni su rezultati analize.

<i>Nizak</i>	<i>Srednji</i>	<i>Visok</i>
E.2. E.3. E.4. K.2.	N.1. N.3. O.1.	E.1. N.2.
K.3. K.4. S.1. S.2.	O.2. O.4. K.1.	N.4. T.1.
S.3. S.4. O.3. T.5.	T.3.	T.2. T.4.
<b>48%</b>	<b>28%</b>	<b>24%</b>

Tabela 2. Stepen razvijenosti faktora koji utiču na razvoj e-trgovine u Republici Srbiji

Svi faktori su grupisani prema stepenu primene u tri grupe. Pod nizak stepen razvijenosti potpali su faktori koji su u zanemarljivoj meri razvijeni ili uopšte nisu razvijeni. Potom, faktori čiji je uticaj primetan, ali nedovoljno, pripadaju srednjem stepenu. Faktori koji su razvijeni i njihov uticaj na e-trgovinu je značajan i primetan pripadaju visokom stepenu razvijenosti.

Dakle, u tabeli 2 vidimo da je e-trgovine u Srbiji u procesu razvoja i da je završena tek četvrtina (24%) razvoja. Ukoliko uzmemo u obzir da je 2007. rađeno na tehnološkom razvoju, a 2009. na normativnom, primećuje se napredak u tim oblastima. Kognitivna komponenta se razvila posledično sa razvojem tehnološke i normativne, ali ostali faktori su nerazvijeni. Na osnovu podele u poglavlju 3, zaključujemo da se Republika Srbija nalazi na kraju transakcione i na početku post-transakcione faze razvoja.

## 10. ZAKLJUČAK

Tehnološki, postoji dobra osnova za razvoj e-trgovine. Takođe, što se pravne strane tiče, postoje zakoni koji podržavaju razvoj e-trgovine. Međutim, to nije dovoljno, jer nedostaje poverenje, koje kao ozbiljna prepreka koči razvoj. Treba raditi na širenju svesti o značaju e-trgovine za svakodnevni život i podsticanju primene IKT u poslovanju. Trenutno ekonomsko stanje u zemlji koči razvoj elektronske trgovine, ali se ono može promeniti uvođenjem mera stimulisanja investicija u oblasti e-poslovanja, posebno putem poreskih olakšica za kompanije koje posluju u oblasti e-trgovine, subvencija i povoljnih kredita. Navike stanovnika Srbije da kupuju u prodajnim objektima, strah od pronevere i nedostatak inicijative su takođe inhibitori razvoja. Potrebno je stanovništvu približiti koncepte e-trgovine, objasniti prednosti koje ova trgovina donosi, kao i mogućnosti njenog bezbednog korišćenja. U radu smo ukazali na nerazvijene aspekte e-trgovine, i predložili metode koje bi pospešile njen razvoj.

## LITERATURA

[1] Kshetri, N. "Barriers to e-commerce and competitive business models in developing countries: A case study", *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 6, No. 4, pp 443-452, 2007.

[2] Mercer, C. "Telecentres and transformations: Modernizing Tanzania through the Internet", *African Affairs*, Val. 105, No. 419, pp 243-264, 2006.

- [3] Bazini, E., Ilija, D. and Qarri, A. "Barriers of ICT implementation within SMEs in service sector in Albania", *EuroEconomica*, Vol. 29, No. 3, pp 114-120, 2011.
- [4] Travica, B. "Diffusion of electronic commerce in developing countries: the case of Costa Rica", *Journal of Global Information Technology Management*, Vol. 5, No. 1, pp 4-24, 2002.
- [5] Humphrey, J., Mansell, R., Paré, D. and Schmitz, H. "Reality of e-commerce with developing countries", Dostupno na : [http://eprints.lse.ac.uk/3710/1/The\\_reality\\_of\\_e-commerce\\_with\\_developing\\_countries.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/3710/1/The_reality_of_e-commerce_with_developing_countries.pdf); Pristupano: 30.01.2014.
- [6] Efendioglu, AM. and Yip, VF. "Chinese culture and e-commerce: an exploratory study", *Interacting with Computers*, Vol. 16, No. 1, pp 45-62, 2004.
- [7] Tigre, P. B. and Dedrick, J. "E-commerce in Brazil: Local Adaptation of a Global Technology", *Electronic Markets*, Vol. 14, No.1, pp 36-47, 2004.
- [8] Vlada Srbije, "Strategija razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine", Dostupno na: [http://www.digitalnaagenda.gov.rs/media/docs/strategija\\_razvoja\\_informacionog\\_drustva\\_u\\_republici\\_srbiji\\_do\\_2020\\_godine.pdf](http://www.digitalnaagenda.gov.rs/media/docs/strategija_razvoja_informacionog_drustva_u_republici_srbiji_do_2020_godine.pdf); Pristupano: 30.01.2014.
- [9] Ketikidis, P.H., Koh, S.C.L., Dimitriadis, N., Gunasekaran, A. and Kehajova, M. "The use of information systems for logistics and supply chain management in South East Europe: current status and future direction", *Omega*, Vol. 36, No. 4, pp, 592-599, 2008
- [10] Roca, B., Milicevic, N. and Vukmirovic, G. "Possibilities Of Using The Advanced Logistics Systems In Republic Of Serbia", *Business Logistics in Modern Management*, Vol. 13, pp 123-131, 2013.
- [11] Eurostat, Dostupno na: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>; Pristupano: 30.01.2014.
- [12] Uprava za javne nabavke, "Portal javnih nabavki u Republici Srbiji", <http://portal.ujn.gov.rs>, 2010.
- [13] Hawk, S. "Comparison of B2C e-commerce in developing countries", *Electronic Commerce Research*, Vol. 14, No. 3, pp 181-199, 2004.
- [14] Travica, B., Josanov, B., Kajan, E., Vidas-Bubanja, M. and Vuksanovic, E. "E-commerce in Serbia: Where roads cross electrons will flow", *Journal of Global Information Technology Management*, Vol. 10, No. 2, pp 34-60, 2007.

## MOODLE KVIZ NA ANDROID UREĐAJIMA MOODLE QUIZ ON ANDROID MOBILE DEVICES

Milena Frtunić<sup>1</sup>, Miloš Bogdanović<sup>1</sup>, Leonid Stoimenov<sup>1</sup>  
*Elektronski fakultet, Niš<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu predstavljen je sistem koji se sastoji od aplikacije koja omogućava rešavanje Moodle kvizova na Android mobilnim uređajima i proširenja za Moodle sistem koji omogućava pribavljanje potrebnih podataka sa Moodle servera. Osnovna namena ovog sistema je da omogući studentima rešavanje kvizova i testiranje svog znanja na Android uređajima, kako u nastavnim prostorijama, tako i van njih.

**Abstract** – This paper presents a system which consists of an application for solving Moodle quiz on Android mobile devices and Moodle plugin for obtaining the necessary data from Moodle server. The main purpose of this system is to enable students to test their knowledge on Android devices, both in and out of classroom.

### 1. UVOD

Razvoj tehnologije je uticao na većinu aspekata svakodnevnog života prosečnog čoveka. Tako je obrazovanje, kao jedan od bitnijih aspekata života, dobilo niz novih mogućnosti i olakšica za efikasnije učenje i informisanje. Ovo je usledilo nakon pojave elektronskog učenja (e-learning) i sistema za upravljanje učenjem (Learning Management System - LMS).

Sistemi za upravljanje učenjem (LMS), po broju implementacija i masovnosti korišćenja, čine najveću grupu sistema za elektronsko učenje. Oni podržavaju brojne funkcionalnosti koje pružaju podršku kako u administrativnoj, tako i u nastavnoj oblasti. Stoga, dobili su veliku primenu u formalnom obrazovanju, odnosno brojnim edukativnim institucijama.

Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment) je jedan od najpopularnijih LMS-a u Evropi. On se zasniva na brojnim modulima koji sadrže funkcionalnosti koje podržavaju administrativne, studentske i nastavne potrebe jedne edukativne institucije. Ovaj sistem je našao veliku primenu u brojnim srednjoškolskim i visokoškolskim ustanovama u smislu podrške u radu sa đacima i studentima.

S druge strane, veliki napredak koji se javio u razvoju mobilnih uređaja uvodi nove standarde. Procenjuje se da će 2015. godine 80% korisnika Internet-a, pristupiti Internet-u preko mobilnih uređaja [1]. Stvara se potreba da sve informacije koje su prisutne na Internet-u postanu dostupne na mobilnim uređajima. Takođe, iz istog razloga m-learning (Mobile learning) dobija na sve većem značaju i popularnosti. U slučaju Moodle LMS-a u jednoj visokoškolskoj ustanovi, postojeće tendencije za

postojanjem mobilne aplikacije koja podržava sve funkcionalnosti Moodle LMS-a. Kao jedan od koraka u tom pravcu nastala je ideja za realizacijom aplikacije koja omogućava rešavanje Moodle kvizova, njihovo ocenjivanje i pregled postignutih rezultata na jednom kvizu.

U prvom delu rada biće detaljnije obrađeni termini elektronskog učenja, sistema za upravljanje učenjem i Moodle sistema. Poglavlje 3 će biti posvećeno Moodle kviz modulu, gde će biti prikazane mogućnosti koje Moodle kviz poseduje. U Poglavlju 4 će biti prikazana arhitektura moodle kviz mobilne aplikacije za Android i komunikacija aplikacije sa Moodle sistemom i Moodle bazom podataka. Nakon toga će u Poglavlju 5 biti prikazana Moodle kviz mobilna aplikacija, njene mogućnosti i princip rada.

### 2. E-UČENJE I LMS

Elektronsko učenje se odnosi na korišćenje Internet-a i komunikacionih tehnologija u svrhu učenja i podučavanja [2]. Ono obuhvata sve aktivnosti koje obavlja pojedinac ili grupa korisnika na mreži ili van nje, sinhrono ili asinhrono, putem umreženih ili samostalnih računara i drugih elektronskih uređaja. Elektronsko učenje se može podeliti u četiri kategorije: individualno online učenje, individualno offline učenje, grupno sinhrono učenje i grupno asinhrono učenje. Osnovne osobine elektronskog učenja su fleksibilnost koja se dobija na račun tehnologije i pristup brojnim multimedijalnim sadržajima.

Sistem za upravljanje učenjem je softverska aplikacija za administraciju, dokumentovanje, praćenje, izveštavanje, elektronsku obuku i pohađanje edukativnih kurseva [3]. Ovaj sistem obično omogućava kreiranje i skladištenje multimedijalnog obrazovnog materijala u elektronskom obliku, pojedinačno dostavljanje ovih materijala i zadataka studentima i testiranje znanja studenata. Takođe, svi rezultati učenja se beleže i pamte za svakog studenta posebno u bazi podataka i koriste se kao osnova za praćenje napretka i analize procesa učenja. Kod ovih sistema se komunikacija studenata sa nastavnim osobljem obavlja putem elektronske pošte ili foruma na kome učestvuju svi učesnici grupe.

Zbog naglog porasta popularnosti sistema za upravljanje učenjem na tržištu se pojavio veliki broj proizvođača alata za distribuciju, skladištenje i upravljanje materijalima za učenje. Zbog velike raznolikosti alata, materijale za učenje nije bilo moguće razmenjivati sa drugim ustanovama koje ne koriste iste sisteme za upravljanje

učenjem. Iz tog razloga je kreiran Shareable Content Object Reference Model (SCORM) standard koji omogućava da materijal bude kompatibilan sa različitim alatima, njihovim verzijama i operativnim sistemima na kojima su izgrađeni.

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) je jedan od najpopularnijih sistema otvorenog koda za upravljanje učenjem [4]. Koristi se u 233 zemalja i ima 64985 registrovanih sajtova [5]. Najveći broj implementacija i korisnika Moodle ima u Americi i Evropi. Samo u Srbiji u trenutku pisanja ovog rada postoji 211 registrovanih sajtova [6]. Ovaj LMS je namenjen svim osnovnim i srednjim školama, fakultetima i univerzitetima. Korisnici ovog sistema su i svi individualni nastavnici ili specijalni predavači. Oni koriste Moodle sa ciljem da nastavni materijal koji koriste organizuju i učine dostupnim svim polaznicima, kao i da interaguju sa svojim studentima.

Moodle, kao sistem otvorenog koda, izrađen je pod GNU opštom javnom licencom. Ovim je dozvoljeno da korisnik menja i nadograđuje Moodle po svojoj potrebi i time ga dodatno prilagodi sebi. Implementiran je korišćenjem PHP programskog jezika i ima mogućnost interakcije sa bilo kojom SQL bazom podataka. Prilagođen je za rad na Windows, Mac i Linux operativnim sistemima. Izrađen je po SCORM i AICC standardu, čime je omogućeno učitavanje bilo kod resursa tog tipa i njegovo povezivanje na kurs.

Jezgro Moodle sistema čine kursevi koji sadrže aktivnosti i resurse. Moodle podržava preko dvadeset aktivnosti i svaka od njih može se prilagođavati različitim potrebama. Prednost ovog pristupa je što aktivnosti mogu da se spajaju u sekvence i grupe i mogu biti uzajamno uslovljene. Pored toga, postoje drugi alati koji omogućavaju komunikaciju između studenata, kao što su blogovi, poruke, liste učesnika. Takođe, postoje i alati za ocenjivanje, praćenje napretka studenata, kreiranje izveštaja. Dodatno, moguće je i povezivanje sa drugim sistemima.

### 3. MOODLE KVIZ

Moodle kviz je modul koji omogućava profesorima i saradnicima da kreiraju kvizove kojima će vršiti proveru znanja studenata. Veoma je pogodan za testiranje znanja velikog broja studenata zbog toga što je ocenjivanje automatizovano. Dodatno je pogodno što studenti mogu da rade kviz sa različitih lokacija preko Internet-a, pa može poslužiti studentima za vežbu i procenu svog znanja. Ovaj modul može da bude pogodan i za proveru znanja studenata nakon završene neke teme, kako bi se ocenio nivo njihovog razumevanja gradiva.

U kvizovima mogu da se koriste različiti tipovi pitanja koji su unapred kreirani i uzimaju se iz „banke pitanja“.

- Opis (Description)

- Tačno/Netačno (True/False) – studentu se daju dva odgovora od kojih on treba da izabere jedan: tačno ili netačno. Primer pitanja prikazan je na slici 1.

Slika 1. Pitanje tačno/netačno

- Kratak odgovor (Short Answer) – na ova pitanja se odgovara unošenjem neke reči ili fraze. Kreator pitanja može da unese više tačnih odgovora. Odgovor studenta mora da se poklopi sa ponuđenim odgovorima profesora da bi odgovor bio priznat. Iz tog razloga je poželjno da odgovori budu što kraći kako ne bi promakli tačni odgovori koji su drugačije izrečeni. Primer pitanja prikazan je na slici 2.

Slika 2. Pitanje sa kratkim odgovorom

- Seminarski rad (Essay)
- Pitanja upoređenja (Matching) – ovaj tip pitanja se sastoji od dva dela. U prvom delu se nalazi tekst pitanja. U drugom delu se nalazi više tvrdnji ili manjih pitanja na koja student treba da odgovori. Uz svaku od tih tvrdnji/pitanja ide nekoliko ponuđenih odgovora. Zadatak studenta je da poveže svako pitanje sa po jednim odgovorom. Ponudeni odgovori se prikazuju u opadajućoj listi. Svaka tvrdnja/pitanje u jednom pitanju se boduje isto kao i sve ostale. Ukupni poeni koje student dobija na jednom pitanju upoređenja jednak je zbiru svih tačnih odgovora. Primer pitanja prikazan je na slici 3.

Slika 3. Pitanje upoređenja

- Pitanja sa višestrukim izborom (Multiple Choice) – ova vrsta pitanja nudi dosta fleksibilnosti. Moguće je ubaciti sliku, audio i video zapis ili HTML kôd u tekst pitanja ili u odgovore. U zavisnosti od podešavanja moguće je kreirati pitanje sa jednim ili sa više tačnih odgovora. Odgovori, kao i njihova vrednost, unapred su definisani i student bira odgovore za koje misli da su tačni. Odgovori mogu da se prikažu kao *Radio Button* ili *Check Box* elementi. Primer pitanja prikazan je na slici 4.



Slika 4. Pitanje sa višestrukim izborom

- Numerička pitanja (Numerical)
- Šablonska numerička pitanja (Calculated)
- Složena pitanja (Embedded Questions)

Prilikom kreiranja kviza vrše se i mnogobrojna druga podešavanja među kojima su:

- koliko se pitanja prikazuje na jednoj stranici;
- koliko pitanja iz svake kategorije pitanja treba da se prikaže u okviru jednog pokušaja kviza;
- određuje se da li je izbor pitanja slučajna ili su neka pitanja obavezna;
- redosled prikazivanja pitanja;
- podešavanje vremena trajanja kviza;
- da li je kviz zaštićen lozinkom ili je otvoren za sve koji imaju pristup kursu gde se on nalazi. Ukoliko je zaštićen lozinkom vrši se unošenje lozinke;
- podešavanje vremena otvaranja kviza, trenutak od kada studenti mogu da rade kviz;
- podešavanje vremena zatvaranja kviza, trenutak posle kod studenti ne mogu više da rade kviz;
- određuje se koji studenti ili grupe studenata mogu da pristupe kvizu;
- kom kursu taj kviz pripada;

Ukoliko je dozvoljeno više pokušaja jednog kviza, neophodno je definisati način određivanja konačne ocene.

#### 4. ARHITEKTURA MOODLE KVIZ MOBILNE APLIKACIJE ZA ANDROID

Osnovna ideja ove aplikacije je omogućavanje rešavanje Moodle kvizova na mobilnim uređajima. Time se pruža mogućnost studentima da vrše proveru svog znanja van nastavnih prostorija. Potreba za ovakvom aplikacijom je proistekla iz činjenice da se tehnologija današnjice skoncentrisala na razvoj upravo mobilnih uređaja. Cilj aplikacije je da omogući efikasno rešavanje i pregledan prikaz pitanja i rezultat kviza.

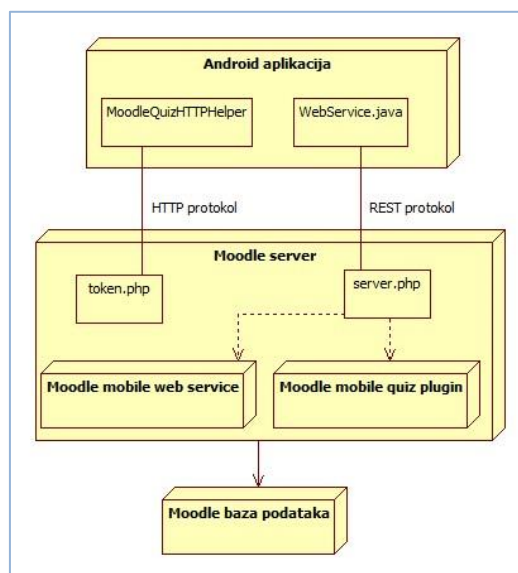
Ova aplikacija treba da pokrije modul za rešavanje Moodle kvizova i da ispuni sledeće zahteve:

- Ostvarivanje komunikacije sa Moodle serverom korišćenjem REST protokola;
- Mogućnost povezivanja na različite Moodle sisteme;
- Prijavlivanje studenta na Moodle sistem;
- Izbor predmeta;
- Izbor kviza;
- Prikazivanje osnovnih informacija o kvizu;
- Kreiranje pokušaja rešavanja kviza na serveru;
- Prikazivanje osnovnih tipova pitanja koje postoje na Moodle sistemu:
  - Kratka pitanja;
  - Pitanja sa višestrukim izborom;

- Pitanja upoređenja;
- Tačno/netačno;
- Omogućavanje pamćenja odgovora studenta na serveru;
- Ocenjivanje pokušaja kviza;
- Prikazivanje rezultata kviza studentu – ukupan broj poena ostvaren na kvizu i pregled pitanja sa tačnim i datim odgovorima;
- U tekstu pitanja mogu da se nađu tekst, slike i HTML kôd;
- Dovodjenje Moodle baze podataka u konzistentno stanje, slično kao da je kviz rađen na Moodle-u preko Web čitača;
- Kreiranje proširenja za Moodle sistem i eksternih funkcija za kviz – *Moodle mobile quiz plugin*.

Generalna arhitektura celokupnog sistema prikazana je na dijagramu razmeštaja na slici 5. Na dijagramu je prikazano da se ceo sistem sastoji iz tri celine:

- Android aplikacije,
- Moodle servera,
- Moodle baze podataka.



Slika 5. Dijagram razmeštaja

Na dijagramu je prikazano da aplikacija u svrhu kreiranja ili uzimanja tokena poziva *token.php*, skriptu koja se nalazi na Moodle serveru, i to radi korišćenjem HTTP protokola. U svim ostalim slučajevima koristi se REST protokol i tada se aktivira *server.php* skripta preko koje se pristupa Moodle serveru. Odatle se zahtev prosleđuje jednom od dva Web servisa: *Moodle mobile quiz plugin* ili *Moodle mobile Web service*. Kom servisu će biti prosleđen zahtev zavisi od toga kom servisu pripada pozvana funkcija. Povratne informacije sa servera vraćaju se istim putem korišćenjem JSON formata.

Moodle bazi podataka se pristupa preko Moodle servera. Komunikacija sa bazom podataka nije moguća direktno iz Android aplikacije. Komunikacija sa Moodle serverom se iz aplikacije realizuje preko *WebService.java* klase, koja sadrži sve funkcije za komunikaciju sa Web servisima i

*MoodleQuizHTTPHelper.java* klase, koja se koristi za prijavljivanje na server i uzimanje tokena. Da bi aplikacija mogla uspešno da se izvršava, potrebno je da administrator na Moodle serveru izvrši određena podešavanja i dodeli privilegije studentima.

Podešavanja se sastoje od sledećih koraka:

- Omogućavanje pristupa Moodle serveru i korišćenje njegovih podataka iz određene aplikacije;
- Omogućavanje korišćenja protokola za pristup Moodle serveru;
- Aktiviranje Moodle Web servisa za mobile uređaje;
- Dodela privilegija studentima da mogu da koriste Web servise;
- Instalacija proširenja;
- Kreiranje *tokena* za studente;

Moodle sistem ne sadrži podršku za eksterne funkcije koje pružaju mogućnost dobijanja bilo kakvih informacija o kvizovima, niti funkcije koje podržavaju kreiranje novih pokušaja ili ažuriranje rezultata kviza. Iz tog razloga potrebno je kreiranje Moodle proširenja koje bi u sebi sadržalo sve funkcije potrebne za podršku rešavanja Moodle kviza u okviru neke eksterne aplikacije.

Ovo proširenje je kreirano u okviru ove aplikacije kao deo celokupnog sistema. Implementirano je kao Web servis i predstavlja lokalno proširenje. Smešta se na lokaciju *moodle/local* i zove se *Moodle mobile quiz plugin*. Proširenje sadrži tri funkcije:

- *get\_quiz\_info* – na osnovu ulaznih parametara pruža korisniku osnovne informacije o kvizu,
- *get\_quiz\_questions* – funkcija kreira jedan pokušaj kviza i šalje korisniku pitanja koja su dodeljena tom pokušaju kviza.
- *update\_finished\_attempt* – izvršava sva potrebna ažuriranja u bazi podataka nakon završetka kviza.

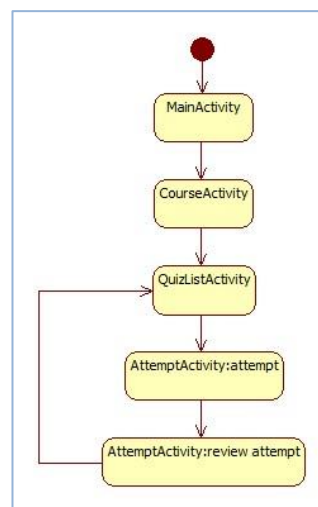
## 5. MOODLE KVIZ APLIKACIJA

MoodleQuiz Aplikacija predstavlja centralni deo celokupnog sistema ovog projekta. Ona sve podatke prikuplja sa Moodle servera i sve rezultate šalje u Moodle server gde se oni skladište. Za ostvarivanje ove komunikacije na strani aplikacije, postoji logika za povezivanje i pribavljanje podataka, kao što je prikazano na dijagramu razmeštaja (Slika 5).

Iako se sve informacije pribavljaju sa servera, logika ocenjivanja pitanja se nalazi u aplikaciji i pisana je na osnovu zvanične Moodle dokumentacije. Baza podataka se naknadno ažurira i njeno stanje postaje konzistentno nakon završetka kviza. Iako je fokusirana na jedan modul celokupnog Moodle sistema, funkcionalnosti aplikacije je moguće podeliti na pet celina:

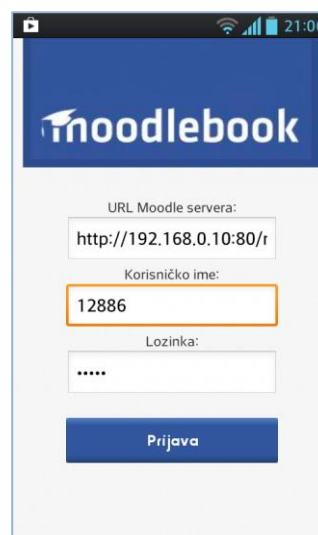
- Prijavljanje na Moodle server;
- Pregled svih kurseva;
- Pregled svih kvizova na jednom kursu;
- Rešavanje kviza;
- Pregled rezultata kviza.

Aplikacija ima četiri aktivnosti (eng. Activity) i kretanje između njih prikazano je dijagramom toka na slici 6.



Slika 6. Dijagram toka

Kako je prikazano na slici 7, početna tačka aplikacije je MainActivity koji predstavlja formu za prijavljivanje korisnika na Moodle sistem.



Slika 7. Logovanje na Moodle server

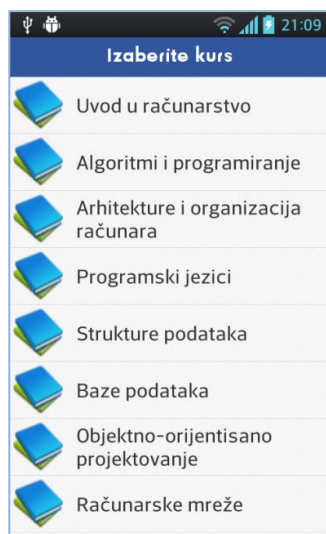
Aplikacija nudi mogućnost da se korisnik prijavi na bilo koji Moodle server na kome ima otvoren nalog i na kome su izvršena odgovarajuća podešavanja i instalacije. Za logovanje na server korisnik upotrebljava svoje korisničko ime i lozinku. Izgled ove forme je prikazan na slici 7. Prijava na Moodle server je uspešna ukoliko korisnik dobije od servera dva tokena:

- token za korišćenje *Moodle mobile Web service-a*,
- token za korišćenje Moodle proširenja – *Moodle mobile quiz plugin-a*.

Nakon što se korisnik uspešno prijavio na server, prikazuje se spisak svih kurseva na koje je prijavljen (Slika 8). Ukoliko korisnik nije prijavljen ni na jedan kurs, prikazuje se odgovarajuća poruka. Komunikacija sa servisom se obavlja korišćenjem REST protokola i koristi

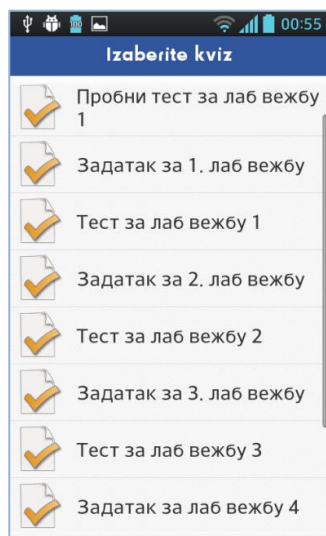


se *Moodle mobile Web service* za prikupljanje informacija o kursovima na koje je korisnik prijavljen.



Slika 8. Pregled svih kurseva

Nakon što izabere odgovarajući kurs, korisniku se prikazuju svi kvizovi koji postoje u okviru tog kursa (Slika 9). Ukoliko na izabranom kursu nema registrovanih kvizova, prikazuje se odgovarajuća poruka. Takođe, i za učitavanje ovih podataka se koristi *Moodle Mobile Web service*. Nakon ovog koraka, svaka naredna komunikacija zahteva korišćenje novo-kreiranog i instaliranog proširenja za Moodle – *Moodle mobile quiz plugin*.



Slika 9. Pregled svih kvizova

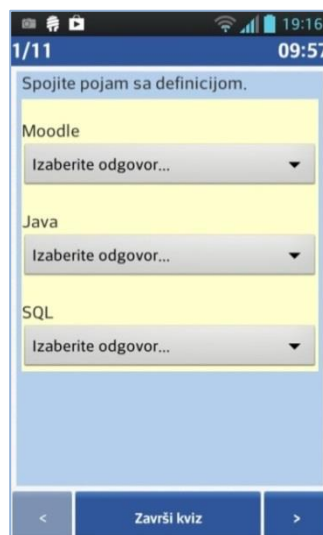
Nakon izbora nekog kviza korisniku se prikazuju informacije o tom kvizu. Među informacijama su osnovni podaci: ime kviza, broj pokušaja koji korisnik može da ima na tom kvizu, vreme kada je kviz otvoren, vreme kada se kviz zatvara, vreme trajanja kviza, koliko puta je kviz rađen i da li zahteva lozinku, tj. da li je zaključan (Slika 10). U slučaju da je kviz zatvoren korisniku se prikazuje nešto drugačija poruka. U ovom slučaju se među informacijama prikazuju ime kviza, broj mogućih pokušaja na kvizu i vreme trajanja kviza. Korisniku tada nije omogućeno da radi kviz.



Slika 10. Informacije o kvizu

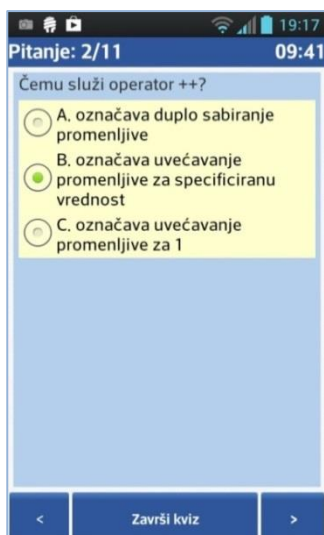
Korisnik može da se vrati pritiskom na dugme *Nazad* ili da klikom na dugme *Otvori kviz* počne da radi kviz. Ukoliko je kviz zaključan, pre početka izrade kviza, korisnik će morati da unese odgovarajuću šifru za kviz. Nakon što korisnik otvori kviz sa servera se učitavaju svi podaci vezani za taj kviz, sva pitanja koje korisnik treba da reši i tačni odgovori pitanja. Ovi podaci se dobijaju u JSON formatu.

Zbog bolje preglednosti na mobilnom uređaju sva pitanja kviza se prikazuju posebno. Korisnik u svakom trenutku ima mogućnost prelaska sa tekućeg na prethodno ili sledeće pitanje. U vrhu ekrana korisniku se prikazuje koje pitanje trenutno rešava i na koliko pitanja ukupno treba da da odgovor. Dodatno, prikazuje mu se i koliko vremena ima da završi kviz. Primer pitanja upoređenja na kvizu je prikazan na slici 11, a pitanja sa višestrukim izborom na slici 12.

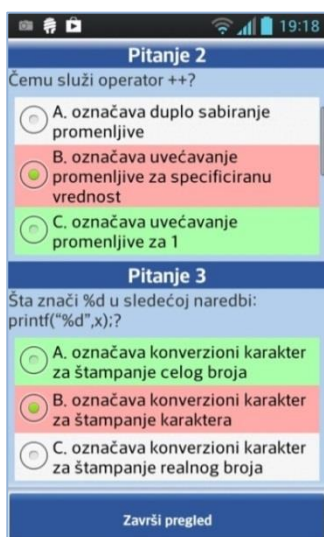


Slika 11. Pimer kviz pitanja

Ukoliko vreme za rešavanje kviza istekne, kviz će automatski biti prekinut i ocenjen. Ukoliko korisnik odgovori na sva pitanja pre isteka vremena određenog za rešavanje kviza, on može da završi rešavanje kviza klikom na dugme *Završi kviz*.



Slika 12. Primer kviz pitanja



Slika 13. Pregled rezultata kviza

Nakon završetka kviza ocenjuju se sva pitanja posebno i formira se konačna ocena korisnika na tom kvizu. Svi rezultati se u JSON formatu šalju na Moodle server i vrši se ažuriranje baze podataka. Nakon ažuriranja baze, administrator kursa i nastavno osoblje sa odgovarajućim privilegijama mogu da vide rezultate korisnika na kvizu, koje je odgovore dao i koliko je poena postigao. Ukoliko je to potrebno, administrator kursa i nastavno osoblje mogu izvršiti dodatne korekcije. Korisniku će takođe biti prikazani rezultati koje je postigao na kvizu. Tako će se u vrhu ekrana naći opšti rezultati kviza: ime kviza, broj poena osvojenih na kvizu i maksimalan broj poena koji je mogao da bude osvojen. Zatim će u nastavku biti prikazano svako pitanje posebno. Sva pitanja će biti popunjena odgovorima koje je student dao. Ukoliko je odgovor tačan, studentov odgovor će imati zelenu pozadinu. Ukoliko je odgovor pogrešan imaće crvenu pozadinu, dok će zelenom bojom biti označen tačan odgovor ili će tačan odgovor biti napisan ispod pitanja u zavisnosti od tipa pitanja. Primer rezultata pitanja prikazan je na slici 13.

## 6. ZAKLJUČAK

Sa ekspanzijom razvoja mobilnih telefona i tableta, kao i povećanjem broja njihovih korisnika uloga ovih uređaja u svakodnevnom životu je postala mnogo veća. Pored toga, korisnici mobilnih uređaja se sve češće opredeljuju da Internet-u pristupaju preko mobilnih uređaja. Stoga, je m-learning dobio na velikom značaju i došlo je do naglog razvoja aplikacija koje ga podržavaju.

*MoodleQuiz* je jedna od prvih aplikacija koje pružaju mogućnost rešavanja Moodle kvizova na Android uređajima. Fokusirana je isključivo na taj modul Moodle sistema ali je projektovana tako, da lako može da postane deo nekog većeg sistema. Trenutno podržava četiri najčešće korišćenih tipa pitanja koji mogu da se jave u kvizu. *MoodleQuiz* je u potpunosti funkcionalan za proveru znanja studenta i njegovo ocenjivanje kada je reč o osnovnim tipovima pitanja. Ima jednostavan dizajn i izgled je optimizovan za rad na malim ekranima.

Dodatno, aplikacija je projektovana tako da novi tipovi pitanja mogu lako da se dodaju, tako da bi u budućnosti aplikacija mogla da bude proširena i ostalim tipovima pitanja. Takođe, mogla bi da postane modul neke šire aplikacije koja pokriva sve potrebe studenta na Moodle sistemu.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Istaživanje predstavljeno u ovom radu je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kao deo projekta „Infrastruktura za elektronski podržano učenje u Srbiji“ broj III47003.

## LITERATURA

- [1] The New Media Consortium, The Horizon Report 2011
- [2] Naidu, S. "E-Learning A Guidebook of Principles, Procedures and Practices", 2nd Revised Edition, CEMCA, 2006
- [3] Watson, W. R. „An Argument for Clarity: What are Learning Management Systems, What are They Not, and What Should They Become?“, Indiana University - Purdue University Indianapolis "TechTrends 51(2) 28-34", 2007
- [4] Hart, J. „Top 100 Tools for Learning 2013“, 7th Annual Learning Tools Survey, 30 September 2013. [Na mreži]. Dostupno: <http://c4lpt.co.uk/top100tools/>
- [5] „Moodle Statistics“, 2013. [Na mreži]. Dostupno: <https://moodle.org/stats/>
- [6] „Registered moodle sites“, Moodle, 2013. [Na mreži]. Dostupno: <https://moodle.org/sites/>
- [7] „Moodle Question Types“, Moodle, April 2013. [Na mreži]. Dostupno: [http://docs.moodle.org/24/en/Question\\_types](http://docs.moodle.org/24/en/Question_types)

# SISTEM ZA EVALUACIJU SEMANTIČKOG ALATA ZA E-UČENJE DSI SYSTEM FOR EVALUATION OF THE DSI SEMANTIC E-LEARNING TOOL

Dejan Todosijević<sup>1</sup>, Martin Jovanović<sup>1</sup>  
*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U radu je opisan sistem za podršku testiranju okvira (eng. framework) DSi (Drag and Drop Semantic Interface). Ovaj framework omogućava semantičko proširenje materijala za učenje i ima za cilj unapređenje sistema za elektronsko učenje pomoću tehnologija Semantičkog web-a. Cilj projekta opisanog u ovom radu je softver za podršku testiranju već implementiranog dela sistema u uslovima realne eksploatacije – učenja u univerzitetkom okruženju. U radu je dat kratak osvrt na DSi framework (kao i do sada implementirane verzije framework-a), sinopsis planiranog istraživanja kao i opis korisničkog iskustva korišćenja ovog sistema.

**Abstract** - The paper describes a system to support testing DSi framework (Drag and Drop Semantic Interface). This framework enables semantic enhancement of learning materials. This framework aims at improving the systems for e-learning by using the technologies of Semantic Web. The aim of the project described in this paper is the software to support testing implemented system in real conditions of exploitation - learning in a university environment. The paper gives a brief overview of the DSi framework (and so far implemented versions of the framework), a synopsis of the planned research and a description of the user experience of using this system.

## 1. UVOD

E-učenje se može definisati kao isporučivanje nastavnog materijala učenicima, gde medijum prenosa znanja predstavlja računarska tehnologija, u trenutku kada je to potrebno i u količini koja je potrebna. Nastavni materijal formira se dinamički i u potpunosti je individualizovan za svakog učenika. Pojednostavljeno rečeno možemo reći da se e-učenje „okreće oko čoveka“, za razliku od klasičnog učenja gde se „čovek okreće oko učenja“. Semantički web donosi jednu novu dimenziju e-učenju. Korišćenje tehnologija Semantičkog web-a omogućava veće uključivanje mašina u proces podučavanja učenika [1]. Mašine nad ovakvim web-om mogu samostalno (pomoću *intelligentnih agenata*) pribavljati i integrisati podatke pribavljene od različitih izvora, a zatim potpuno autonomno donositi zaključke i prezentovati rezultate korisnicima [2].

DSi (Drag and Drop Semantic Interface) predstavlja *framework* za elektronsko učenje pozicioniran u preseku oblasti E-učenja i Semantičkog web-a. U pitanju je sprega brzog i intuitivnog korisničkog interfejsa za pristup pojmovima u okviru tekstualnog materijala za e-učenje (za njihovo dovođenje u vezu putem operacije *drag-and-drop*) sa semantičkim slojem koji sadrži veze između pojmova u tom nastavnom materijalu. U ovom radu biće

prikazan sistem za testiranje DSi *framework*-a u uslovima realne eksploatacije.

## 2. OKVIR/KONCEPT DSI

Drag and Drop Semantic Interface (DSi) predstavlja *framework* za e-učenje koji omogućava semantičko proširenje materijala za učenje. Sistem na osnovu semantičkog dokumenta (unapred definisanog, potpuno nezavisnog od nastavnog materijala) *prepoznaje određene pojmove* (reči) u nastavnom materijalu i daje im mogućnost prevlačenja (*drag-and-drop* funkcionalnost) [3]. Ovaj sistem pruža mogućnost korisniku da prevlačenjem jedne reči na drugu, izvrši upit nad unapred definisanim semantičkim dokumentom, i kao odgovor na prevlačenje dobije već definisane veze između prevučenog i ciljnog termina.

*Framework* se sastoji od teksta lekcije na sistemu za e-učenje zasnovanom na web-u (*plain text* ili *HTML*), semantičkog dokumenta (RDF/XML) u kome se čuvaju definisane veze između ključnih pojmova u nastavnom materijalu i logike koja povezuje tekstualni i semantički dokument. Pojmovi sačuvani u semantičkom dokumentu mapirani su na pojedinačne reči u tekstu. Prilikom učitavanja web strane sa nastavnim materijalom izvršava se leksičko analiziranje teksta lekcije, zatim se određenim rečima u tekstu daje *drag-and-drop* funkcionalnost u zavisnosti od veza između pojmova koji su sačuvani u semantičkom dokumentu.

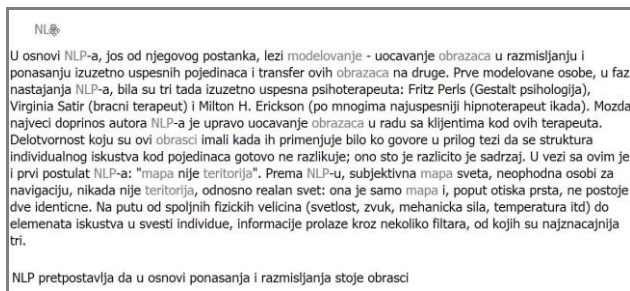
Uključivanje DSi *framework*-a u sistem za e-učenje omogućava učenicima da na stranici na kojoj trenutno uče, imaju pristup definisanim vezama između pojmova koji su važni za razumevanje nastavnog materijala. Ovakvim pristupom se stvaraju bolji uslovi za linearno napredovanje kroz gradivo. U nekom drugom slučaju učenici bi morali da potraže definicije pojmova i njihovu međusobnu zavisnost, kako bi ih doveli u određenu relaciju, time napuštajući lekciju koju trenutno uče. Ovo usporava proces učenja, a učenici gube fokus.

## 3. DSI 1.0

DSi koncept prvi put je predstavljen 2007 [4], a prva verzija (1.0) razvijena je 2009 [3]. DSi predstavlja *framework* za e-učenje baziran na tehnologijama Web-a 2.0 i Semantičkog Web-a. Sastoji se od dva sloja: prezentacionog i semantičkog sloja. Prezentacioni sloj čini materijal za učenje, odnosno nastavni materijal u formatu čistog teksta (*plain text*). Semantički sloj čini RDF dokument (ili više njih). RDF dokument omogućuje semantičko povezivanje podataka, odnosno čuva veze između pojmova u nastavnom materijalu. Veze u RDF

dokumentu predstavljene su u formi trojki (*triple*), gde su reči koje se dovode u vezu subjekat i objekat, a veza između njih predikat u ovom iskazu (*statement*).

Prilikom učitavanja web strane, svim ključnim pojmovima u tekstu koje postoje u RDF dokumentu se dodeljuje nov način prezentovanja – mogućnost prevlačenja na drugi ključni pojam. Učenik može prevlačenjem jedne reči i njenim spuštanjem na drugu reč da vrši upit nad semantičkim dokumentom tražeći vezu između dve odabrane reči. Glavna karakteristika ove verzije jeste to da je celokupna funkcionalnost sistema implementirana na klijentu (JavaScript). Iako implementacija na klijentu ima svojih prednosti kada se radi o brzini izvršenja upita ovo ipak predstavlja sigurnosni propust. U ovoj verziji sistema tekst lekcije i RDF dokument smešteni su na klijentu i u potpunosti su dostupni korisniku. Iako je normalno da tekst lekcije u kompletu bude dostupan korisnicima, dostupnost veza sačuvanih u RDF dokumentu trebala je biti ograničena s obzirom da ovaj dokument daje dodatnu semantičku vrednost materijalu za učenje. Na slici 1 prikazan je primer tipične interakcije korisnika sa sistemom.



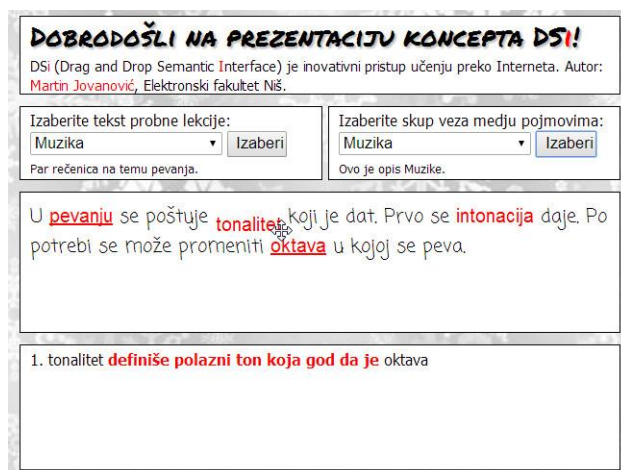
Slika 1. Prikaz aplikacije DSi 1.0

#### 4. DSi 1.5

Naredna verzija sistema, koja je označena kao verzija 1.5 [5], unapređena je premeštanjem RDF dokumenta na server. Sva propratna logika potrebna za manipulisanje ovim dokumentom se takođe izvršava na serveru (PHP). Na ovaj način obezbeđen je određen nivo zaštićenosti semantike koja obogaćuje nastavni materijal. Korisniku su sada dostupne samo veze između reči u tekstu lekcije na strani za učenje koja je trenutno otvorena. Teoretski gledano u RDF dokumentu se mogu čuvati veze između reči koje ne moraju nužno biti pojmovi iz iste nastavne celine, čak ni iz iste nastavne oblasti. Veze dostupne korisniku predstavljaju samo deo veza koje se nalaze u RDF dokumentu, tako da korisniku ovaj dokument nikada nije dostupan u celosti već samo jedan njegov podskup. Rekonstrukcija ovog dokumenta bi bila dug i mukotrpan posao s obzirom da bi korisnik morao da prođe veći broj lekcija kako bi imao pristup većem broju veza, a neke veze mu u opštem slučaju ne bi ni bile dostupne.

Dalje, jedna od ideja koja je bila ključna prilikom implementacije ove verzije *framework*-a je pokazati da je moguće kombinovati različite nastavne materijale sa različitim semantičkim dokumentima. Za demonstraciju ove verzije kreirana je pokazna web aplikacija prikazana

na slici 2 [6]. Korisniku su ponuđene dve lekcije i dva semantička dokumenta koje može kombinovati. Nakon odabira lekcije i semantičkog dokumenta izvršava se leksička analiza teksta i rečima za koje su definisane veze u semantičkom dokumentu daje se mogućnost prevlačenja. Radi lakšeg uočavanja ovih reči u tekstu one dobijaju crvenu boju. Prilikom prevlačenja reči posebno će biti označene one reči sa kojima je reč koja se prevlači u vezi, ove reči će biti podvučene. Na ovaj način obezbeđuje se efikasnije korišćenje sistema kako korisnik ne bi prevlačio reč na one reči sa kojima nije u vezi. Spuštanjem reči na reč u donjem delu ekrana biće prikazane sve veze između datih reči koje su prethodno definisane u semantičkom dokumentu.



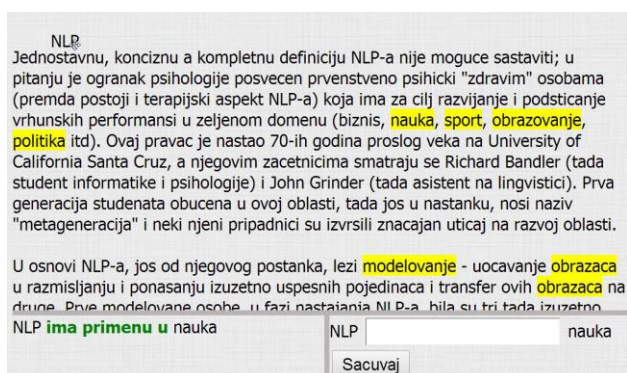
Slika 2. Prikaz aplikacije DSi 1.5

Ova verzija sistema implementirana je u PHP-u (serverski deo) i JavaScript-u (klijentski deo). Za implementiranje serverskog dela aplikacije korišćen je PHP *framework* CodeIgniter, dok je za manipulisanje rdf dokumentima korišćen RAP (RDF API for PHP) *framework* [7]. Mogućnost prevlačenja (*drag-and-drop* funkcionalnost) na klijentu omogućena je korišćenjem javascript biblioteke JQuery. Sva komunikacija sa serverom prilikom interakcije sa semantičkim dokumentom realizovana je pomoću AJAX poziva tako da celokupan RDF dokument nikada nije dostupan na klijentu. Ova verzija sistema priznata je od strane Elektronskog fakulteta u Nišu kao tehničko rešenje [8].

#### 5. DSi 2.0

Poslednja implementirana verzija sistema (DSi 2.0) unapređena je omogućavanjem dvosmerne interakcije sa sistemom [9]. U prethodnim verzijama korisnici su mogli da izvrše upit nad unapred definisanim semantičkim dokumentom i na taj način dobiju veze između odgovarajućih reči. U ovoj verziji korisnici pored pregleda postojeći veza mogu da dodaju nove veze između reči u tekstu time obogaćujući semantički sloj. Sistem je unapređen odvajanjem funkcionalnosti na dva moda rada, i to: *edit* moda (slika 3) i *read* moda. *Edit* mod unosi nova unapređenja DSi koncepta omogućujući korisnicima da učestvuju u kreiranju semantičkih dokumenata, dok je *read* mod deo sistema koji je zadržao

funkcionalnosti prethodne verzije (1.5) i služi kao podsistem za e-učenje. *Edit* mod se razlikuje od *read* moda time što sada sve reči imaju mogućnost prenošenja (sve reči su stavljene u zasebne HTML span tagove). Ovakvim pristupom korisniku se daje mogućnost da bilo koju reč prevuče na bilo koju a zatim unese vezu između tih reči i sačuva je u RDF dokumentu. Posebnim naglašavanjem (menjanjem pozadinske boje) korisniku se stavlja do znanja koje reči u tekstu su u vezi sa rečju koja se prevlači, na ovaj način izbegavaju se upiti koji neće vratiti nikakav rezultat. Nakon spuštanja reči na reč korisniku se prikazuju sve veze između "ukrštenih" reči kao i *textbox* za dodavanje novih veza. Korisnik na ovaj način može da doda dodanu novu vezu ili više njih, jedino ograničenje sistema jeste provera da li je takva veza već sačuvana kako se ne bi unosili duplikati u semantički dokument.



Slika 3. Prikaz aplikacije DSI 2.0 (*Edit* mod)

## 6. DSI 1.5 TEST MODULE

Ovaj sistem razvijen je u svrhu istraživanja uticaja predloženog DSI koncepta na učenje u realnim uslovima eksploatacije – učenja u univerzitetskom okruženju. Primarni cilj kreiranja ovog modula za testiranje jeste istraživanje uticaja DSI *framework*-a na ubrzanje učenja. Ovaj modul se u osnovi bazira na DSI 1.5 *framework*-u, dopunjuje ga modulom za praćenje korisnika (prijavlivanje korisnika na sistem i evidentiranje korisnikovih interakcija sa sistemom radi statističke obrade) i modulom za proveru stečenog znanja korisnika nakon učenja pomoću DSI *framework*-a. Modul za testiranje projektovan je tako da je omogućeno jednostavno menjanje vrednosti određenih varijabli pri korišćenju sistema (prisustvo/odsustvo *drag-and-drop* funkcionalnosti, slobodno ili forsirano kretanje kroz nastavni materijal i/ili pitanja u okviru provere znanja itd.) Istraživanje je još uvek u ranoj fazi i ispituju se mogući modaliteti za prikupljanje podataka o interakcijama učenika sa sistemom.

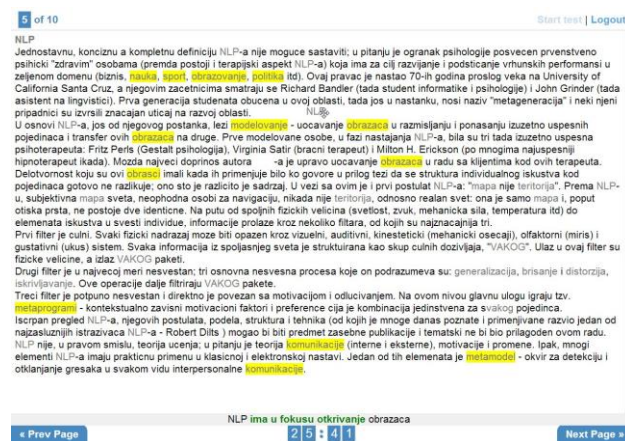
Bitno je naglasiti da je ovaj sistem osmišljen kako bi se testirala praktična primena ovog koncepta u fazi učenja (apsorbovanja tekstualnog nastavnog materijala), a ne u svrhe testiranja već naučenog.

Jedna od ideja za istraživanje jeste poređenje sistema za e-učenje koji omogućava jednosmerno i sistema koji omogućava dvosmerno kretanje učenika kroz gradivo.

Ovo ima za cilj utvrđivanje da li prisustvo DSI funkcionalnosti umanjuje povratno kretanje kroz gradivo. Druga ideja jeste dozvoliti učenicima samo jednosmerno kretanje kroz gradivo (napred – nakon prelaska na narednu lekciju nema mogućnosti povratka) uz prisustvo/odsustvo *drag-and-drop* funkcionalnosti pa zatim napraviti poređenje naučenog. Ovakvim pristupom omogućeno je poređenje retencije gradiva, odnosno kratkotrajnog pamćenja učenika u oba slučaja, učenjem sa i bez mogućnosti korišćenja *drag-and-drop* funkcionalnosti.

Registracija korisnika na sistem moguća je na dva načina: pomoću forme za registraciju ili registovanjem koristeći postojeći nalog na društvenoj mreži *Facebook*. Nakon uspešne registracije korisnik može da se prijavi na sistem i da počne sa učenjem. Nakon uspešne autentifikacije korisnika korisnik biva preusmeren na stranu za pokretanje glavnog dela sistema (DSI podsistem za učenje), na kojoj će dobiti instrukcije o korišćenju sistema. Nakon informisanja o načinu rada sistema korisnik može da krene sa učenjem.

Učenicima je ponuđen određen broj unapred pripremljenih lekcija za učenje (broj i obimnost lekcija može varirati u zavisnosti od profila učenika uključenih u istraživanje). Nastavni materijal će biti prezentovan u formatu HTML strana sa mogućnošću prevlačenja reči na druge reči tekstu. Semantički dokument ili dokumenti će takođe biti unapred pripremljeni. Reči u tekstu koje postoje u semantičkom dokumentu dobijaju malo drugačiji vizuelni prikaz kako bi učenicima bilo lakše da ih uoče. Prilikom prenošenja reči vrši se upit nad semantičkim dokumentom kojim se dobijaju sve reči sa kojima je reč koju prenosimo u nekoj semantičkoj vezi. Te reči dodavanjem efekta (menjanjem pozadinske boje) postaju učenicima uočljivije u tekstu. Na taj način učenicima je omogućeno da ustanove sa kojim rečima je odgovarajuća reč u vezi. Spuštanjem reči na neku reč sa kojom je u semantičkoj vezi, vrši se upit nad RDF dokumentom i učenicima se prikazuju sve postojeće veze između tih reči u dnu strane.

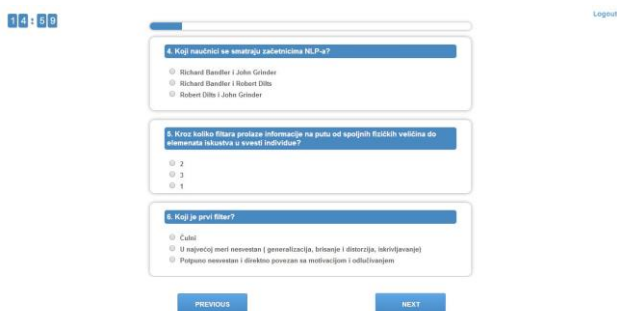


Slika 4. Prikaz DSI 1.5 Test modula (podsistem za učenje)

Nesmetano sekvenciranje kroz nastavni materijal omogućeno je kontrolama u dnu web strane. Kao što je već spomenuto u svrhe ovog istraživanja jedna grupa učenika imaće mogućnost korišćenja *next* i *prev* kontrole, dok će *prev* kontrola biti uskraćena drugoj grupi učenika.

Jenda od varijabli koja može biti uključena u istraživanje jeste vremensko ograničenje učenja. Ukoliko je indikator vremena (*timer*) uključen kao još jedan faktor u istraživanju on će biti prikazan u dnu strane, a nakon isteka vremena predviđenog za učenje korisnik će automatski biti preusmeren na stranu za pokretanje provere znanja na kojoj će dobiti uputstva o istoj.

Nakon učenja sledi provera znanja (*DSi Quiz*). Ovaj kviz osmišljen je radi provere znanja stečenog učeći pomoću ovog sistema. Predviđeno je da učenicima bude postavljen odgovarajući broj pitanja koja se odnose na prethodno prezentovani nastavni materijal. Sekvenciranje kroz kviz omogućeno je kontrolama u dnu strane. Slično kao kod učenja jednoj grupi učenika biće omogućeno korišćenje *prev* i *next* kontrole, dok će drugoj grupi učenika korišćenje *prev* kontrole biti onemogućeno. Grupa učenika koja bude imala mogućnost korišćenja moći će da se vrati na prethodnu stranu/strane da proveri/ispriavi svoje odgovore. Kada korisnik dođe do strane sa poslednjom grupom pitanja pojaviće će se kontrola za završetak kviza. Slično kao kod učenja vremensko ograničenje može biti jedan od faktora pri polaganju provere znanja. Ukoliko je vreme za proveru znanja isteklo rezultati će automatski biti prosleđeni serveru a korisnik će biti preusmeren na stranu sa rezultatima. Na ovoj strani korisniku će biti prikazani odgovori na sva pitanja, kao i informacija da li su odgovori na pitanja tačni ili netačni.



Slika 5. Prikaz provere znanja (*DSi Quiz*)

Predviđeno je da sistem evidentira sve korisnikove akcije tokom učenja i polaganja kviza. Ove akcije uključuju praćenje vremena pojedinačnih interakcija, reči koje je korisnik prevlačio, sekvencu stranica kojima je pristupao i dr. Prikupljeni podaci će poslužiti kao materijal za dalje istraživanje i unapređenje sistema koji se razvija.

## 7. ZAKLJUČAK

Sistem prezentovan u ovom radu razvijen je kao podrška testiranju uticaja *DSi framework*-a na učenje u realnim uslovima. Ovaj modul koristiće se za ispitivanje uticaja *DSi framework*-a na ubrzanje učenja studenata. U osnovi

se bazira se na *DSi 1.5* verziji *framework*-a sa dodatkom implementiranog podsistema za praćenje korisnikovih interakcija sa sistemom i podsistema za proveru znanja stečenog učeći pomoću *DSi framework*-a. Test modul će se razvijati u pravcu daljih potencijalnih modusa upotrebe *DSi*-a. Jedan od tih pravaca je *DSi* kao *assessment tool* u kome se vrši provera znanja studenata po broju i kvalitetu relacija koje sami dodaju u ponuđenom tekstu (u kome u startu nije definisana ni jedna relacija). Test modul, u ovom kontekstu, predstavljaće praćenje svih varijabli koje opisuju korisničku interakciju sa sistemom, kao što je vreme između uspostavljanja veza, ukupno vreme odustane itd. Drugi pravac daljeg razvoja je dodavanje dimenzije *peer-assessment*-a. U tom smislu test modul će biti proširen tako da jedni studenti mogu da ocenjuju veze koje su uspostavili drugi. Na ovaj način kao nezavisna varijabla koristiće se ključ za ocenjivanje, a kao zavisna prosečna ocena koju student dobije od svojih kolega, čime će biti testirana objektivnost studentskog ocenjivanja u kontekstu *DSi*-ja.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Istraživanje predstavljeno u ovom radu je delom podržano od strane projekta III47003 (2011-2014) Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije.

## LITERATURA

[1] Devedžić, V. – Education and the Semantic Web, International Journal of Artificial Intelligence in Education 14 (2004), str. 39-65.

[2] <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>

[3] Jovanović, M., "Semantička nadgradnja nastavnog materijala u sistemima za elektronsko učenje", magistarska teza, Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, 2009.

[4] Jovanović, M. - "Arhitektura konceptualno-orijentisanog alata za podršku učenju", Infoteh - Jahorina, Proceedings, Jahorina, 28-30. 03. 2007, Vol. 6, Ref. E-IV-4, pp. 477-479, issued by Elektrotehnički fakultet Istočno Sarajevo, 2007, ISBN 99938-624-2-8.

[5] Jovanović, M. – "DSI – Okvir za semantičko proširenje e-učenja", Yu Info – Kopaonik, CD-Proceedings, Kopaonik 3-6 Mart 2013, Srbija, ISBN: 978-86-85525-11-7

[6] Pokazna aplikacija može se videti on-line na adresi: <http://www.martin.rs/DSi1.5-v03/index.php/ReadController/> - adresa u važnosti na dan 31.01.2014

[7] Za implementiranje poslednje verzije *DSi framework*-a, korišćen je RAP - RDF API for PHP *framework*. Ovaj *framework framework* moguće je preuzeti sa web adrese: <http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/rdfapi/>

[8] Verzija DSi 1.5 priznata je od strane Elektronskog fakulteta u Nišu kao tehničko rešenje, pod nazivom DSI (Drag and Drop Semantic Interface) - softverski okvir za semantičku dopunu tekstualnog nastavnog sadržaja u sistemima za e-učenje, autora Martina Jovanovića, Dejana Todosijevića i Milene Stanković. Rešenje priznato odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta broj 07/10-004/13-001, u Nišu, 17.01.2013.

[9] Jovanović, M. – "Reasoning-enabled Semantic E-Learning Approach ", ICEST 2013 – Ohrid 26-29 Jun 2013, Makedonija, ISBN: 978-9989-786-90-7

## CHARACTERISTICS OF E-BUSINESS MODELS IMPLEMENTED BY SMALL ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Saso Josimovski<sup>1</sup>, Lidija Pulevska – Ivanovska<sup>1</sup>, Martin Kiselicki<sup>2</sup>, Ivana Janeva<sup>1</sup>

*Faculty of Economy - Skopje<sup>1</sup>*

*Integrated Business Faculty<sup>2</sup>*

**Abstract** –*Online shopping is a growing trend in the recent years, with 62% percent of the US consumers stating that they regularly shop online, and only 1% stating they have never bought anything on the web, according to the research performed by Walker Sands for the year 2013. These types of statistics are a positive precursor for small companies to transfer their business online and use the benefits that the e-business models offer. However, as a country with GDP per capita of only 14% of the EU-28 average in 2012, the technological infrastructure and consumers' behaviour in the Republic of Macedonia might not offer the same conditions as the more developed countries, such as the United States of America or countries in the European Union. The main purpose of this research paper is to examine the current e-business models used by small enterprises in the Republic of Macedonia, as well as to give insight to the online purchasing behaviour of the modern-day consumer by using a questionnaire as the primary method of research.*

*Our findings demonstrate that the companies mainly prefer to use direct marketing as an e-business model and a sales channel, but there is a gap between the business goals of the adopted e-business strategies and the strengths of the e-business models that are currently implemented. Furthermore, by comparing the findings and statistics from similar surveys for other countries, including the Balkans, we can observe whether the attitude of Macedonian consumers is significantly different when compared with the attitude of other consumers from the other countries.*

### 1. INTRODUCTION

In the first decade of the 21<sup>st</sup> century, Internet usage has shown an exponential growth, which along with the traditional ICT (Information and Communication Technologies) formed the global and competitive platform on which companies can communicate and collaborate amongst each other, as well as promote and sell their products and services. This business model became critical for the success of SMEs (Small and Medium Enterprises), which are considered ideal candidates for adoption of e-business (electronic business) due to their flexibility, adaptability and innovation possibilities (Rao et al., 2003). The e-business models are constantly evolving and the specific implementation and functions that are used depend on the company itself. In today's competitive markets, e-business models represent much more than just a platform for selling products and services to customers and other businesses, although this feature still largely poses as the primary function.

Despite the economic crisis which affected many businesses in 2008, we have witnessed a significant

growth of e-business and e-commerce models since then. IDC (International Data Corporation) has projected that global e-commerce sales of physical goods will grow 18% on an annual basis in the period from 2013 to 2017 (Rudaranchana, 2013). Forrester Research predicts that the revenue from e-commerce retailers in the USA will be over \$370 billion in the year 2017 (Forrester Research, 2013). In 2012, retail sales from e-commerce participated with 5% in the total retail sales in the USA. Online revenues from goods and services in Europe were €311.6 billion in 2012, which represents a rise of 19% compared to the previous year (Ecommerce Europe, 2013). Countries in the European Union (including Croatia) realised more than 80% of the total online sales, and the share of the internet economy in their total economic activities is evaluated at around 3.5%.

According to a study developed by USAID (USAID, 2010), e-commerce in the Republic of Macedonia, in contrast to USA and EU countries, is still in the early stages of development. The online sales accounted in the country as a share of the total sales revenue made through transactions via electronic cards was only 1% in 2010. For comparison, the revenue through the transactions via electronic cards participated with only 8-10% in the total transactions' value in Macedonia in the same year. One optimistic fact is that the value of online transactions in 2011 compared to 2010 is higher by more than 1200%. This increase seems significantly high at first, but put into perspective, online sales in 2010 represented less than 0.1% of the total sales made in the country (own estimation).

The government of the Republic of Macedonia, during 2012 and 2013, financially supported establishing of 100 new e-stores (electronic stores) for new or existing companies. The first group, 31 e-stores, were implemented and opened in 2012, while the implementation of the second group of the remaining e-stores is still in progress. Along with the financial support, the government provides additional services such as SEO (Search Engine Optimization), technical support, promotional tools and social media marketing tools. To use these services, the employees from the companies concerned also get free training.

Analyzing the previous groundwork done on the subject, we can conclude that in Macedonia there have been taken some initiatives for implementation and usage of e-business models for small, medium and large enterprises. According to USAID (USAID e-Gov Project, 2010), there are three basic types of e-business models implemented by the companies in Macedonia: (1) Pure online companies, which are completely focused on doing business online, without any physical presence, although



they cooperate and sell products and/or services to offline companies; (2) Click and mortar companies, which use the online channel as an addition to its traditional channels of sales; and (3) Online shopping malls, which comprises the smallest group of companies in the country. They have separate e-stores on their web-sites to offer products from the other brick and mortar companies. According to the State Statistical Office of the Republic of Macedonia, during 2011, only 8.9% of the companies with 10 or more employees had implemented and used at least one of the three types of e-business models, 5.3% realised sales via the web and 4.8% realised purchases via the web. However, despite the initiatives and early implementations, there are not much publicly available information about the successes and possible barriers that the Macedonian companies have faced with. For these purposes, we conducted a research questionnaire in the period from April to June 2013, which involved small enterprises that have accepted and implemented certain e-business models. The purpose of this research paper is to analyze the characteristics, success factors and barriers of the e-business adoption by small enterprises in the Republic of Macedonia. An additional goal is to cross-reference the data with publicly available information and e-business trends for other countries, including the Balkans, as well as to analyze the online consumer behaviour in Macedonia compared to the other countries.

## 2. METHODS AND MATERIALS

The research paper is developed by using primary and secondary information. The primary set of information which is analyzed, is gathered via a questionnaire, done for the purpose of this paper, as well as for the master thesis "E-commerce business models as a factor for sale increase for small-sized enterprises in Republic of Macedonia" (Janeva, I., 2013). The questionnaire was sent to 105 small enterprises from Macedonia and there were two different selection criteria involved. The first criterion was that the surveyed companies had to possess a fully functional e-store. The second criterion was the size of the surveyed company, which should not exceed 50 employees. After applying these filters, from the starting 105 companies, we got a number of 87 companies which fulfilled both requirements, of which 80 companies returned valid questionnaires containing usable data.

The questionnaires were generally filled either by the company's top management (37.5%) or by an employee that is directly responsible for the adoption and monitoring of the e-business model in that specific company (27.5%). There are two different modules which are part of the questionnaire. The first contains questions regarding general information about the company, as well as questions that provide insight of the demographic characteristics of the aforementioned entity. The second module contains questions which provide data about the specific implementation and characteristics of the e-business model that is used in the analyzed company. During the fulfilment process, if there were any difficulties regarding the interpretation of the modules or certain questions, a professional help was offered to the

respondents. The findings of the analyzed companies are mainly presented in the next section.

Along with the primary information, this paper uses secondary information gathered from several domestic and foreign sources, which are cited respectfully throughout the text. The goal of the paper is broad and includes cross-reference of similar data from the other countries, which compelled us to search for credible and relevant information from other authors dealing with similar topics.

## 3. RESULTS

In Macedonia, the largest portion of online sales involves physical goods, with 65% of the analyzed companies selling them exclusively via their e-business storefronts. Only 5% of the companies sell services exclusively and the rest 30% sell both products and services.

Analyzing the types of products and services offered by the surveyed companies, computer-related goods rate highest on the list. The computer hardware is the most frequently offered product by the companies, with the share of 30% of all surveyed companies. The largest part of these companies (almost 50%) have small shares of online sales in the range of up to 10% of the total companies' sales, which points out that the main sales channel for the computer hardware is traditional store, and this product is not the typical product for online sale in the country. Similar data analysis could be performed for the second most frequently offered product by the companies, the home appliances. The statistics show that 70% of the companies that offer this product have very low level of online sales, which is in a range of up to 10% of the total companies' sales. According to the survey, the most typical products for online sales in the country are discounts; clothes, jewellery and cosmetic products and services; and travel (tourism/plane tickets). The companies that sell these products have considerable shares of online revenues, which are up to 100% for the companies that have adopted group purchasing e-business model.

Analyzing the goals of the implementation of the e-business models for the surveyed small companies, communication and customer relationship is the most desired improvement with an average score of 4.05 (based on a 5 point scale where 1 is the lowest and 5 is the highest). Place less desired is the necessity for online presence, which has an average score of 3.89, followed by the sales and revenue increase with an average score of 3.67, reaching the least desired which is the cost reductions with an average score of 3.45.

Analyzing the current state, most of the Macedonian companies (81.25%) use the e-business model as an additional channel for promoting and selling products and services and only 18.75% use the e-business model as the exclusive method of doing business. As shown in Figure 1, the most dominant e-business model used by small companies in Macedonia is direct marketing with 83.75%,

the second most used model is direct selling with 53.75% and the third most used model is selling via intermediaries with 11.25%.

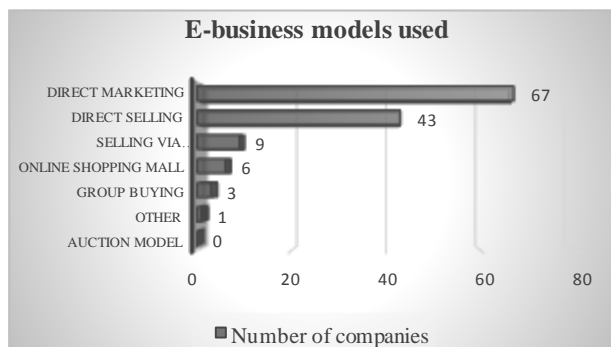


Figure 1. E-business models used by small companies in Macedonia

The most frequently implemented functionalities are the following: the products and services catalogue, which is implemented by 87.5% of the companies, and the shopping cart with 77.5% implementation rate. The order management electronic system has 50% implementation rate, followed by the reporting systems with 36.25%, stock management system with 35% and customer ratings and commenting sections with 31.25% implementation rate. Another important aspect is the type of payment system that is currently being used by the surveyed companies. The largest share of companies, 72.5%, uses an e-payment system via a credit/debit card. The second most used option is payment on delivery with high 67.5% and the third is the outdated method of payment order with a percentage of 43.75%. We have to mention that only 15 (or 18.75%) from the analyzed companies offer payment via credit/debit card as the only available option. Figure 2 contains data about the distribution of the surveyed companies according to the size of the share of the revenue generated from the online sales channels.

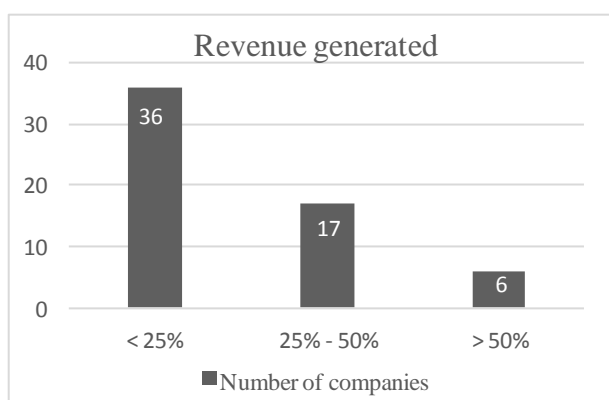


Figure 2. Revenue generated from online sales channels

The figure shows that most of the companies (36 companies or 45%) accounted revenue through online sales channels of up to 25% of the total revenue; 17 companies (21.25%) have the share of online type of revenue ranging from 25% to 50% of the total revenue; and for only 6 companies (7.5%) the largest part (more than 50%) of the total revenue was generated through online sales channels.

Analyzing the type of marketing methods used for the e-business models, most of the companies (73%) consider social media as the fundamental marketing tool for success, while the web marketing via their own web-site is on second place with 70% and the e-mail marketing methods are on third place with 53%. The rest of the top 5 used methods are the SEO (Search Engine Optimization) with 22% and online marketing campaigns with 20%. However, this research paper does not intend to discuss the extent and performance of the marketing methods used by the analyzed companies.

The last relevant information collected by the survey is related to the possible barriers for implementation and usage of e-business models. The analyzed companies rate the distrust of consumers on first place with an average score of 3.54 (on a 5 point scale where 1 is the lowest and 5 is the highest), the poor market conditions on second place with an average score of 3.24 and the competition on third place with an average score of 2.81. The rest of the barriers are the lack of security with 2.80, implementation costs with 2.46 and maintenance costs with 2.42.

#### 4. DISCUSSION

The questionnaires provide relevant data for discussions regarding e-business usage by small companies in Macedonia and comparison of the e-business models adoption in the country with the adoption in the more developed countries. Most of the Macedonian surveyed companies, i.e. 65%, sell physical goods over the Internet. The conducted research finds out that the most frequently types of products that are sold in Macedonia are computer related hardware (30%) and home appliances (16.25%). This is not in line with the basic business logic behind the e-business models, which states that digital goods are the primary and potentially most successful candidates for selling via the Internet, as we can witness from the success of companies such as Amazon, Apple (with iTunes Music) and Valve (Steam service). For example, Amazon's net sales for 2012 were \$61.09 billion, which represented a 27.1% increase compared to 2011 (Brohan, 2013). Potentially this means that Macedonian companies should focus more on delivering digital content, when that opportunity exists.

The problems which the companies are faced with, no matter what products or services they offer, is the low adoption rate of online payment from Macedonian consumers. Although more than 70% of the companies use a payment method via a credit/debit card, 67.5% still use payment on delivery and 43.75% offer payment order as an alternative. The assumption here would be that Macedonian companies do not have the need or possibilities to invest in the infrastructure for online payment, but one statistic that might be correlated to this problem is the distrust of consumers for online purchasing. Companies rate distrust as the top barrier for successful implementation of e-business systems with an average score of 3.54. This might force the companies to offer more traditional (and outdated) methods of payment.

The survey shows that only six Macedonian companies are offering full electronic payment system.

Comparing these statistics with the conclusions of the studies conducted in more developed countries, such as Greece, which is EU and Balkans country, we can observe that there are similarities. Despite the notion that the Greek online market might be considered more developed, Giovanis confirmed several hypotheses regarding the profile of the online Greek buyer (Giovanis A, 2011). He proved that there is negative relation between the consumers' attitude and intention for online shopping and their belief about its risk, as well as a positive relation between consumers' attitude and intention for online shopping and their belief about its usefulness. Also, the research proved that there is a negative relation between consumers' attitude about online shopping usefulness and their belief about its risk. Furthermore, one of the three main features of the e-commerce is perception of higher risk for consumers, which could be regarded as a very same with our finding for distrust of consumers (Ramayah et al., 2013).

In the research of Macedonian online purchasing habits in 2010 (It.com.mk survey, 2010), it was shown that there are high levels of distrust present among the Macedonian consumers. According to the survey, 20% of the respondents stated that they do not rely on e-stores and 17.9% stated that they would like to shop online, but they do not believe it is safe. These results, along with the findings of this research paper represent a strong precursor that Macedonian companies should focus on building credibility and trust for their online shopping channels, possibly through investing in marketing and PR campaigns, as well as partnering with renowned institutions that consumers trust (such as banks). This will increase the cost of implementation and maintenance of the system, but the ROI (Return on Investments) could also be higher.

Currently, out of 67 companies which used the direct marketing model (Figure 1), for only 18 (27%) the online revenue as a share of the total revenue exceeded 50%. Eight of these companies use a pure direct marketing model, while the others combine it with some other model, mostly with the method of direct sales. Similar percentages are noticed with the companies that sell their own products, where 23% (10 of 43 companies) have achieved online revenues higher than 50% of the total revenue. Only one of these companies uses the model of direct sales exclusively, while the other nine combine it with some other model. In the case of group purchasing, all three surveyed companies have achieved online revenue that is 100% of the total revenue, but we have to notice that these are virtual companies founded with the goal to operate solely online. The general conclusion is that Macedonian companies have mainly adopted simple e-business models, such as direct marketing and direct sales, without involvement of new e-intermediaries which could be value added for the end-users. This situation limits the companies to use more innovative models in their strategies, which are considered as a prerequisite for

long-term success of the e-business and e-commerce. Therefore, it is not surprising that the surveyed companies in the country that have adopted complex models, such as group purchasing, show larger shares of the online revenues and better sustainability on the markets.

Most of the analyzed companies have implemented e-business models to improve the customer relationships and communication (72%), but this is not reflected in the implementation of related functionalities that would support this goal. Only 31% of the analyzed companies possess some form or functionality of consumer experience and usability statistics and only 36% of the companies gather insights and statistics about the order completed on their websites. There is an evident gap between the goals of the surveyed companies and the strengths of the e-business model currently implemented.

## 5. CONCLUSION

E-business, as a technology and a business model, strategically changes the traditional business models. Our research demonstrates that companies are now pursuing more interactive relationships with their business partners, suppliers and customers. The data indicates that Macedonian companies mainly focus on the physical sale of goods and services and they mostly use the model of direct online sales and direct marketing as an addition of the existing traditional channels. To compete effectively, companies should structurally transform their internal processes, as well as revise their current strategy to include e-business as an integral part of it.

The typical Macedonian consumer is still not ready to shop online, mainly because of the distrust in online payment, as well as the credibility (or lack thereof) of Macedonian e-stores. Our recommendation is investing in marketing tools that would build trust with the consumer, which should essentially provide positive ROI. Also, companies should focus their efforts on improving and modernising their current marketing tools, by investing in newer marketing models such as collaborative partnerships, SEO optimisations and better positioning at certain online intermediaries.

## LITERATURE

- [1] Baymard Institute, „Top 100 E-commerce check-outs, available at <http://baymard.com/checkout-usability/benchmark/top-100> (last accessed on 06.01.2014), 2013.
- [2] Brohan M., “Amazon sales top \$61 billion in 2012”, available at <http://www.internetretailer.com/2013/01/29/amazon-sales-top-61-billion-2012> (last accessed on 06.01.2014), 2013.
- [3] Ecommerce Europe., “European E-commerce to reach €312 billion in 2012, 19% growth”, Press Release, available at <http://www.ecommerce-europe.eu/press/2013/05/press-release-european-e->

[commerce-to-reach-312-billion-in-2012-19-growth](#), (last accessed on 09.12.2013), 2013.

[4] Forrester Research, “Ecommerce Growth”, available at <http://visual.ly/growth-ecommerce>, (last accessed on 09.12.2013), 2013.

[5] Giovanis A., „4th Annual EuroMed Conference of the Euromed Academy Of Business: Business Research Challenges in a Turbulent Era“, EuroMed Press, pages 723-737, 2011.

[6] It.com.mk, “ИТ Анкета: Онлајн шопинг, стандард, недоверба...“, available at <http://it.com.mk/it-anketa-onlajn-shopping-standard-nedoverba/> (last accessed on 06.01.2014), 2010.

[7] Janeva, I., “E-commerce business models as a factor for sale increase for small-sized enterprises in Republic of Macedonia”, master thesis, University “Ss. Cyril and Methodius”, Faculty of Economics, Skopje, 2013.

[8] Ramayah, T., Popa, S., Suki, N. M., (2013): “Key Dimensions on B2C E-Business: An Empirical Study in Malaysia”, International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals, Vol. 4, No. 2.

[9] Rao, S. S., Metts, G., Monge, A. M., “Electronic commerce development in small and medium sized enterprises: A stage model and its implications”, Business Process Management Journal, Vol. 9, No. 1, pages 11 – 32, 2003.

[10] Rudarakanchana H., „US E-Commerce Growth Slows, As International E-Commerce Growth Booms”, available at <http://www.ibtimes.com/us-e-commerce-growth-slows-international-e-commerce-growth-booms-especially-russia-middle-east> (accessed on 06.01.2014), 2013.

[11] USAID, “Analysis on the E-commerce Situation in the Republic of Macedonia”, Skopje, 2010.

[12] USAID, e-Gov Project, „Анализа на Состојбата со Електронска Трговија во Република Македонија“, 2010.

[13] Walker Sands Communication, „Reinventing Retail: What Businesses need to know for 2014“, page 3, 2013.

[14] Завод за статистика на Република Македонија, „Статистички годишник 2011“, 2011.

# PRIMENA HELPDESK-a U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI POSLOVANJA U DRŽAVNOJ UPRAVI HELPDESK AS A TOOL TO INCREASE EFFICIENCY IN PUBLIC ADMINISTRATION

Bojan Begović<sup>1</sup>, Srdjan Atanasijević<sup>2</sup>, Saša Dulić<sup>1</sup>, Vladimir Milićević<sup>2</sup>

*Poreska Uprava Srbije<sup>1</sup>*

*Visoka Tehnička škola strukovnih studija Kragujevac<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu analizirana je potreba primene Help desk sistema u institucijama javnog sektora. U uvodu opisana je potreba primene help desk sistema kao alata implementacije ITIL prakse. U narednom poglavlju prikazana je detaljna analiza aktivnosti i trokova, izabara, uvođenja i primene help desk sistema u institucijama javnog sektora. Posebno je napravljena paralela u specifičnostima dva pristupa: primena rešenja otvorenog koda (Open Source) i komercijalnih rešenja (COTS).

**Abstract** - This paper analyzes the application needs for implementation of Help desk system in public institutions. First part of paper, describes the application needs the help desk system as a tool of implementation of ITIL practice. Next chapter presents a detailed analysis of the activities and the expenses, selection, introduction and implementation of a help desk system in public sector institutions. In this paper authors make comparisons between two approaches: the application of open-source (Open Source) and commercials (COTS).

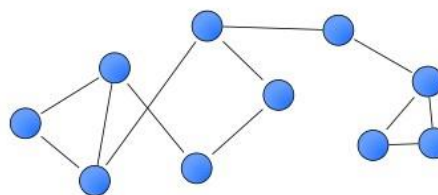
## 1. UVOD

Radom na nekom određenom radnom zadatku, radnik u organizaciji često nailazi na različite probleme, koji su različitih domena, i koje uz pomoć svojih znanja i iskustva pokušava da reši. U slučajevima kada težina zadatka prevazilazi znanja i iskustva samog radnika, potrebno je da tokom rešavanja problema konsultuje svoje kolege (članove tima) ili nadređenog, koji na osnovu svojih znanja i iskustava pokušavaju da nastali problem reše. Da bi se ubrzala komunikacija među akterima u rešavanju problema osmišljen je HelpDesk [1], gde bi akter na jednom mestu, bez obzira na vid komunikacije, mogao da postavi i dobije konkretan odgovor ili pomoć na postavljeno pitanje, i to u što kraćem vremenskom periodu. Među prvima koje uvode ovakav način podrške zaposlenima su organizacije koje su sastavljene od manjih dislociranih organizacija, gde zaposleni dobijaju razne usluge bez direktnog fizičkog kontakta među zaposlenima. U manjim organizacijama, prosto rečeno HelpDesk predstavlja „jednu osobu“ sa brojem telefona koja poseduje određena znanja, ideje i iskustvo, da korisniku koji zatraži njihovu pomoć, pomogne u kontroli i upravljanju problemima na koje nailazi u toku obavljanja svojih radnih zadataka. U većim organizacijama, HelpDesk predstavlja „grupu stručnjaka“, koji korišćenjem specijalizovanih softvera prate status problema i vrše njihovu analizu u okviru određene organizacije (na primer status telekomunikacione mreže kompanije).

Rad u nekoj od većih organizacija teško je zamisliti bez primene IT tehnologija, čije poznavanje i stalno usavršavanje iste ubrzava i olakšava rad zaposlenima. Termin HelpDesk se koristi za centralizovanu pomoć korisnicima u okviru određene organizacije, a podrazumeva tehničku podršku zaposlenima u organizaciji koja poseduje IT infrastrukturu, sa jednom tačkom kontakta za razne vrste usluga putem besplatnog broja, web-sajta ili putem elektronske pošte (e-mail). HelpDesk spada u funkcije ITIL (Information Technology Infrastructure Library). Po klasifikaciji ITIL-a naziva se Service desk [5], a podrazumeva upravljanje, koordiniranje i rešavanje incidenata, što je brže moguće na primarnom nivou podrške. Organizacije koje slede ISO/IEC 20000 ili traže sprovođenje nabolje prakse IT Service Management-a, mogu da ponuditi širi spektar usluga u rešavanju incidenata.

Danas HelpDesk ima šire značenje i upotrebu u svakodnevnom životu, jer kao kupci različitih proizvoda koristimo različite vrste usluga koje prodavci nude uz sam proizvod, jer takav vid ne podrazumeva samo kupovinu željenog proizvoda, već i kasniju pomoć u vidu podrške kupcima putem besplatnih saveta o korišćenju samih proizvoda, njihovom održavanju, kao i otklanjanju manjih kvarova na istom. Ovako prodavani proizvodi, ulivaju poverenje kupcima i češće su kupovani, dok sami proizvođači imaju povratnu informaciju o samom kvalitetu proizvoda, gde iste koriste u otklanjanju nedostataka na trenutnim proizvodima ili u razvijanju novih savršenijih generacija proizvoda.

Način na koji funkcioniše HelpDesk, omogućava stvaranje virtualnih timova i virtuelnih organizacija koje su na usluzi njegovim korisnicima, a zajedno čine jednu društvenu mrežu, gde je informacija i vreme za koje se dobija ista jedino merilo vrednosti [4]. Društvene mreže su sastavljene iz više čvorova, a koju čine pojedinci i organizacije, povezane jednom ili većim brojem međuzavisnosti, kao što su finansijski interesi, sporstva interesovanja, konflikti, sličnosti, različitosti itd.



Slika 1 Dijagram interakcija članica društvene mreže

Čvorovi predstavljaju aktere unutar mreže, a relacije su veze između čvorova. Mreže funkcionišu na više nivoa i to od nivoa pojedinca ili interesnih grupa, na način da nude rešenja za mnoge probleme ili zadajući iste, kao i da

direktno utiču na to kako će se koji od aktera ponašati u različitim situacijama. Društvena mreža, slika 1, se prikazuje u vidu dijagrama, gde su linije veze, a čvorovi velike krupne tačke.

## 2. PRIMENE U DRŽAVNOJ UPRAVI

### PORESKA UPRAVA

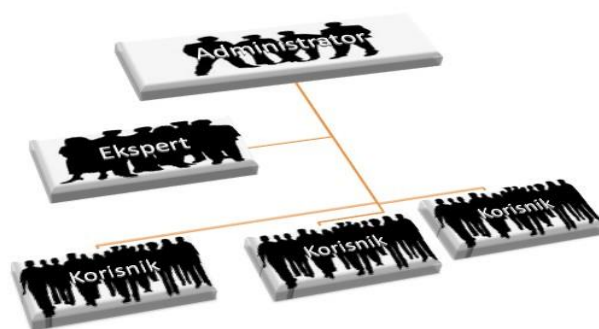
Sistem HelpDesk-a poreske uprave [2] je među prvima uveden u nekoj od javnih organizacija u Srbiji, i kao takav, idejom je prednjačio u odnosu na druge postojeće sisteme, kako u poreskoj upravi, tako i u ostalim organima koji pripadaju državnoj upravi. Bio je novina u načinu komunikacije između zaposlenih u poreskoj upravi, jer do tada ste sva rešenja za različite probleme, morali da tražite od viših organizacionih jedinica u poreskoj upravi putem telefona ili pisanih zahteva upućenih preko pošte.

U Poreskoj upravi radi oko 6000 radnika. Većina radnika u svom svakodnevnom radu koristi računar. Informacioni sistem Poreske uprave je dosta kompleksan, razvijen na različitim operativnim sistemima (Windows i Unix), kao i različitim programskim platformama (Foxpro, Cliper, Visual Basic 6.0, Microsoft Office Access, ASP.Net, PHP). Zaposleni u svom radu koriste *Microsoft Office Word* pišući različite zapisnike i rešenja, *Microsoft Office Excel* za popunjavanje različitih tabela, *Microsoft Office Outlook Express* za primanje i slanje elektronske pošte kao i različite WEB pretraživače.

Postoji više WEB portala kojima pristupaju zaposleni u Poreskoj upravi. Uglavnom su to interni portali na kojima se može pristupiti podacima dobijenim od Ministarstva unutrašnjih poslova (podaci o adresama i JMBG državljana Republike Srbije), Narodne banke Srbije (podaci o registru imalaca računa i dužnika u prinudnoj naplati) i Agenciji za privrene registre (podaci o privrednim društvima i preduzetnicima na teritoriji Republike Srbija), kao i interne web aplikacije na kojima se može uraditi upit stanja duga za obveznike u čitavoj Srbiji (web aplikacija - Konsolid), prijava kvara (web aplikacija za prijavu kvarova na računarskoj opremi), pristup jedinstvenom registru poreskih obveznika (web sajt sa podacima poreskih obveznika u čitavoj Srbiji) i HelpDesk (web aplikacija koja predstavlja mehanizam pitanja-odgovori). U ovakvom informacionom sistemu, koji nije objedinjen i razvijen na jednoj sistemskoj i programskoj platformi, zaposleni u poreskoj upravi često nailaze na probleme koji otežavaju korišćenje samog informacionog sistema. U vezi tih problema, radi njihovog bržeg prijavljivanja i otklanjanja istih, postavljena je web aplikacija HelpDesk, koja predstavlja web mehanizam pitanje-odgovor, pomoću kojeg će se postavljati pitanja i na ta pitanja, u što kraćem vremenskom periodu, dobijati odgovori.

HelpDesk sistemi se uglavnom koriste u organizacijama sa velikim brojem korisnika u odnosu na one koji su vezani za samo sprovođenje tehničke podrške, a kao takav je i sistem poreske uprave. Iako na raspolaganju postoji više alata koji su vezani za HelpDesk, mnogi od tih alata su komercijalni. Postoji manji broj besplatnih alata koji su veoma slični u pristupima i mogućnostima sa komercijalnim alatima vezanih za HelpDesk. Glavne

razlike su u izgledu i razvojnom statusu. Izbor poreske uprave je bio proizvod OneOrZero kompanije (koji se distribuira pod General Public License ili GPL licencom). To je web bazirani HelpDesk sistem zasnovan na verziju v1.4 RC2 Red Lava, koji uključuje PHP, JavaScript i MySQL. Dizajniran je na takav način da bude potpuno prilagodljiv potrebama samih korisnika.



Slika 2 Hijerarhija korisnika help desk sistema

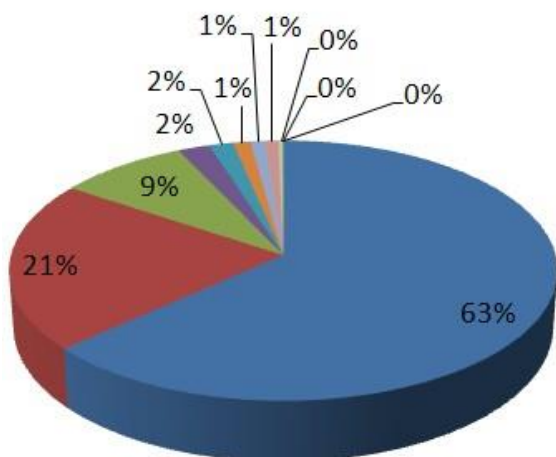
Napravljene su potrebne izmene OSD-a (on-screen display) od strane programera u poreskoj upravi, čime je proizvod potpuno prilagođen u cilju odgovarajućih potreba korisnika u okviru poreske uprave, zbog čega se ova verzija razlikuje od prvobitne *OneOrZero* verzije. HelpDesk poreske uprave uveden je u upotrebu krajem 2004.godine. Web aplikacija je instalirana na Apache - serveru u centrali Poreske uprave (<http://10.1.6.12/helpdesk/>) gde se nalazi i tim za korisničku podršku. Ovo je OpenSource web aplikacija, gde infrastruktura HelpDesk-a treba da omogući svojim korisnicima dobijanje podrške za probleme na koje se naiđe, na takav način da se za isti postavlja pitanje ili pristupa bazi znanja ili bazi najčešće postavljenih pitanja. Sve vrste pitanja koja se odnose na HelpDesk (tj. probleme vezane za aplikacije koje se koriste u poreskoj upravi, pitanja vezana za računarsku mrežu, pa čak i pitanja vezana za sistem i zakone koji se primenjuju u poreskoj upravi, itd..) mogu biti postavljena od strane korisnika, a adekvatan odgovor je vraćen od tima za podršku. HelpDesk - ekspert, koji je deo tima za podršku, će se pobrinuti za uputstva u vezi nastalog problema, kao i kontrole vezane za efikasnost predloženog uputstva za rešenje problema.

### MEHANIZAM HELPDESK-A PITANJE-ODGOVOR

HelpDesk u poreskoj upravi funkcioniše na principu korisnik postavlja pitanje - konkretan odgovor eksperta. Korisnik prijavljuje problem ili postavlja pitanje popunjavanjem zahteva na web aplikaciji HelpDeska poreske uprave i taj zahtev će imati jedinstvenu brojanu vrednost ili referencu. Zahtev u tom trenutku ima status „Otvoren“ i zadržava status dok ne bude dodeljen nekom ekspertskom timu na rešavanje. Prilikom popunjavanja zahteva, problem treba klasifikovati unutar ekspertske grupe, kao i nivoa na kojem će problem biti rešavan. Ovakva klasifikacija problema nije konačna i može se promeniti u ekspertkom nivou, ali bi trebalo da pomogne

u bržem rešavanju problema, slanjem istog konkretnom ekspertskom timu, koji će se pobrinuti za rešenje tekućeg problema.

- U prvom satu
- U drugom satu
- U trećem satu
- U četvrtom satu
- U petom satu
- U šestom satu
- U sedmom satu
- U osmom satu
- U narednom danu
- U toku nedelje
- Više od navedenog



Slika 3 Uvođenjem HelpDeska dve trećine zahteva klijenata rešava se već u prvom satu nakon prijave

Eksperti koji odgovaraju na njima upućen zahtev, mogu izvršiti dodatnu klasifikaciju na druge ekspertске grupe ili promeniti nivo rešavanja problema, ako smatraju da prvobitna klasifikacija od strane korisnika ili eksperta nije pravilno urađena. U slučaju da na isti zahtev mogu da odgovore nekoliko eksperta, koji pripadaju istoj ekspertskoj grupi, on se dodeljuje ekspertu koji ima manji broj dodeljenih zahteva, koji imaju status „Rešava se“. Ipak, zahtev se može rasporediti, u bilo kom trenutku, bilo kom ekspertu iz ekspertске grupe nezavisno od broja dodeljenih zahteva, bez obzira na njihov status.

Kada ekspert odgovori na dobijeni zahtev, prevodi ga u status „Rešen“, i time pokreće mehanizam kojim će korisnik koji je prijavio taj problem biti obavešten da je dobio odgovor i moguće rešenje izloženog problema. Ekspert, uz poštovanje određenih kriterijuma (koliko je od značaja za ostale korisnike postavljeni problem, njegova učestalost, broj zahteva upućenih za isti problem itd...) upisuje rešenje za izloženi problem u bazu znanja, kako bi bio dostupan za sve korisnike.

### HELPDESK -BAZA ZNANJA

Baza znanja je baza podataka koja sadrži klasirane probleme prijavljene od strane korisnika sa datim odgovarajućim rešenjima. Baza znanja nije klasičan FAQ (Frequently asked questions) u smislu da se u bazi znanja postavljaju samo najčešće postavljena pitanja, već bi samo pitanje trebalo da ide u bazu znanja, i ako ekspert smatra da bi isto moglo biti od opšteg interesa. Ovo omogućava korisnicima da smanje potrebu stvaranja

zahteva, već da rešenje problema potraže posetom same baze znanja.

### HELPDESK –MERLJIV BENEFIT

Primena ovako struktuiranog i organizovanog HelpDesk sistema donela je značajno povećanje efikasnosti rada: već se u prvom satu, Slika 3, rešavaju se dve trećine zahteva, u prva dva sata 85%, a u prva 3 sata 94%.

Na ovaj način izdvojeni su najkopleksniji zahtevi, za čije razrešenje treba uključiti spoljne saradnike ili za čije se razrešenje zahteva posebna oprema. Na ovaj način, ovako filtrirani zahtevi postaju bitni polazni elementi za izradu plana rizika i daljeg poboljšanja efikasnosti, pouzdanosti i održivosti poslovnog sistema.

### 3. HELPDESK KOMERCIJALNE NAMENE

Pored besplatnih alata vezanih za pružanje usluga u okviru HelpDesk-a i koji se uglavnom distribuiraju pod GPL licencom (General Public License), postoje i komercijalni alati, koji naplaćuju uslugu korišćenja svojih alata. Korišćenjem ovakvih alata, ne mora da se razmišlja o serveru, programerima, kao i razvoju samih alata, već plaćanjem pretplate postaje se korisnik istih. Komercijalni alati vezani za pružanje usluga na HelpDesk-u, a koji postoje trenutno na tržištu, su veoma slični u svojim pristupima i mogućnostima. Glavne razlike su u izgledu i razvojnom statusu i uglavnom su web bazirani. Korisniku ovakvih alata ostaje da odredi svoje korisnike koji će postavljati pitanja-zahteve i eksperte koji će odgovarati na iste. Bez obzira da li je HelpDesk komercijalni ili besplatan, on predstavlja jednu zatvorenu društvenu mrežu, gde se usluge HelpDeska pružaju samo korisnicima koji su povezani nekim interesom ili međuzavisnostima sa onima koji tu uslugu pružaju, gde je informacija i vreme za koje se dobija ista jedino merilo vrednosti, dostupna 24 časa 7 dana u nedelji.

Postoji više web aplikacija HelpDesk-a koje dostupne različitim korisnicima, gde se za njihovo korišćenje plaća godišnja ili mesečna pretplata. Pretplata ili cena određenog paketa, zavisi od načina korišćenja web aplikacije HelpDesk-a, od broja korisnika koje podržava HelpDesk, korišćenje usluga virtuelnih timova koji su u ponudi HelpDesk-a ili korišćenje svojih eksperata, korišćenje usluga SMS-a, MMS-a ili konferencijskih veza, odziv u nekom vremenskom periodu (4h,12h,24h), telefonska podrška, ugovoreni broj časova mesečno, kao i drugih usluga koje su van standardnog paketa usluga HelpDesk-a. Primeri ovakvih web aplikacija HelpDesk-a su: DeskPRO, Desk, Web HelpDesk, ServiceDesk Plus itd.

U zavisnosti od količine novca koju može da izdvoji, kao i vrste usluga koja je datoj organizaciji-preduzeću potrebna, obezbeđuje se adekvatna podrška i usluge kroz sistem HelpDesk-a kao što su *sistemska podrška, tehnička podrška i servis*.

Sistemska podrška osigurava se kroz redovno nadgledanje, praćenje i podešavanje ključnih parametara informacionog sistema, kako bi on bio siguran i dostupan onda kada je korisniku i potreban. Faktorima koji su bitni za normalno funkcionisanje informacionog sistema su:

- *upravljanje incidentima*- Incident je svaki slučaj koji nije deo standardnog operativnog procesa, a koji uzrokuje ili bi mogao da uzrokuje prekid, usporenje ili ometanje rada sistema. Upravljanje incidentima objedinjuje postupke ponovnog uspostavljanja dostupnosti usluga informacionog sistema u što kraćem roku i uz što manji uticaj na poslovne procese organizacije ili preduzeća.
- *upravljanje problemima*- Problem je nepoznati uzrok jednog ili više incidenata. Pomoću procesa upravljanja problemima pronalazi se izvorni problem koji uzrokuje incidente i preduzima se uklanjanje tog problema
- *upravljanje promenama*- Promene u sistemu nastaju kao rezultat rešavanja problema ili kao posledica proaktivnog traženja poboljšanja poslovnih efekata kao što su smanjenje troškova ili poboljšanje usluga. Upravljanje promenama u informacionom sistemu je nužno kako bi se promene uvele sa minimalnim uticajem na poslovne procese
- *upravljanje konfiguracijama*- Kako bi bila delotvorna i efikasna, svaka organizacija mora da kontroliše IT infrastrukturu i usluge. Upravljanje konfiguracijama daje logički model infrastrukture i usluga. Tačna i opsežna informacija o svim instaliranim komponentama sistema osnova je brzog i kvalitetnog rešavanja problema i uvođenja novih komponenti u sistem

Prilikom odabira podrške, komercijalni sistemi HelpDesk-a, nude *reaktivni i proaktivni* nivo i način systemske podrške.

Reaktivna podrška je najvažniji proces za osiguranje dostupnosti usluga informacionog sistema nakon izbijanja incidenta. Sastoji se od dve komponente:

- Rešavanja incidenata (*Incident resolution*) ima za primarni cilj rešavanje incidenata osiguranja normalnog rada sistema kod neplaniranih situacija (prekida, usporenja ili drugih anomalija u radu sistema) - što je brže moguće i uz minimalni uticaj na poslovne procese.
- Rešavanje problema (*Problem management*) ima za cilj rešavanje problema ima za cilj da otkloni uzroke incidenata i da se osigura da se ti incidenti u budućnosti više ne ponove. Nakon rešavanja problema, uloga postupka upravljanja problemima je da dokumentuje problem i rešenje i da ga tako pretvori u poznati problem koji se može efikasno kontrolisati postupcima proaktivne podrške.

Procesi *proaktivnog sistema* uključuju sve procese potrebne da se osiguraju optimalne performanse sistema i omogućiti nesmetan rad. Proaktivna podrška uključuje i nadogradnju informacionog sistema svim potrebnim sigurnosnim ispravkama (Patch Management) koja osigurava otklanjanje poznatih problema.

*Proaktivnom podrškom*, u unapred definisanom periodu, kontrolišu se svi elementi informacionog sistema i po potrebi sprovode korekcije i/ili prilagođavanja pojedinih elemenata i parametara informacionog sistema. Cilj

proaktivne podrške je blagovremeno uočavanje i otklanjanje sitnijih nedostataka pre nego što oni pređu u ozbiljan incident i ugroze rad dela ili celokupnog sistema. Tehnička podrška se kroz komercijalni sistem HelpDesk-a obezbeđuje korisniku na sledeće načine:

- **Dolaskom na lokaciju korisnika**- Ako problem ne može da se reši podrškom iz Help Deska, ovlašćena stručna osoba odlazi na lokaciju korisnika gde direktnom intervencijom otklanja uzroke problema. U podršci na terenu učestvuje i ugovorna servisna mreža koja osigurava reakciju na korisnikov poziv u najkraćem mogućem roku.
- **Izmeštanjem (Outsourcing)**- Kod klijenata koji imaju veći broj korisnika kojima je svakodnevno potrebna pomoć, osigurava stručnu osobu koja je, u punom radnom vremenu korisnika izmeštena na adresi klijenta, gde direktnom intervencijom rešava sve njegove zahteve za podršku.
- **Kroz pomoć u rukovanju opremom**- Pripremni deo pomoći u rukovanju opremom ostvaruje se organizacijom i sprovođenjem obrazovanja za upotrebu opreme i treningom rukovanja opremom za grupe korisnika.
- **Kroz ambulatno održavanje**- Terenski tehničari opremljeni su svim potrebnim alatima i priručnim zalihama rezervnih delova što im omogućava i obavljanje dela servisnih popravki opreme na lokaciji korisnika čime se otklanja potreba za dopremanjem opreme u servis i skraćuje vreme do popravke (MTTR) i ponovne uspostave pune funkcionalnosti opreme.

Servis pruža sledeće usluge:

- Održavanje i servisiranje opreme u garantnom roku
- Održavanje i servisiranje opreme van garantnog roka
- Unapređenje funkcionalnosti opreme

#### 4. TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA HELPDESK SISTEMA U PRAKSI

Organizaciji koja uvodi sistem HelpDesk-a, najvažniji faktor prilikom odabira između komercijalnog i besplatnog (GPL) HelpDesk-a, jeste trošak održavanja samog sistema HelpDesk-a.

##### **STRUKTRA TROŠKOVA**

Organizacija prilikom odabira sistema, sagledava *kratkoročne i dugoročne troškove* održavanja sistema HelpDesk-a.

##### **U kratkoročne troškove spadaju:**

- Nabavka servera za sistem HelpDesk-a ili zakup hosting-a i domena
- Troškovi angažovanja programera oko instalacije i podešavanja sistema HelpDesk-a
- Troškovi obuke za korisnike HelpDesk-a

##### **U dugoročne troškove ubrajamo:**

- Troškove angažovanja programera oko održavanja sistema HelpDesk-a
- Troškove zakupa postojećih rešenja sistema HelpDesk-a
- Troškove zakupa telekomunikacionih linkova za prenos podataka i određenog kapaciteta



- Troškove obnavljanja opreme

### **TROŠKOVI INFRASTRUKTURE**

Nekomercijalni ili besplatni HelpDesk iziskuje kratkoročne troškove nabavke servera ili zakup hosting-a i domena, na koji će biti instaliran nekomercijalni sistem HelpDesk-a. Ukoliko se organizacija odluči za kupovinu servera, jer želi zakupom linija da uspostavi intranet mrežu, a u cilju podrške komunikaciji i pristupu informacijama, cena istih se kreće u rasponu od 1500.00€ do 5000.00€, dok zakup telekomunikacionih linija se kreće od 5000€ do 50000€ na godišnjem nivou. Ovakav pristup je vrlo skup, a intranet daje mogućnost da se lakše publikuju informacije neophodne za rad zaposlenih u okviru organizacije, pri čemu treba uspostaviti stroge sigurnosne zahteve, kako bi se sprečila njihova zloupotreba i neovlašćeno korišćenje. Takođe se mora kontrolisati i objavljivanje informacija, kako bi se sprečila nepreciznost i onemogućio protok neprikladnih informacija, što je za uloženi novac, previše detalja o kojima se mora voditi računa. Jedna od boljih opcija je zakup namenskih servera, oko 2000€ na godišnjem nivou, čime se organizacija oslobađa značajnog dela početnih troškova investicija u hardver i mrežnu infrastrukturu, a ogromna ušteda je i zbog toga što se ne ulaže u obnavljanje opreme. Zakup hosting-a, u zavisnosti od prostora od 50MB-500MB kreće se u proseku od 45€ do 85€ na godišnjem nivou, zakup domena oko 15€ na godišnjem nivou. Pojavom Cloud servera dosta su sniženi početni troškovi, jer zakup na mesečnom nivou iznosi oko 100€, a samo nekoliko klikova je dovoljno da Cloud server postane aktivan i dostupan za postavljanje web aplikacija, FTP itd. Cloud server baziran na aplikaciji Wordpress, Joomla, Drupal ili PHPlist u proseku košta na mesečnom nivou oko 13€ do 35€ i čini dugoročne troškove organizacije, dok za Setup servera, koji podrazumeva inicijalnu instalaciju operativnog sistema iznosi oko 25€ i čini kratkoročne troškove organizacije. Cloud omogućava da organizacija u svakom trenutku može samostalno da poveća ili smanji hardverske resurse, određene servise ili softvere, tako da plaća samo ono što koristi. Poreska uprava je donacijom Evropske unije dobila oko 300 servera, tipa Triton koji su dislocirani po organizacionim jedinicama na teritoriji Srbije. Ukoliko bi se uzela prosečna vrednost od 1300€ po serveru, to bi bio veći kratkoročni trošak, uloženi u opremu, za bilo koju organizaciju koja posluje pod trenutnim uslovima u Srbiji, dok bi održavanje i moguća nadogradnja istih bila uračunata i planirana u dugoročnim troškovima, koji bi po serveru iznosili oko 50€ na godišnjem nivou.

Troškovi prilagođavanja aplikacije samim korisnicima HelpDesk-a, kreću se od zavisnosti da li organizacija u svom sastavu ima programere ili će iste angažovati za prilagođavanje web aplikacije potrebama organizacije, kao i kasniju instalaciju. Ukoliko organizacija posuđuje programere koji poseduju potrebna znanja za modifikaciju i instaliranje HelpDesk-a, kratkoročni troškovi za ovu stavku ne postoje, jer ulaze u redovne troškove organizacije za isplatu ličnog dohodka zaposlenih. Jedna od lošijih opcija, ali ako je organizacija primorana, je angažovanje programera iz drugih organizacija na određeno vreme, što može izazvati veće kratkoročne

troškove, ako se ima u vidu da je sat angažovanja programera bruto od 9€ do 28€ po času. Poreska uprava u svom sektoru za razvoj i računarsku podršku poseduje kvalifikovane programere za modifikaciju, instalaciju i održavanje sistema HelpDesk-a, gde njihovo angažovanje ne iziskuje dodatne troškove po samu organizaciju.

### **TROŠKOVI OBUKE I UVOĐENJA**

Obuka za rad na HelpDesk-u je veoma važna za korisnike, jer isti stiču potrebne veštine u korišćenju samog HelpDesk-a. Sama obuka zahteva odsustvovanje radnika sa radnih zadataka iz organizaciji, čime se remeti nesmetani rad i plan organizacije i prouzrokuju kratkoročni troškovi. U zavisnosti od broja polaznika, zavisni i visina troškova obuke, odnosno što je više polaznika veći su i troškovi. Troškovi obuke za jednu organizaciju, koja se bavi administrativnim poslovima košta u proseku oko 30€ dnevno. Obuka se može sprovesti na više načina, a obuku koja je najrentabilnija po samu organizaciju, je da se u okviru organizacije odabere manja grupa korisnika, najčešće su to IT administratori, koji će posle završene obuke biti predavači ostalim korisnicima HelpDesk-a. Ovak način obuke neće uticati na rad date organizacije, odnosno manje ljudi će iz organizacije odsustvovati sa svojih radnih zadataka, a obuku za korišćenje HelpDesk-a predavača se mogu sprovesti i u toku radnog vremena, čime će se znatno smanjiti troškovi obuke.

### **TROŠKOVI EKSPLOATACIJE**

Dugoročni troškovi kod nekomercijalnog HelpDesk-a, iziskuju unapred planiranje ljudskih i materijalnih resursa u cilju angažovanja programera oko održavanja sistema HelpDesk-a, zakup telekomunikacionih linkova za prenos podataka određenog kapaciteta, kao i obnavljanja opreme.

Dugoročni troškovi su niži od kratkoročnih troškova jer se:

- unapred planira i ravnomerno sprovodi plan obnavljanja opreme u narednim periodima
- zakup linkova se sprovodi na godišnjem nivou jer je jeftiniji od mesečnog nivoa
- programeri se angažovanja na modifikaciji aplikacije u toku radnog vremena, ne iziskuje se prekovremeni rad
- Manji je broj polaznika obuke za korisnike HelpDesk i obuka se sprovodi u toku radnog vremena.

Kod komercijalnog HelpDesk-a kratkoročni troškovi su manji u odnosu na besplatna rešenja sistema HelpDesk-a, osim ako organizacija ne poseduje računare i računarsku mrežu ili telekomunikacione linkove za prenos podataka koji iziskuju troškove kratkoročnih ulaganja. Zakupom sistema HelpDesk-a ili komercijalnog sistema HelpDesk-a, organizacija koja koristi usluge istih, ne snosi troškove oko nabavke servera, zakupa hosting-a i domena, ne snosi troškove angažovanja programera, već samo troškove obuke za korišćenje datog HelpDesk-a. Planiranjem obuke i sprovođenjem iste na manjem broju polaznika, organizacija smanjuje kratkoročne troškove, koji bitno ne utiču na njeno dalje poslovanje. Dugoročni troškovi komercijalnog HelpDesk-a podrazumevaju plaćanje

mesečne ili godišnje pretplate za korišćenje gotovog rešenja sistema HelpDesk-a, ali ne i ulaganja u računarsku opremu, server, kao i dodatno angažovanje programera za modifikaciju i održavanje sistema HelpDesk-a.

### **TROŠKOVI – KLJUČNE PORUKE**

Korišćenjem komercijalnog sistema HelpDesk-a organizacija umanjuje kratkoročne i dugoročne troškove, pri čemu je mogućnost modifikacije i prilagođavanja sistema svedena na minimum. Ukoliko je modifikacija postojećeg rešenja sistema HelpDesk-a moguća, sami troškovi su preveliki. Iz tog razloga, odgovorni ljudi u organizaciji za uvođenje sistema HelpDesk-a, moraju dobro sagledati sve ponude proizvođača gotovih rešenja sistema HelpDesk-a i odabrati sistem koji je najviše prilagođen radu i potrebama same organizacije.

U zavisnosti od ljudskih resursa i materijalnih sredstava, kratkoročnih i dugoročnih troškova, potrebnih usluga, kao i broja korisnika, svaka organizacija, određuje da li će u organizaciji uvesti komercijalni ili nekomercijalni HelpDesk.

### **5. ZAKLJUČAK**

Rad u u bilo kojoj organizacija teško je zamisliti bez primene IT tehnologija, čije poznavanje i stalno usavršavanje ubrzava i olakšava rad zaposlenima. Upravo u ovakvim organizacijama potreban je sistem HelpDesk-a, koji će aktivno pratiti i odgovarati na incidente, koji ometaju rad same organizacije, kao i delovati proaktivno sprovodeći preventivne mere u spečavanju incidenata. Sam HelpDesk, ne mora da pruža samo IT usluge, već će se angažovanjem eksperata iz različitih oblasti pružati i druge usluge vezane za rad organizacije, čime će se rad u istoj učiniti još efikasnijim. Pored pružanja kvalitetne podrške sistemom HelpDesk-a, korisnicima se pruža mogućnost korišćenja baze znanja na HelpDesk-u, kao i njihovo direktno učešće u otklanjanju incidenata, podižući na taj način veštine i znanje samih korisnika. Čelni ljudi u organizacijama, moraju prepoznati značaj uvođenja sistema HelpDesk-a, bez obzira da li je on komercijalan ili sa GPL licencom, pružajući time adekvatnu podršku svojim radnicima, a samim tim efikasniji i produktivniji rad u oraganizaciji.

Ukoliko se čelni ljudi u organizaciji odluče za uvođenje sistema HelpDesk-a, potrebno je sagledati više dostupnih opcija ovakvih sistema, sagledati mogućnosti organizacije u vidu materijalnih i ljudskih resursa, troškove uvođenja i održavanja, kao i sagledavanje usluge koje se pružaju korisniku HelpDesk-a. U odabiru, težiti ka sistemu HelpDesk-a koje je najviše prilagođeno potrebama i radu same organizacije, sa tendencijama minimalnih izmena istog. Tako izabran HelpDesk osigurava njegovu osnovnu namenu i obezbeđuje pružanje usluge korisnicima na najvišem nivou.

Način na koji funkcioniše HelpDesk, omogućava stvaranje virtualnih timova, tako da članovi mogu biti fizički razdvojeni, a da postižu zajedničke ciljeve. Ovakav način funkcionisanja omogućava angažovanje najboljih stručnjaka iz različitih oblasti, bez obzira na geografsku udaljenost, kao i vremenski uslovljen rad, pružajući usluge 24 časa 7 dana u nedelji. Informacija i vreme za

koje se ista dobija, predstavlja jedino merilo vrednosti svakog člana virtuelnog tima na sistemu HelpDesk-a.

HelpDesk [5] ima šire značenje i upotrebu u svakodnevnom životu, jer pored pružanja IT usluga pojedincima i organizacijama, sve je više HelpDesk zastupljen i kod proizvođača ili prodavaca različitih proizvoda, nudeći pružanje usluge uz sam proizvod, u vidu podrške kupcima putem besplatnih saveta o korišćenju samih proizvoda, njihovom održavanju, kao i otklanjanje manjih kvarova na istom. Ovako prodavani proizvodi, ulivaju poverenje kupcima i češće su kupovani, dok sami proizvođači imaju povratnu informaciju o samom kvalitetu proizvoda, i iste koriste u otkaljanju nedostataka na trenutnim proizvodima ili u razvijanju novih savršenijih generacija proizvoda.

Sagledavanjem kratkoročnih i dugoročnih troškova prilikom uvođenja i održavanja sistema HelpDesk-a, dolazi se do zaključka da je po pitanju troškova mnogo isplativije uvesti komercijalni HelpDesk. Prilikom uvođenja HelpDesk-a sa GPL licencom, organizacija snosi troškove oko nabavke servera, zakupa hosting-a i domena, snosi troškove angažovanja programera, a kasnije i troškove održavanja istog. Uvođenje komercijalnog HelpDesk-a iziskuje troškove obuke za korišćenje datog HelpDesk-a i troškove zakupa telekomunikacionih linkova za prenos podataka, što je daleko manje od troškova koje prouzrokuje HelpDesk-a sa GPL licencom. Po pitanju prednosti i mana komercijalni HelpDesk je daleko naprednije rešenje od HelpDesk-a sa GPL licencom i to u pogledu većih mogućnosti uspostavljanja komunikacije između korisnika i eksperta, u dostupnosti korisnicima sistema HelpDesk-a (24 časa 7 dana u nedelji), kao i u pogledu statističkih izveštaja koji su dostupni nakon analize parametara sistema HelpDesk-a. Unapređenje sistema, čija je komponenta HelpDesk, moguće je izvršiti primenom inteligentnih tehnika, baziranih na znanju [6].

### **LITERATURA**

- [1] Atanasijevic, S. 2012. *Upravljanje it servisima prema ITSM principima*, Skripta, Visoka Tehnička Škola, Kragujevac, 2012.
- [2] Begović, B. 2013. *Help Desk Poreske uprave*. Specijalistički rad, Visoka Tehnička Škola, Kragujevac, 2013.
- [3] Roth-Berghofer, T. R. 2004. *Learning from HOMER, a case-based help desk support system*. In *Advances in Learning Software Organizations* (pp. 88-97). Springer Berlin Heidelberg.
- [4] Knapp, D. (2013). *A guide to service desk concepts*. Cengage Learning.
- [5] Stankić R, Milićević V, Popović M, Savić Z. 2011. *Contribution to Intelligent System for Automatic Management of Business Rules Development*, TTEM vol. 7/1 str. 163-168.

# RAZLIČITI ASPEKTI UPOTREBE ICT U OBRAZOVANJU ODRASLIH

## DIFFERENT ASPECTS OF ICT USE IN ADULT EDUCATION

Dušanka Milanov<sup>1</sup>, Radoslav Radojević<sup>2</sup>

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin<sup>1</sup>

Tehnicom Computers<sup>2</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu je biti opisan potencijal i mogući nastup upotrebe informaciono-komunikacionih tehnologija u obrazovanju odraslih i celoživotnom učenju kroz posmatranje različitih aspekata i faktora koji mogu uticati na uspešnost učenja.

**Abstract** - This paper describes the potential and possibilities of information and communication technology use in adult education and lifelong learning, by observing different aspects and factors that can influence on success of learning.

### 1. UVOD

Upotreba savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija (ICT) danas je jedan od glavnih alata za sticanje znanja i učenja u svim starosnim dobima.

Prema [5], ekonomija bazirana na znanju temelji se na sledećem:

- Ekonomskom i institucionalnom režimu koji će podržati njen razvoj i podstaći efikasnu upotrebu postojećeg i novog znanja;
- Obrazovanoj i obučenoj populaciji koja je sposobna da kreira, deli i efikasno koristi znanje;
- Dinamičnoj informacionoj infrastrukturi koja će podržati efektivnu komunikaciju, diseminaciju i obradu informacija;
- Efikasnom sistemu kompanija, istraživačkih centara, univerziteta i drugih organizacija koje će usvojiti novo znanje i tehnologije i prilagoditi ih lokalnim potrebama.

Može se zaključiti da je korišćenje ICT neophodno da bi se odgovorilo zahtevima nove ekonomije, posebno u edukaciji njene pokretne snage – ovek.

Upotreba ICT može olakšati učenje i značajno povećati dostupnost informacija, omogućiti kolaborativno učenje i obezbediti brzu komunikaciju, i na taj način menjati odnos između nastavnika i studenta. To ne znači da će samo korišćenje kompjutera u procesu učenja obezbediti ova poboljšanja, već je neophodno definisati platformu i okvire u kojima će se ICT koristiti na takav način da najefikasnije obuhvati sve komponente učenja. U radu će dalje biti razmatran značaj obrazovanja i usavršavanja odraslih uz pomoć informaciono-komunikacionih tehnologija.

### 2. POJAM OBRAZOVANJA ODRASLIH

Stvaranje globalnog ekonomskog tržišta nametnulo je zemljama potrebu za povećanjem sveukupnih nacionalnih performansi. Pri podizanju nivoa edukativnih postignuća i performansi stanovništva posebna pažnja se posvećuje onima sa najslabijim postignućima i najnižim nivoima kvalifikacije, jer to su grupe koje će napredovanje najviše značiti za porast prosečnih performansi na nacionalnom nivou jedne zemlje.

Strategije koje se razvijaju za ove grupe stanovništva imaju poseban značaj za dve grupe izvan tradicionalnog obrazovnog sistema (formalnog školovanja): mlade koji nemaju završeno sekundarno obrazovanje i nekvalifikovane odrasle osobe. Pritisak za razvijanje ovih strategija je veoma jak u današnje vreme i pojačava se dok se države bore na globalnom ekonomskom tržištu sa "ljudskim kapitalom", odnosno kvalitetom njihovog stanovništva u smislu stepena obrazovanja, kao glavnim sredstvom. Politici razlozi sa jedne strane propagiraju jednakost i pravo na obrazovanje za sve ljude jedne zemlje, dok ekonomski sa druge strane zahtevaju povećanje u inku kroz poboljšanje veština postojeće radne snage. Ovime profesionalno usavršavanje postaje veoma važan deo obrazovanja odraslih.

Poboljšanje nivoa stručnosti i veština odrasle populacije i stvaranje bolje prilike za učenje važno je sa aspekta povećanja efikasnosti i jednakosti, da bi se stvorili bolji radnici, informisaniji i aktivniji građani, i zadovoljniji ljudi. Izazovi sa kojima se većina zemalja danas suočava – omogućevanje ekonomskog rasta, konkurentnosti i socijalne uključenosti – izmeću ostalih zavise i od obrazovanja i stručnosti kao kritičnih faktora. Ipak, obrazovanje odraslih još uvek nema pažnju koju zaslužuje u smislu rasprostranjenosti, prioriteta i resursa.

Prema [1], obrazovanje odraslih obuhvata sve naivne učenike koji su napustili formalno obrazovanje u bilo kom stadijumu; učenje u ličnim, građanskim i socijalnim svrhama, kao i u svrhu zapošljavanja. Ono se može odvijati u okviru formalnog obrazovanja ili u drugim okruženjima. Obrazovanje odraslih se danas rapidno razvija sa ciljem da:

- Obezbedi drugu šansu za školovanje onih koji su rano napustili školu i ne poseduju nikakve kvalifikacije;
- Podigne nivo stručnosti radne snage, posebno onih sa najnižim kvalifikacijama;
- Smanji siromaštvo i socijalno isključenost marginalizovanih grupa;
- Poveća participaciju u celoživotnom učenju.

Neophodno je stvoriti efikasan i visoko kvalitetan sektor obrazovanja odraslih da bi se prethodno navedeni ciljevi postigli. Pri tome treba obratiti pažnju na slede e:

- Poboľjšati pripremu i efikasnost kadrova koji e obu avati u enike;
- Omogu iti postizanje kvalifikacije koja je bar za jedan nivo viša od postoje e;
- Analizirati efekte reformi koje se sprovode u obrazovanju na edukaciju odraslih;
- Priznati neformalno obrazovanje kada su u pitanju marginalizovane grupe;
- Poboľjšati pra enje i kontrolu ovog obrazovanja.

Obrazovanje odraslih može obuhvatati razli ite aktivnosti, ali se u ovom radu akcenat stavlja na upotrebu informaciono-komunikacionih tehnologija u obrazovanju i profesionalnom usavršavanju.

### 3. PRIMENA ICT U OBRAZOVANJU ODRASLIH

Napredak nauke i tehnologije, posebno informaciono-komunikacione, nametnule su ve a o ekivanja od obrazovnih institucija i škola koje trebaju biti prethodnica za stvaranje “društva baziranog na znanju”. ICT su definisale na in na koji moderno društvo funkcioniše i jedne su od njegovih najvažnijih karakteristika. ICT su danas uklju ene u sve aspekte ljudskih aktivnosti i na taj na in je stvoreno novo “informaciono društvo” u kome informacije i njihova razmena upotrebom novih tehnologija ine osnove moderne komunikacije.

ICT u obrazovanju treba da omogu i inovacije nastavnih metoda i upravljanja kroz restrukturiranje sistema i raznolikost na ina u enja i prakse. Konstantni tehnološki napredak zahteva angažovanje svih u esnika obrazovanja kako bi se uspešno prilago avali promenama u društvu i okruženju. Taj zajedni ki rad treba da ima za rezultat pove anje efikasnosti i produktivnosti, kao i celokupno unapre enje obrazovanja. Neki od ciljeva upotrebe ICT u nastavnom procesu mogu biti:

- Poja avanje pristupa u enju gde je u enik u centru procesa u enja,
- Pomeranje na formu u enja koja je više interaktivna i koja više uklju uje u enike više od tradicionalnih formi,
- Pove anje komunikacije na svim nivoima,
- Pove avanje motivacije za u enjem,
- Pove avanje pristupa raznim izvorima i resursima potrebnim za u enje,
- Olakšavanje i pojednostavljuvanje procesa u enja uklju uju i audio, vizuelne, grafi ke, tekstualne i prostorne komponente,
- Pomeranje u enja u kontekst zabavnog i igranja, a ne memorisanja informacija i napornog u enja.

Zemlje u razvoju prepoznale su još 90tih godina važnost primene ICT u sektoru obrazovanja i ono je poslednje dve decenije postalo nezaobilazan alat za sticanje novih

znanja u obaveznom obrazovanju. U novije vreme, pažnja se usmerila i na obrazovanje odraslih, kada je postalo jasno da se može ponuditi veliki raspon mogu nosti za u enje razli itim grupama u enika. Tako e, informati ka pismenost postala je neophodna za rad u modernom društvu, pa se veliki zna aj pridaje ovom jedinstvenom “opismenjavanju” starijih radnika.

U ve ini zemalja u razvoju, centralni deo edukativne politike su pokušaji da se ohrabri puna efektivna participacija razli itih grupa u obrazovanju odraslih, pod parolama “stvaranje pametnih zemalja i društva znanja”. ICT se propagira kao sredstvo za pove anje socijalne inkluzije gra ana i smanjenja stope siromaštva. Odjednom, ICT je postao lek za sve probleme modernog društva iako ne može u potpunosti da savlada uticaj socijalno-ekonomskih, kulturnih i politiki kih faktora koji tako e oblikuju obrazovanje odraslih.

### 4. RAZLI ITI ASPEKTI UPOTREBE ICT U OBRAZOVANJU ODRASLIH

Razli ite upotrebe ICT-a mogu se grupisati u slede e kategorije obrazovanja odraslih:

- Osnovno obrazovanje odraslih – uklju uje pismenost, osnovne ICT veštine i druge mogu nosti koje pruža mnoštvo javnih, privatnih i neprofitnih institucija;
- Stru no obrazovanje, i
- Profesionalno usavršavanje.

Upotreba ICT je do odre ene mere usvojena u svakoj od pomenutih kategorija ali najve i uspeh je postignut u korporativnom sektoru (profesionalnom usavršavanju) i u pojedinim institucijama srednjeg i višeg obrazovanja. Najve i ideo koriš enja ovih tehnologija u obrazovanju odraslih je upravo za razvoj informati kih veština više nego za približavanje drugih na ina u enja.

U skorije vreme, ve ina evropskih zemalja uvela je virtualne centre za obrazovanje odraslih odnosno “ta ke pristupa” za koriš enje ICT, ine i ih tako dostupnijim za ve i broj ljudi. Mnogi od ovih centara nude mogu nost online nastave odnosno u enje na daljinu, pružaju i polaznicima mogu nost za savladavanje gradiva kada i kako njima odgovara. Elektronsko u enje je veoma prisutno u stru nom obrazovanju i širom Evrope postoje uspešni primeri ovakve nastave. Ipak, istraživanja me u studentima pokazuju da se ovaj vid nastave više koristi da poboľjša u enje za ve postoje e (tradicionalne) studente nego da pridobije nove.

Korporativni sektor je danas najinovativniji i samim tim i najve e tržište za e-u enje i primenu ICT. Ovaj vid u enja se ovde javlja u vidu kratkotrajnih kurseva, odgovora na specifi na pitanja pa ak i pune MBA programe (Master of Business Administration odn. Master studije poslovne administracije). Ve ina kompanija transformisala je puko sakupljanje i transfer informacija u potpuniji proces u koji su uklju eni i zaposleni i kompanija, i integrisala u enje u svoju poslovnu strategiju.

Razvoj ICT je u mnogim zemljama postao prioritet kada je obrazovanje odraslih dobilo na značaj. Smatra se da efektivno iskorištavanje ICT u velikoj mjeri može pomoći u postizanju ekonomskog razvoja i konkurentnosti na tržištu, kroz npr. razvijanje informatičke pismenosti i vještina. Ipak, treba analizirati prepreke koje se mogu javiti, nejednaku participaciju u obrazovanju odraslih, kao i mogući pristup i korištenje ICT da bi se sagledale sve moguće prednosti i ograničenja.

#### **4.1. Nejednaka participacija u obrazovanju odraslih**

Iako postoji značajna podrška javnog i privatnog sektora kada je u pitanju obrazovanje odraslih, postoje prepreke i nejednako ostvarenje socijalnih grupa koje može varirati u zavisnosti od godišta, zanimanja, zaposlenosti, troškova i koristi koje pruža usavršavanje i edukativnih postignuća. Rezultati pokazuju da razlike u participaciji postoje u zavisnosti od:

- Prethodnih edukativnih postignuća – ljudi sa završenim višim stepenom obrazovanja češće nastavljaju da uče,
- Statusa zaposlenosti – zaposleni se češće usavršavaju,
- Zanimanja,
- Nacionalnosti,
- Godišta – ljudi starosti ispod 40 godina i oni koji žive u urbanim sredinama češće se odlučuju na usavršavanje.

Među ovim faktorima, prethodno stećeni nivo obrazovanja je jedan od najvažnijih što se objašnjava time da su obrazovaniji ljudi na radnim mestima koja zahtevaju usavršavanje i stoga oni imaju veću šansu za dalju obuku tj. obrazovanje im je dostupnije. U većini evropskih zemalja, profesionalno usavršavanje ima udeo od skoro 50% u obrazovanju odraslih. Zaključak je da su kompanije danas jedan od glavnih katalizatora za mogući edukacije pri čemu su najaktivniji zaposleni na visokim pozicijama i u preduzeća koja uvode inovacije u poslovanju.

Sa druge strane, ljudi sa niskim kvalifikacijama starosti preko 40 godina, sa niskim zaradama ili nezaposleni, nemaju mnogo prilike za usavršavanje. Mali procenat iz ove grupe koji se odlučuje na neku vrstu daljeg školovanja uglavnom je zainteresovan za generalne kurseve (npr. učenje jezika) a ne za profesionalno usavršavanje.

Način na koji ljudi uče može pojasniti mogući pristup ICT. Prema OECD-u (Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj), u većini zemalja je klasično učenje u školama i na radnom mestu još uvek najzastupljenije; tek u nekoliko zemalja se učenje na daljinu uspešno implementovalo ali i u ovim slučajevima čini ispod četvrtine pristupa obrazovanju odraslih.

#### **4.2. Prepreke u obrazovanju i korištenje ICT**

Prepreke u obrazovanju odraslih koje se mogu javiti i izazvati slabu participaciju mogu biti, između ostalog,

nedostatak informacija, vremena, motivacije i pristupa edukativnim materijalima. Neophodno je analizirati ove faktore da bi se dobio odgovor na pitanje kako ICT može zadovoljiti različite potrebe i dati odgovor na mnoge od ovih problema.

Nedostatak motivacije za učenje se javlja u većini evropskih zemalja i varira u procentima od 10-40%. Veliki je broj mladih koji se nikada ne bi vratili u "učionicu" i koji ne znaju šta bi dalje izučavali. U mnogim slučajevima, ICT bi mogao biti efikasan alat za podizanje motivacije samim tim što pruža veću i drugačiju mogućnost za učenje. Takođe, mogući pristup individualizaciji nastave i interaktivno učenje mogu pomoći ljudima da se ponovo zainteresuju za nastavu.

Nedostatak vremena za učenje je jedan od najčešćih razloga neostvarenja odraslih u obrazovanju. Grupe koje navode ovo kao razlog uglavnom jesu zainteresovane ali zbog obaveza na poslu i nedostatka slobodnog vremena ne posvećuju se drugim aktivnostima. U ovim slučajevima ICT može ponuditi fleksibilnije i brže metode za učenje i ublažiti vremenska ograničenja.

Kao jedan od razloga navodi se i činjenica da ljudi smatraju da najbolje uče u neformalnom okruženju i na svoj način, putem interneta ili drugih aktivnosti kod kuće ili na poslu. Bitnu ulogu igraju fleksibilno vreme za učenje, metode po izboru i individualizovani programi. Zaključak je da strategije koje se razvijaju za obrazovanje odraslih trebaju uzeti u obzir ICT kao sredstvo koje najbolje može odgovoriti ovim potrebama.

Pristup i poznavanje informatičkih tehnologija umnogome utiče na stopu korištenja ICT-a od strane odraslih. Pristup kompjuterima i internetu jasno zavisi od prihoda, okruženja i starosnih grupa. Razlike su u većini zemalja velike između u ovim domaćinstavima i onih sa visokim prihodima. Ipak, postoji veza između pristupa internetu na poslu ili u školi, i posedovanja računara unarađeno kod kuće, koja ukazuje na to da je većina verovatno da domaćinstvo poseduje računar ukoliko postoji poznavanje ICT-a. Zaključak je da uvođenje ICT-a u okruženje i ulaganje u infrastrukturu može pomoći odraslima da uvide potencijal koji postoji kada je u pitanju učenje uz pomoć informacionih tehnologija.

#### **4.3. Uloga javne politike u primeni ICT**

Većina evropskih zemalja trudi se da kreira javnu politiku koja će podržati i stimulisati obrazovanje odraslih uz pomoć ICT. Mere koje se kreiraju i koje se odnose na primenu ICT u ovoj oblasti mogu se grupisati u sledeće kategorije [1]:

- Mere odnosa između IT veština kod odraslih,
- Uvođenje ICT u proces učenja kod odraslih,
- Kreiranje virtualnih centara i škola, i
- Razvoj IT infrastrukture i povećanje dostupnosti ICT.

Posmatraju i uspešne primere zemalja koje su uspele da profitiraju od upotrebe ICT za poboljšanje ekonomskog rasta došlo se do zaključka da su ključne mere za maksimiziranje dobiti od ICT slede e:

- Obezbediti sticanje i primenu ICT veština u školama – to konkretno podrazumeva definisanje strategije za integraciju ICT u škole, obezbeđivanje pomoći za opremanje škola i centara za odrasle kao i obuke za nastavnike;
- Stimulisanje IT sektora stvaranjem kompetitivnog tržišta i podržavanjem istraživanja u ovoj oblasti;
- Implementiranje elektronske uprave omogući avaju i online pristup najtraženijim servisima.

Zaključak je da su ključna pitanja za efektivnu primenu ICT slede a:

- Infrastruktura - Neke od nacionalnih strategija obuhvatale su smanjenje poreza kada su u pitanju investicije u ICT infrastrukturu, kao i velike donacije za opremanje obrazovnih institucija. Jedan od najvećih problema kada je obrazovanje odraslih u pitanju je taj što bi investicije trebale da budu kontinuirane, a najčešće su to jednokratne pomoći bez daljih ulaganja, ime i inicijalne investicije postaju neodržive.
- Pristup ICT – usko je povezan sa infrastrukturom koja je na raspolaganju; javne strategije na ovom polju za cilj su imale razvijanje javnih centara i mentorskih ionica sa pristupom kompjuterima za sve zainteresovane, zatim drugih javnih pristupnih mesta kao što su biblioteke ili škole u periodu nakon završetka redovne nastave. U mnogim zemljama omogućen je poseban pristup za nezaposlene u tzv. Centrima za karijeru u kojima se mogu naći i informacije o zaposlenju, prilikama za usavršavanje i savetovanje.
- ICT veštine – informatička pismenost je neophodna da bi odrasli imali koristi od e-učenja; najviše prilika za ICT osposobljavanje imaju zaposleni koji su zbog zahteva radnog mesta imali priliku da steknu osnovne veštine, tako da bi akcenat za razvijanje istih trebao da bude na nezaposlenima i onima koji nemaju pristup kompjuterima. U mnogim zemljama razvijeni su posebni programi i prilike za usavršavanje odraslih, od kojih su neki toliko uspešni kao npr. u Koreji gde je čak 30% populacije imalo osnovnu informatičku obuku, dok je u Evropi je ECDL postao standard za prepoznavanje nivoa ICT veština.
- Sadržaj – neophodno je obezbediti informacije o prilikama za obrazovanje odraslih i to je postignuto zahvaljujući internetu; primer za to je e-portal za učenje u Austriji koji predstavlja informativni i savetodavni servis koji obezbeđuje pristup informacijama vezanim za obrazovanje i obuku.

#### 4.4. Potencijal upotrebe ICT u obrazovanju odraslih

Iako je ICT postao izuzetno važan alat u obrazovanju odraslih, ostaje pitanje koliki je zapravo njegov uticaj u poređenju sa formalnim i školovanjem u korporativnom okruženju. Odrasli koji ga koriste su uglavnom oni koji su

već upoznati sa IT sektorom i koji koriste online učenje zbog vremenske fleksibilnosti. To dovodi do zaključka da:

- ICT se koristi za ograničene i specifične svrhe i u istom takvom okruženju, odnosno u svrhu sticanja ICT veština, stručnom obrazovanju, profesionalnom usavršavanju i nekim vidovima osnovnog obrazovanja;
- Odrasli koji su već bili posvećeni učenju i imali koristi od njega, imaju najviše koristi i od korišćenja ICT.

Još jedno ograničenje koje postoji i potencijal ICT da postane dominantan u obrazovanju odraslih jeste činjenica da ljudi više vole da učuju u društvu i kroz komunikaciju sa drugima, nego u izolaciji. Tako se postavlja pitanje da li ICT stvarno može da promeni stopu participacije različitih grupa, ili je samo postao još jedna opcija za učenje za iste grupe i pojedince koji su već u procesu.

Trenutno ne postoje analize koje bi dale konačne i ubedljive argumente kada je u pitanju poboljšanje nastave primenom ICT. Nedostatak jasnih informacija o različitim opcijama i područjima primene prepreka su za razvoj uspešnih projekata, dok je neadekvatna procena primene rezultat intuitivne i često pogrešne implementacije.

ICT ima potencijal da modifikuje obrazovanje odraslih jer pruža mogućnost individualizacije i fleksibilnosti procesa učenja, pristup velikim bazama znanja i može poboljšati motivaciju za učenje. Ipak, da bi se ono u potpunosti ostvarilo, ICT se mora ugraditi u postojeće i razumljive pristupe obrazovanju odraslih.

#### 4.5. Prednosti i ograničenja primene ICT u obrazovanju odraslih

Prednosti upotrebe ICT u obrazovanju odraslih mogu se posmatrati kroz sledeće karakteristike [1]:

- Povećanje mogućnosti koje pruža obrazovanje odraslih – Smatra se da je upotreba ICT sposobna da proširi pristup obrazovanju za odrasle, podržavajući različite izvore edukativnih metoda i materijala. Tako se smatra dopunom tradicionalnih obrazovnih institucija za odrasle, pružaju i posebnu podršku manjim organizacijama da na brz i povoljan način distribuiraju znanje, savladavaju i praktično na ekonomska pitanja kao što su kadrovi, oprema, prostorije. Sledi da ICT podržava nove okvire obrazovnih mera i proširuje uticaj postojećih, i svakako je jedna od najistaknutijih karakteristika savremenih metoda obrazovanja odraslih.
- Povećanje participacije u obrazovanju odraslih – Povećanje izbora i različitost na ina obrazovanja vodi do inkluzije socijalnih grupa i pomaže savladavanju prepreka zbog kojih se oni ne uključuju u tradicionalne sisteme. Ovo se može postići fleksibilnijim metodama edukacije, smanjenim troškovima, dostupnijim i pristupačnijim načinima učenja i mogućnošću učenja prema individualnim potrebama. Barijere za učenje koje su postojale vezane za stil života, nedostupne institucije ili nedovoljno predznanje, sada se smatraju rešivim jer znanje bazirano na ICT pruža prednosti kada su u pitanju vreme, troškovi i druge obaveze.

- Podržavanje različitih oblika obrazovanja odraslih - Pozicioniranje u enika u centar procesa u enja, dozvoljavaju i pojedincima da biraju najpogodnije metode, jedna je od glavnih prednosti upotrebe novih tehnologija. One tako e podsti u konstruktivizam kod u enika, gde upotreba znanja prema sopstvenom naho enju može ohrabriti u enike na konstrukciju novih ideja i koncepata dok transformišu postoje e znanje. Tako e se naglasak stavlja na potencijal ICT-a da ohrabri neformalno u enje, u smislu samostalnog usvajanja znanja koriste i na primer internet.
- Pобољшanje rezultata obrazovanja odraslih – Interaktivni oblici u enja uz ICT mogu voditi do dubljeg u enja i demokratske diskusije me u odraslim u enicima. O ekivani rezultati su tako e ve e samopouzdanje kod u enika i sklonost ka daljem obrazovanju.

Ipak, ne može se pretpostaviti da su sve prednosti univerzalne, i mora se razviti sofisticiranije razumevanje potencijalnih problema. Ograni enja ICT-a koja se mogu javiti u obrazovanju odraslih su [1]:

- Smanjenje dosega obrazovanja odraslih – Iako se pomo u ICT-a obezbe uje velika koli ina novih znanja i informacija, postoji zabrinutost da ono tako e može voditi ka tome da se obrazovanje odraslih ograni i na veštine koje su neophodne u modernom poslovanju i industriji, kao i one koje se odnose na ovladavanje samim informacionim tehnologijama. Dok je sa jedne strane racionalno da se komercijalne organizacije koncentrišu na profitabilnije aspekte edukacije odraslih, sa druge strane e šire socijalne grupe ostati uskra ene za sticanje novih veština. Trenutno je to situacija sa ve inom razvijenih zemalja koje obrazovanje odraslih posmatraju prvenstveno iz ekonomske perspektive.
- Sukob izme u ICT-a i postoje ih obrazovnih institucija – Obrazovanje bazirano na ICT se eš e posmatra kao pretnja nego kao dopuna postoje em; tradicionalne institucije žele da sa uvaju svoju reputaciju i smatraju da kada ne bi bilo mogu nosti za u enje uz ICT, svi potencijalni u enici bi bili njihovi aci.
- ICT i nejednakost u obrazovnoj participaciji – Prema istraživanjima centara za u enje, mogu nost pristupa ICT ne ini da ljudi imaju ve u želju za u enjem; ak ve ina onih koji žele da usavršavaju svoje veštine ve je imala pristup kompjuteru kod ku e ili na poslu. Tako e, individualna želja za participacijom u procesu u enja uglavnom je formirana rano u detinjstvu i suštinski je povezana sa socijalnim, ekonomskim i edukativnim faktorima. Zaključak je da ICT trenutno pove ava edukativne aktivnosti kod onih koji su ve bili u enici više nego što pove ava uklju ivanje onih koji prethodno nisu u estvovali u formalnom i neformalnom obrazovanju.
- ICT i prepreke u obrazovanju odraslih – Postoji odre ena opasnost od prenaplašavanja sposobnosti ICT-a da prevazi e prepreke u obrazovanju. Na osnovu podataka vezanih za participaciju, jasno je da glavne prepreke nisu obavezno fizi ke (vezane za vreme i mesto koje ICT može da umanji), ve eš e predstavljaju nedostatak motivacije i zanimanja. Dakle u enje e i dalje

ostati pitanje kulture i interesovanja a ne pitanje tehnologije i infrastrukture.

- Nedostupnost ICT-a – Nejednakosti u pristupu i koriš enju ICT-a su neosporne; postoje socijalne grupe koje jednostavno nemaju te mogu nosti. Nažalost, ini se da se razlike me u grupama samo produbljuju vremenom, a ve ina zemalja je daleko od zadovoljavaju e ICT infrastrukture.
- Edukativna i pedagoška ograni enja ICT-a – Za mnoge, u enje uz ICT esto je puko širenje informacija umesto istinski transformativnog procesa. Zato ono ne treba isklju ivo da se posmatra kao okruženje boljih obrazovnih metoda, ve prosto druga ijih. Tako e, osporava se tvrdnja da ICT razvija konstruktivizam kod u enika, jer on nije zavisian pa ak ni posebno podržan u ovom okruženju, ve umnogome zavisi od socijalnog konteksta i stava u enika.

## 5. ZAKLJU AK

U protekle dve decenije informaciono-komunikacione tehnologije se sve više koriste u sistemima obrazovanja odraslih kao sredstvo za pove anje mogu nosti pristupa obrazovanju koje treba da ukloni prepreke koje odvraaju ljude od postoje ih oblika u enja. ICT ovu aktivnost može u initi fleksibilnijom, interesantnijom i pristupa nijom, koja nudi neograni eno mnogo pouzdanih i novih informacija koje se mogu usvajati na na in koji svakom pojedincu najviše odgovara.

Prema OECD-u, inicijalne razlike koje postoje izme u odraslih koji u estvuju i ne u estvuju u obrazovnom procesu mogu još više biti produbljene upotrebom ICT.

est je slu aj da one poveaju aktivnosti kod onih koji su ve u procesu obrazovanja, sa višim nivoom obrazovanja, pristupom internetu, koji su zaposleni. Tada stariji ljudi, nezaposleni, ljudi sa invaliditetom postaju rizi na grupa za isklju ivanje iz itavog procesa.

Iako se insistira na tome da ICT osigurava pristup obrazovanju, raspoloživost tehnologije ne osigurava uvek i pristup istoj. Postoje ekonomski, organizacioni i socio-kulturni faktori koji uti u na razlike u pristupu. Da bi se premostile razlike izme u onih koji su upoznati sa informati kim tehnologijama i grupa koje nemaju pristup njima, nove tehnologije se moraju pažljivo integrisati u razli ite nivoe društva i obaveznog obrazovanja.

ak i najve e pristalice obrazovanja baziranog na upotrebi ICT trebaju приметiti da postoji mogu nost da one u najboljem sluaju unapreuju postoje e tehnike nego što ih mogu zameniti. U tom smislu, one se ne moraju isklju ivo posmatrati kao sredstvo koje obezbeuje bolje edukativne forme, ve jednostavno druga ije.

Trenutni problem sa kojim se sve zemlje suo avaju je nepostojanje adekvatnih tehnika i analiza koje bi pomogle da se proceni stvarna i precizna korist upotrebe ICT na ovom polju. Zaključak je da pronalaženje novih na ina evaluacije, ulaganja u infrastrukturu i razvoj strategija

koje će doprineti većem stepenu školovanih odraslih ljudi trebaju biti jedan od prioriteta oblasti ulaganja u obrazovnim sistemima širom sveta.

#### **NAPOMENA (ZAHVALNICA)**

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta TR32044 "Razvoj softverskih alata za analizu i poboljšanje poslovnih procesa", 2011-2014.

#### **LITERATURA**

[1] OECD, "ICT and learning: Supporting out of school young and adults", 2006.

[2] Dighe A., "Use of ICTs in Non-Formal Education and Life Long Learning", Unesco Bangkok, 2005.

[3] Selwyn N., Gorard S., "Exploring the role of ICT in facilitating adult informal learning", Education, Communication & Information, Volume 4, Issue 2-3, 2004.

[4] Richards C., "The design of effective ICT supported learning activities", Language learning and technology, Volume 9, Number 1, 2005.

[5] Linden T., Patrinos A., "Lifelong learning in the global knowledge economy", The world bank, 2003.

[6] European commission, "Action plan on adult learning: it is always a good time to learn", 2007.



# IMPACT OF ICT DEVELOPMENT ON ECONOMIC GROWTH: THE CASE STUDY OF DEVELOPING COUNTRIES IN SEE REGION

Željko S. Janošević, Bojana B. Jakovljević, Marija B. Petrović  
Telekom Srbija a.d.

**Abstract** - *The demand for constant connectivity is one of the main aspects of the modern knowledge-based information society and with the ICT as connectivity enabler at its core. At the present time, ICT has become a serious part of world economy and one of the important factors for economic growth. Current research studies suggest that although ICT significantly influences economic growth in developed countries, it is not a dominant factor in developing or underdeveloped countries. The main purpose of this paper is to analyze the role of ICT development on economic growth of the SEE region. The empirical results from this paper show positive, but not dominant, effect of the ICT development on economic growth. Developing countries must exploit ICT together with other macroeconomic complementary factors if they want to enhance economic growth. In the absence of a parallel development and control of all these factors, the potential gains from ICT development will be limited.*

**Keywords:** *ICT development, economic growth, SEE region*

## 1. INTRODUCTION

The 21<sup>st</sup> century brought fundamental shift in human communication behavior that demands constant connectivity to internet, social network activity and distributing multimedia content across multiple screens. We live in an environment where the internet and its associated services are accessible and immediate, where people and businesses can communicate with each other instantly, and where machines are equally interconnected with each other [1].

With the internet at its core, the diffusion of Information and Communication Technology (ICT) has initiated a profound transformation of the world into an information society. An informational society is a form of social organization in which information generation, processing and transmission become the fundamental sources of productivity and power [2]. The idea of an informational society is linked to the concept of a digital age or digital revolution, and carries the ramifications of a shift from traditional industry that the industrial revolution brought through industrialization, to an economy based on the manipulation of information, i.e., an information society.

While there have been numerous studies on the effect of ICT investment on economic growth, very few are done about the impact of ICT development on economic growth [3]. General objective of this paper is to analyze the impact of ICT development on economic growth of developing countries in the South Eastern Europe (SEE) region.

The main contribution of this paper to the current scientific work is that it attempts to fill the gap in current research by taking into account the affordability of ICT services as one of important measures of ICT development and a key factor for bringing more people into the information age. Affordability is an important predictor of service penetration, since it captures not only relative tariff levels but also welfare variables, and thus ability to pay for services [4].

A practical aspect of this paper is its impact on the awareness of ICT development in the SEE region and results from this research can be a guideline for the SEE countries to implement specific policies that facilitate ICT development if they seek for a way to enhance their economic growth.

## 2. ICT AND ECONOMIC GROWTH

Information and Communication Technology (ICT) refers to technologies that provide access to information through telecommunications [5]. At the country level economic performance refers to economic growth, labor productivity growth or consumer welfare. Economic growth is the rate of change in real output, or Gross Domestic Product (GDP), and it is measured at the country level [6]. Economists distinguish between short-run economic changes in production and long-run economic growth. Economic growth is concerned with the long-run trend in production due to basic causes such as industrialization. Every country needs to facilitate all industry development that can bring long-run economic growth. The short-run economic changes (moves up and down) in production are just creating fluctuations in the long-run of economic growth.

The most compressive work about relationships between telecommunications development and economic growth on the world level was done by Shiu and Lam [7]. The overall conclusion of the study was that there is a bidirectional relationship between real GDP and telecommunications development (as measured by teledensity) for European countries and for those belonging to the high-income group, but in underdeveloped countries the relationship is unidirectional and runs from real GDP to teledensity.

The work of Kooshki and Ismail [3] is one of the most important studies about the relationships between ICT development and economic growth on the world level. The study covered the sample of 153 countries and results showed that there is a positive relationship between real GDP growth and ICT development (as measured by the ICT Development Index) and that ICT development in the upper-middle income group has a higher effect on economic growth than other countries.

In Europe there was also a lot of work done on investing relationship between ICT and economic growth, especially for European Union (EU) countries. The one of the important studies was done by Cortés and Navarro [8] where the authors analyzed the three main indicators ICT in households, ICT in firms, and electronic trade countries clusters were formed. The four clusters were labeled technologically backward, pre-intermediate, intermediate, and advanced countries. The conclusion of the work was that underdeveloped countries and developing countries need to boost ICT implementation and use, as they are clearly below the level of the technologically

advanced group in practically all the variables under consideration [8]. The reason for this may be because underdeveloped or developing nations failed to reach “critical mass” where countries can fully exploit ICT externalities.

Similar studies that analyze the influence of ICT on economic growth have been done for other parts of the world (Asia, Middle East...) or globally like Samimi and Ledary [9], Kooshki and Ismail [3], Nasab and Aghaei [10], Meng and Li [11], Jussawalla [12] or Khatri and Lee [13] are of particular importance. The global conclusions of stated literature is that the ICT stimulates economic growth on the long term [14], as ICT allows countries to integrate effectively in the world markets, participating in new economic frameworks and structures that have emerged as a result of globalization [8].

### 3. THEORETICAL FRAMEWORK

Although economic growth had been an important interest of earlier economists, it is to the work of Joseph Schumpeter and Robert Solow that we owe the foundations of the modern study of economic growth [15]. Following Schumpeter [16], [17], and Solow [18], [19], it is well understood how important the technology is in economic growth and development [20]. Schumpeter [17] defines technological innovation central for increasing productivity and thus for growth of economies and competition between economies. The Solow [18] growth model, sometimes called the neoclassical growth model, is the main pillar for the research on economic growth and often the basis of more recent refinements. In the Solow model, the impact of the investment is only transitory and technological change is the only driver of growth which is exogenous. Solow [19] in his work concluded that technical change was responsible for the majority of economic growth in the United States between 1909 and 1949.

According to Vu **Error! Reference source not found.**[21] there are three theoretical grounds for supporting theory that ICT has positive effect on economic growth:

- 1) ICT penetration affects growth through fostering knowledge diffusion (especially from developed to developing countries) and innovation;
- 2) ICT penetration enhances the quality of decision-making of firms and households, which improves the efficiency and effectiveness of resource allocations;
- 3) ICT penetration reduces production costs and fosters demand and investment and hence raises the level of output and growth.

According to Jalava and Pohjola [22], since ICT products and services are both outputs from the ICT industries and inputs into ICT-using industries, ICT can impact economic growth through four major channels:

- 1) Production of ICT goods and services, which directly contributes to the aggregate added value generated in an economy;

- 2) Increase in productivity of production in ICT sector, which contributes to overall productivity in an economy;
- 3) Use of ICT capital as an input in the production of other goods and services;
- 4) Contribution to economy-wide Total Factor Productivity (TFP) from increase in productivity in non-ICT producing sectors induced by the production and use of ICT (spillover effects).

The development of ICT is becoming ever more essential for any individual country as well as the world economy. In the past, catching up with developed countries in other industries, such as heavy steel, was very difficult because of the need for comprehensive long-term strategies/plans, as well as intensive financial and other resources. The development of ICT is different because, while similar strategic planning is essential, the quantum of capital investment required is much less. Therefore, a country can become a sector leader in a short time frame (5–10 years) [23]. Economic growth and development will remain below potential, if economies are not capable of exploiting new technologies and realizing their benefits.

There is wide agreement that the principle of universal access to ICT services has three basic dimensions: availability, accessibility and affordability [4]. Availability and accessibility refer to the non-discriminatory supply of services. Affordability, on the other hand, refers to the ability to pay for the service by the various socioeconomic groups. ICT services have to be affordable if people are going to use them [5]. As with other goods or services, the price of a phone call, an SMS or an internet connection influences how many people will use ICT, and how often. Furthermore, it is important that any analysis of information society also take into account the cost and affordability of services and not only such factors as ICT infrastructure, awareness or skills.

### 4. HYPOTHESIS DEFINITION

ICT Development Index (IDI) is an index based on internationally-agreed ICT indicators. This makes it a valuable tool for benchmarking the most important indicators for measuring the information society. The IDI is a standard tool that governments, operators, development agencies, researchers and others can use to measure the digital divide and compare ICT performance within and across countries. IDI provides useful insights to policy makers and analysts because composite index such as the IDI is particularly useful for comparisons over a set period of time and between countries of similar income levels, or with similar social, regional or geographic characteristics [20]. This is important to mention because focus of this paper is on countries of SEE region that have similar income levels, social, regional and geographic characteristics. ICT as one of the main pillars of long-term economic growth in modern informational age and developing countries should implement specific policies that facilitate ICT development [14]. Therefore, the following hypothesis is defined:

**Hypotheses 1:** ICT development is positively related to economic growth.

As a comprehensive benchmarking tool, the ICT Price Basket (IPB) monitors the relative price of ICT services and provides an indication of how affordable services are across countries, and over time. The main strength of the IPB is that it provides a fair international comparison of absolute and relative prices for ICT services over time. As a benchmarking tool, it further raises awareness of the important influence that ICT prices have on ICT development, and allows governments to identify and evaluate policies. Living standards and economic growth in developing countries are invariably linked to the availability and use of telecom services. Effective policy decisions require the best estimates of the drivers of these services [24]. ICT services have to be affordable if people are going to use them [5]. Therefore, the following hypothesis is defined:

**Hypotheses 2:** Affordability of the ICT services is positively related to economic growth.

## 5. FORMAL RESEARCH MODEL

In accordance with the research objective and defined hypothesis, six variables are used in this paper:

- 1) ICT Development Index (IDI) and ICT Price Basket (IPB) as independent variables;
- 2) Gross Domestic Product per capita expressed in terms of Purchasing Power Parity (GDP PPP) as dependent variable.
- 3) Foreign Direct Investment (FDI), inflation and unemployment rate will be used as control variable.

To model the proposed relationship between ICT development and economic growth in the next sub-chapters all variables are explained. Last sub-chapter of this chapter summarizes proposed hypothesis and present formal model of the research.

### 5.1. INDEPENDENT VARIABLES

IDI was developed in 2008 by ITU and measures ICT development of countries. IDI was presented for the first time in the 2009 edition of *Measuring the Information Society* [5]. The affordability of ICT services in this paper will be expressed through most relevant ITU variable that measures ICT development the IPB index. IPB was defined by ITU, and is a composite affordability measure based on three sub-baskets – fixed telephone, mobile cellular and fixed broadband internet services – and computed as a percentage of average Gross National Income (GNI) per capita.

### 5.2. DEPENDENT VARIABLES

Gross Domestic Product (GDP) per capita, expressed in terms of Purchasing Power Parity (PPP), can be used as an indicator of economic growth. GDP (PPP) per capita was used as a measure of economic growth in many researches like Cortés and Navarro [8], Moradi and Kebryaee [20], Shiu and Lam [7], Vu [21] or Kooshki and Ismail [3]. Gross Domestic Product (GDP) is the sum of the gross value added by all resident producers in the economy including all product taxes and

excluding any subsidies not included in the value of the products. It is calculated without deductions for depreciation of fabricated assets or for depletion and degradation of natural resources.

Purchasing Power Parity (PPP) is a theory which states that exchange rates between currencies are in equilibrium when their purchasing power is the same in each of the two countries. This means that the exchange rate between two countries should equal the ratio of the two countries' price level of a fixed basket of goods and services. When a country's domestic price level is increasing (i.e., a country experiences inflation), that country's exchange rate must depreciate in order to return to PPP.

GDP (PPP) per capita is GDP on a purchasing power parity basis divided by population.

### 5.3. CONTROL VARIABLES

Foreign direct investment (FDI) is a direct investment into the production of a country by a company located in another country, either by buying a company in the target country or by expanding operations of an existing business in that country. New growth theory suggests that FDI will benefit the host economy through the transfer of technical knowledge and best-practice managerial techniques. The benefits of FDI will spill over into the wider economy and lead to so-called “learning by watching”. In addition, many developing countries lack the necessary human resources to undertake Research and Development (R&D) to generate new knowledge. FDI helps to transfer knowledge, without requiring the hosts to invest more resources in R&D [15].

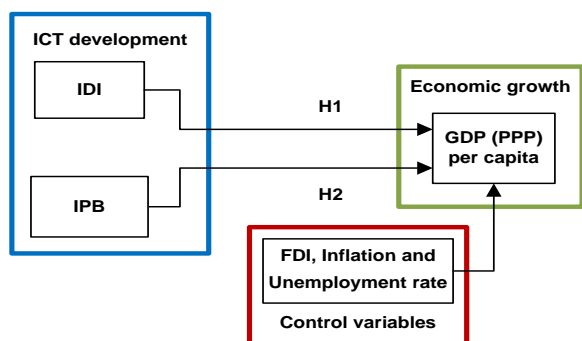
For small open economies, without adequate sources of R&D and domestic savings, the requirement to attract foreign direct investment becomes one of the key preconditions for future economic growth. This might be particularly important for the transition countries of SEE region which are aspiring to become EU members [25]. Because this paper analyzes the economies of SEE region, this fact is very important to point out as one of the reasons why FDI is chosen for the control variable.

According to Robertson [26] a slow and steady rate of inflation provides one of the most powerful aids to the attainment of a steady rate of economic growth. Inflation affects economic growth both positively and negatively through various channels, with the overall effects varying with the institutional structure (both private and public) of the economy, with the adaptation to ongoing inflation and the extent to which inflation is fully anticipated [27]. Inflation is lauded for facilitating economic growth by encouraging capital accumulation and increasing price flexibility. Low inflation can help to growth of the labor and product markets and increase relative price flexibility [28] and because of this inflation is chosen to be one of the control variables in this paper.

Okun's law [29] is an empirically observed relationship relating unemployment to losses in a country's production and economic growth. The Okun's law states that for every 1% increase in the unemployment rate, a country's GDP will be at an additional roughly 2% lower than its potential GDP. This law is among the most famous in macroeconomics theory and has been found to be hold for several developed countries [30]. The rate of unemployment is one of the most important indicators of macroeconomic performance [31]. Therefore, rate of unemployment rate is chosen to be one of the control variables in this paper.

**5.4. CONCEPTUAL MODEL OF THE RESEARCH**

Defined research objectives of this paper are going to be tested with conceptual model of the research showed on Figure 1 in determining the impact of ICT development on economic growth. The research model has independent, dependent and control variables. The independent variables are IDI and IPB while GDP (PPP) per capita will be dependent variable. FDI is going to be one of the control variables, among others, because it is important channel for technology diffusion, which in turn raises the host country's productivity growth. The rate of unemployment and inflation are control variables because they are some of the most important indicators of macroeconomic performance.



**Figure 1.** Conceptual model of the research

**6. RESEARCH DESIGN AND METHODOLOGY**

Research is going to be secondary-data research with focus on fact finding (identification of impact of ICT development on economic growth). The secondary data gathered for this research is going to cover main research objectives about impact and the role of IDI and IPB index on economic growth parameters in countries of SEE region. The sample is going to cover 10 developing countries of SEE region (Albania, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, FYR Macedonia, Moldova, Montenegro, Romania, Serbia, and Turkey).

In order to collect accurate data and information, main sources for gathering secondary data are annual reports or database data issued by International Telecommunication Union (ITU) and International Monetary Fund (IMF). For gathering data about IDI and IPB for SEE countries, ITU annual reports or database data are used and for gathering data about GDP (PPP) per

capita, FDI, unemployment and inflation rate for SEE countries, IMF annually reports or database data are used.

Gathered data is going to be analyzed by applying statistical methods of correlation and regression. Following the work of Arellano and Bond (AB) [32] and recent studies done by Shiu and Lam [7], Vu [21] and Kooshki and Ismail [3] dynamic panel data model with is applied to investigate the relationship between ICT development and economic growth, based on panel data of GDP (PPP), IDI, IPB, FDI, Unemployment Rate and Inflation for 10 countries during the 2008 - 2011 time period. In this paper there is data limitation for IDI and IPB variables so we consider lags only up to one period and data is starting from 2008.

Estimation using panel data not only allows us to have more degrees of freedom than that using time-series or cross-sectional data, but it also takes account of heterogeneity in the responses from countries and their sub-groups. Furthermore, the use of panel data enables us to control for omitted variable bias and to reduce the problem of multi-co-linearity among the explanatory variables. Given all of these advantages, more accurate and efficient estimation results can be obtained [7].

The dynamic panel data model for examining the relationship between ICT development and economic growth is as follows:

$$GDP_{i,t} = \alpha_1 + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \beta_m X_{k,i,t-m} + \sum_{m=1}^M \gamma_m GDP_{i,t-m} + u_i + \eta_t + v_{i,t}$$

GDP refers to logged real GDP (PPP) per capita and X refers to logged ICT development indicators, FDI, Inflation and Unemployment Rate respectively, while k is indicator for independent and control variables and m indicate the level of lags for these variables. Symbols i and t stand for the countries in the sample and the time periods. Parameter  $\mu_i$  represents the unobserved country-specific effects and  $\eta_t$  is the time period dummy. The error term is represented by  $v_{i,t}$ . In order to solve the problem that  $GDP_{i,t}$  is a function of the unobserved country-specific effects by eliminating  $\mu_i$ , first-differencing of the model is done:

$$GDP_{i,t} - GDP_{i,t-1} = \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \beta_m (X_{k,i,t-m} - X_{k,i,t-m-1}) + \sum_{m=1}^M \gamma_m (GDP_{i,t-m} - GDP_{i,t-m-1}) + (v_{i,t} - v_{i,t-1})$$

In this equation there is a correlation between the new error term and the differenced lagged-dependent variable, therefore, the estimation still yields biased results. In order to solve this problem, the Generalized Methods of Moments (GMM) estimator suggested by AB is used for the estimation. In this method lags of the dependent and independent variables are used as instruments. The Sargan/Hansen test in GMM estimation is done to analyze the appropriateness of the model.

All of the tests and models presented in this paper have been performed and estimated using STATA IC software (version 12) with logarithm data values.

## 7. RESULTS AND DISCUSSION

First we are performing a trend analysis on our data to confirm that our panel data is consistent with our main assumptions. Results from trend analyses are showing that IDI index has steady growing rate for all countries which means that all countries have steady ICT development. IPB index has declining rate for some countries and for some like Bulgaria is on same level in given time period which means that all countries are going towards similar level of affordability for ICT services which is expected, because all countries from the sample are in similar income group. GDP (PPP) per capita trend analysis is showing that we have very small growth in level of economic development in SEE region. This small rate should be expected because we must have in mind that we are analyzing the time period when world economic crises started and accrued. From trend analysis of control variables in SEE region we can see that level of FDI and inflation is falling, while unemployment rate is growing. From macroeconomic perspective only inflation is having a positive trend, while two other variables are having negative trend in contrast to economic growth.

Before proceeding with further analyses our data panel is checked if it is balanced or unbalanced data panel. The balanced data panel refers to the fact that all countries have data for all years. If, for example, one country does not have data for one year then the data is unbalanced. Ideally we want to have a balanced dataset, but this is not always the case. Results in STATA show that our data panel is strongly balanced, so we can still run our statistical model.

Results of global ICT influence on economic growth based on the AB dynamic panel data test statistically significant at 1% are summarized in table 1 below:

GDP	Coefficient
GDP (-1)	0,3415566
IDI	0,0932555
IDI (-1)	0,048302
IPB	-0,0849596
IPB (-1)	0,0009245
Sargan / Hansen test	
Wald chi2 (5)	5,78
Prob > chi2	0,3277

**Table 1.** Results for AB dynamic panel data test of IDI and IPB on GDP (PPP) per capita

The coefficients of IDI and IPB are statistically meaningful at the probability level of 99% and since all variables are in logarithm, the value of coefficients represents their elasticity. For example the IDI coefficient of 0.093 implying that a 1 % increases in ICT development would lead to 9,3 % economic growth and that IPB coefficient of -0.085 (have in mind that - sign is positive sign when measuring affordability) implying that a 1 % decreases in affordability of ICT services would lead to 8,5 % economic growth in SEE countries. Results from

the test confirm H1 and H2 hypothesis, but overall conclusion, having in mind the value of lagged GDP coefficient, is that ICT development has positive effect on economic growth, but it is not a significant and dominant factor.

Important is to notice that IDI and IPB coefficients are having similar values. This fact can be interpreted that development of ICT infrastructure, use and skills and affordability of ICT services have similar positive effect on economic growth.

Results of control variables effects on economic growth based on the AB dynamic panel data test statistically significant at 1% are summarized in table 2 below:

GDP	Coefficient
GDP (-1)	1,6085530
FDI	0,2498964
FDI (-1)	0,1701189
Inflation	-0,0251961
Inflation (-1)	-0,0057934
Unemployment Rate	0,5799955
Unemployment Rate (-1)	0,2500994
Sargan / Hansen test	
Wald chi2 (5)	7,00
Prob > chi2	0,4289

**Table 2.** Results for AB dynamic panel data test of control variables on GDP (PPP) per capita

The coefficients of control variables are statistically meaningful at the probability level of 99% and we can conclude that FDI and unemployment rate have much more significant and dominant influence on level of economic development than ICT factors. For example the FDI coefficient of 0.24 is implying that a 1 % increases in FDI would lead to 24 % economic growth and that unemployment rate coefficient of 0.57 is implying that a 1 % decrease in unemployment rate would lead to 57 % economic growth in SEE countries.

In all tests Sargan/Hansen statistic rejects the null hypothesis of correlation between residuals and instrumental variables. Therefore, the credibility of the results for interpretation is verified and the results can be interpreted at high level of confidence.

## 8. CONCLUSION AND IMPLICATIONS

The overall conclusion from obtained empirical results is that ICT development has significant and positive effect on economic growth of the developing countries in SEE region, but it is not a dominant factor. These empirical results are consistent with the findings of current research studies like Cortés and Navarro [8], Shiu and Lam [7], Vu [21] and Kooshki and Ismail [3]. The empirical results also show the dominant influence of other macroeconomic factors like FDI, inflation and unemployment rate on economic growth. This implies that improvement in the ICT development alone is not sufficient to stimulate economic growth. This is very important

conclusion for governments in developing countries to facilitate and maximum exploit ICT development together with other macroeconomic complementary factors to enhance economic growth. In the absence of a parallel development and control of all these factors, the potential gains from ICT development will be limited.

One of the limitations of this research is the use of PPP theory in measuring of cross-countries variables that are used in this study. The PPP calculation is problematic because of the difficulties in finding comparable baskets of goods to compare purchasing power across countries. People in different countries typically consume different baskets of goods [33]. Another limitation of the study is a weakness of IPB as a confidence measure of affordability of ICT services. Weakness comes from the fact that IPB is based on the dominant market player in terms of the number of subscriptions within each ICT service. IPB does not represent an average of several operators, but one of the assumptions is that ICT market is very competitive and because of this tariffs for ICT services should not differ much between operators. IPB also doesn't take into consideration special promotions of the ICT services that are available for certain time periods. All of these shortcomings need to be taken into consideration but most of them only apply to limited number of countries. Having this in mind overall potential of IPB as powerful benchmarking tool is not jeopardized.

This research has focus on exploring the impact of ICT development on economic growth. Therefore, considering this limitations of the study, future researches can consider examining bidirectional relationship between ICT development and economic growth.

## REFERENCES

- [1] Dutta, S., & Bilbao-Osorio, B. (2012). Living in a Hyperconnected World. The World Economic Forum.
- [2] Castells, M. (1996). The Information Age: Economy, Society and Culture. Vol. I: The Rise of the Network Society. Blackwell Publishing.
- [3] Kooshki, M. F., & Ismail, R. (2011). The Impact of Information and Communication Technology Development on Economic Growth. 2011 International Conference on Sociality and Economics Development. Singapore.
- [4] Barrantesa, R., & Galperin, H. (2008). Can the poor afford mobile telephony? Evidence from Latin America. *Telecommunications Policy* , 521-530.
- [5] ITU. (2011). Measuring the Information Society. International Telecommunication Union.
- [6] Dedrick, J., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. (2003). Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence. *ACM Computing Surveys*.
- [7] Shiu, A., & Lam, P.-L. (2010). Causal Relationship between Telecommunications and Economic Growth: A Study of 105 Countries. The Hong Kong Polytechnic University Study.
- [8] Cortés, E. A., & Navarro, J.-L. A. (2010). Do ICT Influence Economic Growth and Human Development in European Union Countries? *International Atlantic Economic Society* , 30, 42.
- [9] Samimi, A. J., & Ledary, R. B. (2010). ICT and Economic Growth: New Evidence from Some Developed Countries. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* , 3092-3097.
- [10] Nasab, E. H., & Aghaei, M. (2009). The Effect of ICT on Economic Growth: Further Evidence. *International Bulletin of Business Administration*.
- [11] Meng, Q., & Li, M. (2002). New Economy and ICT development in China. *Information Economics and Policy*.
- [12] Jussawalla, M. (1999). The Impact of ICT Convergence on Development in the Asian Region. *Telecommunications Policy*.
- [13] Khatri, Y. K., & Lee, I. H. (2003). Information Technology and Productivity Growth in Asia. *International Monetary Fund*.
- [14] Venturini, F. (2009). The long-run impact of ICT. *Springer* , 497-515.
- [15] Cameron, G. (1998). Economic Growth in the Information Age: From Physical Capital to Weightless Economy. *The Journal of International Affairs* , 447-472.
- [16] Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. London: Oxford University Press.
- [17] Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper&Row.
- [18] Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Growth. *Quarterly Journal of Economics*.
- [19] Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*.
- [20] Moradi, A. M., & Kebryaee, M. (2010). Impact of Information and Communication Technology on Economic Growth in Selected Islamic Countries.
- [21] Vu, K. (2011). ICT as a source of economic growth in the information age: Empirical evidence from the 1996–2005 period. *Telecommunications Policy* , 357-372.
- [22] Jalava, J., & Pohjola, M. (2002). Economic growth in the New Economy: evidence from advanced economies. *Information Economics and Policy* , 191-196.
- [23] Al-mutawkki, A., Heshmati, A., & Hwang, J. (2009). Development of telecommunication and broadcasting infrastructure indices at the global level. *Telecommunications Policy* , 176-199.
- [24] Garbacz, C., & Thompson, H. (2007). Demand for telecommunication services in developing countries. 276–289: *Telecommunications Policy*.
- [25] Botric, V. (2010). Foreign Direct Investment In the Western Balkans. *Economic Annals* , 7-30.
- [26] Roberston, D. H. (1932). *Money*. London: Nisbet.
- [27] Fischer, S., & Modigliani, F. (1978). Towards an understanding of the real effects of inflation. *Weltwirtschaftliches Archive* number 114 , 810–833.
- [28] Sepehri, A., & Moshiri, S. (2004). Inflation-Growth Profiles Across Countries: Evidence from Developing and Developed Countries. *International Review of Applied Economics* , 191–207.
- [29] Okun, A. (1962). Potential GNP: Its Measurement and Significance. *American Statistical Association* , 98-103.
- [30] Kreishan, F. (2011). Economic Growth and Unemployment: An Empirical Analysis. *Journal of Social Sciences* , 218-231.
- [31] Dixon, R., & Shepherd, D. (2000). Economic growth and unemployment in Europe. *European Business Journal* , 185-198.
- [32] Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies* , 277-297.
- [33] Deaton, A., & Heston, A. (2009). Understanding PPPs and PPP-based national accounts.

# MODEL ZA PRIMENU TRŽIŠNO DOSTUPNE SMART TEHNOLOGIJE U TELEMEDICINI

## MODEL FOR IMPLEMENTING COMMERCIALLY AVAILABLE SMART TECHNOLOGY INTELEMEDICINE

Ignjtov Zoran<sup>1</sup>, Dobrivoje Martinov<sup>1,2</sup>, Predrag Pecev<sup>2</sup>, Jasna Mihailović<sup>2,3</sup>, Miodrag Ivković<sup>2</sup>  
**Opšta bolnica „Đorđe Joanović”, Zrenjanin, Republika Srbija<sup>1</sup>**  
**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihjalo Pupin”, Zrenjanin, Republika Srbija<sup>2</sup>**  
**Institut za Onkologiju Vojvodine, Sremska Kamenica, Republika Srbija<sup>3</sup>**

**Sadržaj** – Brz rast i razvoj informativno komunikacionih tehnologija (IKT) podstakle su razvoj telemedicine. Klinička primena telemedicine, gde se informacija prosleđuje u svrhu medicinskih konsultacija, sprovođenja medicinskih procedura kao i pregleda na daljinu, je u rapidnom razvoju.

Ovaj rad ima za cilj kreiranje modela za primenu u telemedicini na osnovu tržišno dostupnih proizvoda smart tehnologije.

Primena ovog modela obezbeđuje ispunjenje savremenih zahteva koje moderna medicina postavlja kao koncept medicine zasnovane na dokazima, odnosno medicinskoj praksi zasnovanoj na dokazima, čiji je poseban akcenat i kvalitet usmeren ka tome da se razmena medicinskih informacija vrši u realnom vremenu uz minimalno opterećenje korisnika i minimum tehničke zahtevnosti.

**Ključne reči:** informaciono komunikacione tehnologije u zdravstvu, telemedicina, realno vreme, smart tehnologija.

**Abstract** - The rapid growth and development of information and communication technologies (ICT) have initiated the development of telemedicine. Clinical use of telemedicine, where the information is forwarded for medical consultation, implementation of medical procedures and examination at a distance, is in a rapid development.

The aim of this work is to create a model for application in telemedicine based on commercially available products of smart technology.

The implementation of this model ensures fulfilment of the contemporary demands that modern medicine sets as a concept of evidence based medicine, or medical practice based on evidence, with special emphasis at the exchange of medical information which should be performed in real-time with minimal strain on the user and the minimum technical demanding.

**Keywords:** health information and communication technology, telemedicine, real-time, smart technologies.

### 1. UVOD

Korišćenje informacionih komunikacionih tehnologija (IKT) u zdravstvu treba da omogući promenu sistema

zdravstvene zaštite tako da se poboljšaju javno zdravlje, zdravstvena zaštita korisnika sistema, smanje troškovi, uštedi novac i vreme i pruže informacije za tehničku, naučnu, administrativnu, knjigovodstvenu i upravljačku upotrebu.

Brz rast i razvoj IKT koje su podstakle razvoj telemedicine, omogućio je stalno povećanje kvaliteta servisa telemedicine. Razvoj Internet infrastrukture otvorio je vrata za razmenu medicinskih informacija na globalnom nivou.[1, 2]

Prenos slika i podataka je u širokoj upotrebi kako u razvijenim zemljama, tako i u zemljama u razvoju.[3]

Cilj ovog rada je kreiranje modela za prenos informacija na daljinu u svrhu medicinskih konsultacija, sprovođenja medicinskih procedura, kao i pregleda na daljinu na osnovu tržišno dostupnih komponenti primenom smart tehnologije.

### 2. TEORIJSKA RAZMATRANJA I REZULTATI

Telemedicina se može podeliti u tri servisne kategorije: servis za čuvanje i slanje (store-and-forward), servis za praćenje-monitoring na daljinu (remote monitoring) i interaktivni servis (real-time).[4]

Servis za čuvanje i slanje podrazumeva prikupljanje i prenos medicinskih podataka (medicinske slike, biosignali, itd.) i njihovo očitavanje u odogđenom vremenskom intervalu.

Servis za praćenje-monitoring na daljinu obezbeđuje pružanje zdravstvene zaštite na daljinu putem različitih tehnoloških uređaja. Ovaj metod se prvenstveno koristi u specifičnim uslovima za upravljanje hroničnim bolestima nadzor i lečenje hroničnih bolesti kao što su srčana oboljenja, diabetes mellitus i astma.[4]

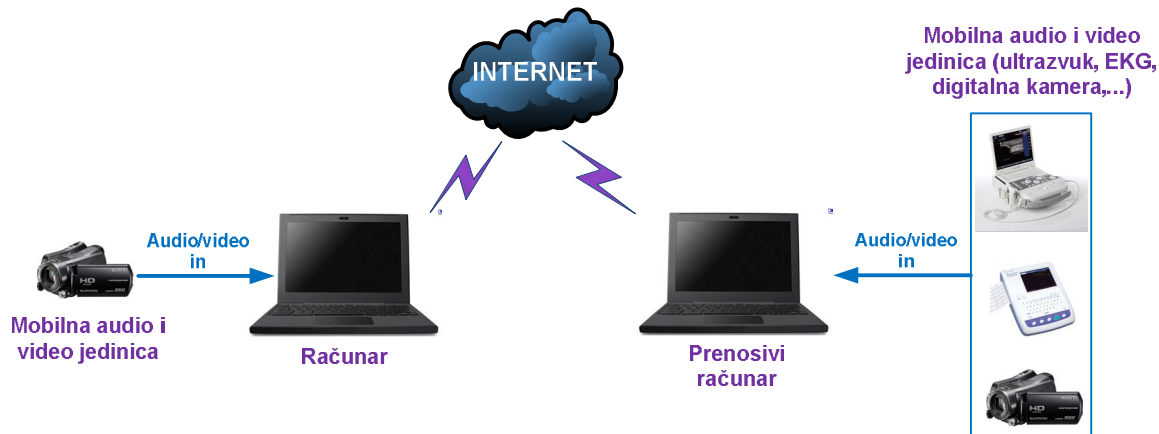
Interaktivna telemedicina obezbeđuje pružanje usluge zdravstvene zaštite u realnom vremenu.

Bez obzira o kojoj se kategoriji radi sistem telemedicine sastoji se od audio jedinice, video jedinice i računara sa softverom namenjenim za telemedicinu. Audio i video signal se putem audio i video jedinice inportuje u softver namenjen telemedicini, gde se slika prikazuje na monitoru, a zvuk se reprodukuje koristeći audio sistem

(npr. Sound blaster) koji obezbeđuje računar. Softver namenjen telemedicini obezbeđuje prenos informacija putem interneta na daljinu, gde se audio i video signal prikazuju u okviru računara. Softver namenjen

telemedicini treba da obezbedi razmenu audio i video informacija između dve udaljene lokacije.

Na slici 1 prikazana je struktura sistema namenjenog telemedicini.



Slika 1. Sistemska struktura

Za pravilno povezivanje raznih uređaja potrebno je razumeti različite vrste dostupnih audio i video interfejsa.

Audio interfejs može da ima dve vrste audio ulaza (mikrofonski ulaz i linijski ulaz) i dve vrste audio izlaza (linijski izlaz i zvučnik).

Video signali se mogu prenositi analognim (komponentni, kompozitni i S-video) ili digitalnim putem (DVI, HDMI, USB, itd.). U slučaju analognog prenosa amplituda signala može imati bilo koju vrednost, za razliku od digitalnog prenosa gde amplituda signala može imati samo unapred definisane vrednosti.

Izvor video i audio signala u sistemu telemedicine prvenstveno zavisi od namene, pa tako kao izvori mogu se koristiti signali na izlazima medicinskih uređaja (elektrokardiograf, ultrazvuk, dopler, itd.) ili se mogu koristiti digitalne kamere visokih rezolucija.

Kvalitet video signala zavisi od vrste opreme koja se koristi, ali je za većinu dijagnostičkih slika minimalna zahtevana rezolucija 800x600 (480.000) piksela.[5]

Digitalne kamere koje ispunjavaju minimalnu zahtevanu rezoluciju danas se osim kao zasebni uređaji mogu naći i implementirani u smart uređajima (prenosivi računari, smart telefoni, itd.). Smart uređaji objedinjuju funkciju lični digitalni asistent (personal digital assistant-PDA), internet funkciju, digitalnu kameru, video kameru i GPS jedinicu sa mobilnim telefonom. Takođe, smart uređaji omogućavaju brzu razmenu podataka putem Wi-Fi, mobile broadband, NFC i Bluetooth konekcije.

Sredinom devedesetih godina XX veka započeta su istraživanja na tehnologiji optičkog displeja za glavu (optical head-mounted display-OHMD). OHMD je displej koji ima sposobnost prikaza i projektovanja slike, uz

zadržavanje mogućnosti da korisnik i pored prikaza slika može da vidi kroz displej. Princip rada OHMD je ostvaren pomoću prizme koja fokusira svetlost na žutu tačku oka (deo oka koji "prepoznaje" sliku) generišući sliku koja se vidi na sočivu.

Postoje varijacije OHMD tehnologije, ali se sve one mogu podeliti u dve glavne grupe: tehnologije bazirane na zakrivljenim ogledalima (Curved Mirror) i tehnologijama baziranim na navođenju talasa (Waveguide).

Razvoj ove tehnologije započeo je Dr. Mark Spitzer i kompanija MicroOptical. MicroOptical 1997. godine je prezentovao svoju OHMD tehnologiju inkorporiranu u naočare u vidu sočiva.<sup>[6]</sup> Ekran ove tehnologije obezbeđivao je sliku rezolucije 320x240 piksel sa 8 bitova u svim tonovima i vidno polje od oko 8 stepeni horizontalno.

U periodu posle 1997. godine i drugi proizvođači su razvili svoje sopstvene dizajne na bazi Curved Mirror i Waveguide tehnologija.

OHMD tehnologija je u svim dizajnim bila implementirana sa tehnologijom prenosivih računara (wearable computers).

Wearable računari su elektronski uređaji razvijeni za opšte i posebne namene informacionih tehnologija i naročito su korisni za aplikacije koje zahtevaju složeniju računarsku podršku. Jedna od glavnih njihovih karakteristika je konzistencija i stalna interakcija sa korisnikom.

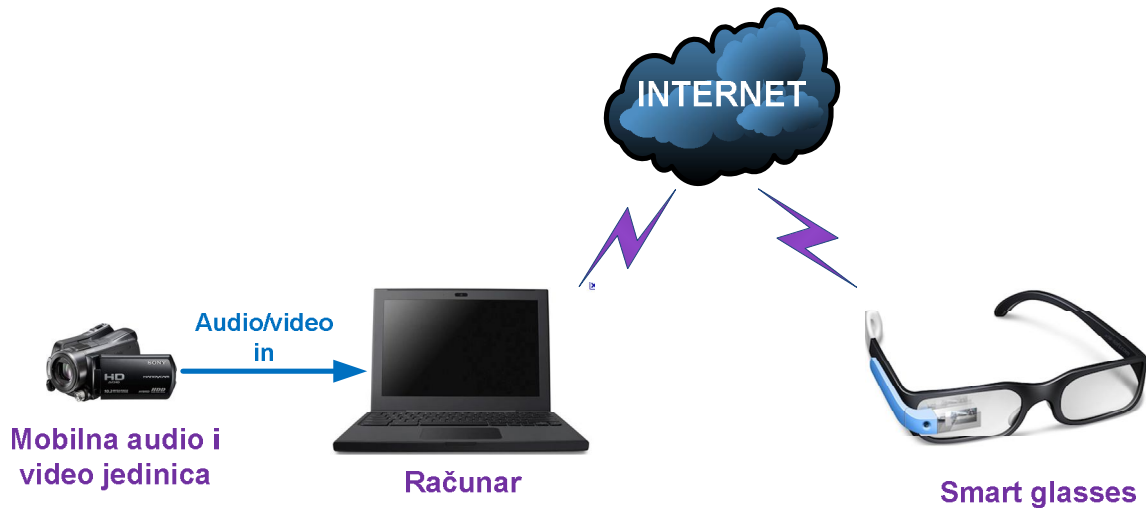
Tehnološki razvoj omogućio je dalje unapređenje ove dve tehnologije, pa proizvodi koje danas možemo naći na tržištu u komercijalnoj upotrebi (smart glasses) prenos, prijem i prikaz informacije vrše kao smart uređaji.



Smart glasses prikuplja audio signal putem integrisanog mikrofona, a prijem obezbeđuje ili putem slušalica ili putem mehaničkih vibracija (Bone conduction transducer).[7]Prizma displej smart glasses obezbeđuje prikaz slike u rezoluciji do 640x360 piksela, integrisana digitalna kamera obezbeđuje snimanje slike u formatu do 5 megapiksela, video zapis snima u format do 720 piksela, a memorisjki prostor obezbeđuje skladištenje do 16Gb podataka.

Smart glasses obezbeđuje prenos, prijem i prikazivanje informacija u formatu hands-free, a komunikacija između uređaja i korisnika ostvaruje se uz pomoć glasovnih komandi.[8, 9, 10]

Na slici 2 prikazan je model kreiran primenom smart glasses, a namenjen primeni u telemedicini.



Slika 2. Model za primenu smart tehnologije u telemedicini

### 3. DISKUSIJA

Definicija termina „realnog vremena“ uslovljena je zadatkom sa kojim je formiran lanac telemedicini.[11, 12, 13]

Kašnjenje koje se javlja u telemedicini nije značajno ukoliko je reč o konsultaciji i edukaciji, ali u procesu daljinskog monitoringa svako kašnjenje koje je veće od 200 milisekundi za video u oba pravca, i oko 1 sekunde za desktop video smatra se značajnim i ono može uticati na sprovođenje procesa telemedicini.[14]

Jedan od najpopularnijih standarda u medicini je DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Ovaj standard utvrđuje tačne procedure pod kojima se digitalne slike prosleđuju između uređaja, bez obzira da li se podaci prosleđuju mrežnom konekcijom ili se vrši arhiviranje podataka. DICOM standard za kompresiju slika koristi JPEG format, a za kompresiju video zapisa MPEG-4 format.[15,16]Pored kompresije podataka, DICOM zahteva veliku propusnu moć od računarskih mreža.

Mogućnost sprovođenja postupka telemedicini sa ograničenim tehničkim resursima je izvodljiv i klinički upotrebljiv.[17,18] Ovako kreirani modeli su pokazali dobre karakteristike u procesu prenosa podataka u realnom vremenu i klinički su upotrebljivi.[19]

U osnovi sprovođenja telemedicini u realnom vremenu podrazumeva se da primalac vidi vernu rekonstrukciju slike i audio zapisa koju vidi pošiljalac. U tu svrhu izvedena tehnička rešenja moraju da zadovolje ovaj zahtev, a da pritom minimalno opterećuju učesnike u procesu sprovođenja telemedicini.

Mogućnost upravljanja uređajem putem glasovnih komandi veoma je korisna u procesu telemedicini, jer na taj način korisnik je minimalno opterećen, a postupak pružanja zdravstvene usluge je samim tim minimalno tehnički zahtevan. Mogućnost glasovnog upravljanja obezbeđuje da se željeni podaci skladište ili prosleđuju bez posebnog angažmana korisnika. Smart glasses tehnologija je klinički upotrebljiva u postupku sprovođenja telemedicini i telekonsultacije.[20, 21]

Kao ključnu karakteristiku unapređenja zdravstvenog sistema savremena medicina nameće potrebu da se razmena medicinskih informacija unutar ustanove, ili između dve i više ustanova, odnosno sa korisnicima zdravstvenih usluga, vrši u realnom vremenu uz minimalno opterećenje korisnika i minimum tehničke zahtevnosti. Smart glasses sa svojim karakteristikama predstavlja pogodno tehničko rešenje za kreirani model koji se može primenjivati u telemedicini.

#### 4. ZAKLJUČAK

Napredak u oblasti IKT obezbedio je uslove za razvoj telemedicine koja zauzima sve značajnije mesto u sistemu pružanja zdravstvene zaštite.

Visoko sofisticirana tehnologija telemedicine razvijenih zemalja nije dostupna zemljama u razvoju, pa je očekivano razvijati modele koje će obezbediti primenu telemedicine u uslovima ograničenih resursa.

Predstavljen model za primenu tržišno dostupne smart tehnologije u telemedicini ima karakteristike koje omogućuju sprovođenje teledukacije i telekonsultacije i ispunjava zahteve savremene medicine koji se ogledaju u tome da se razmena medicinskih podataka vrši u realnom vremenu uz minimalno opterećenje korisnika i minimum tehničke zahtevnosti.

#### LITERATURA

- [1] Doarn C.R.: The last challenges and barriers to the development of telemedicine programs. *Studies in Health Technology and Informatics* 131, 45--54 (2008)
- [2] Wachter G.W.: Needs Assessment: A Key to Building Better Telemedicine Programs. *Telemedicine* 101 (2000)
- [3] Medscape Technology & Medicine. <http://www.medscape.com/viewarticle/449090>
- [4] Wootton R, Craig J, Patterson V. *Intruduction to telemedicine*. Second edition. The Royal Society of Medicine Press Ltd. 2006
- [5] American Academy of Dermatology and AAD Association.(9. Novembar 2013). "Position Statement on Telemedicine".<http://www.aad.org/Forms/Policies/Uploads/PS/PS%20-Telemedicine.pdf>
- [6] Google. (10. December 2013.). <http://www.google.com/glass/start/>
- [7] Google.(16. April 2013). "Tech specs". [https://support.google.com/glass/answer/3064128?hl=en&ref\\_topic=3063354](https://support.google.com/glass/answer/3064128?hl=en&ref_topic=3063354)
- [8] Albanesius C. (04 April 2012). "Google 'Project Glass' Replaces the Smartphone With Glasses". *PC Magazine*. <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2402613,00.asp>
- [9] Newman J. (04 April 2012). "Google's 'Project Glass' Teases Augmented Reality Glasses". *PC World*. [http://www.pcworld.com/article/253200/googles\\_project\\_glass\\_teases\\_augmented\\_reality\\_glasses.html](http://www.pcworld.com/article/253200/googles_project_glass_teases_augmented_reality_glasses.html)
- [10] Robertson A. (24. October 2013). "Samsung patents smartphone-connected 'sports glasses' that could compete with Google Glass". *The Verge*. <http://www.theverge.com/2013/10/24/5023764/samsung-patents-smartphone-connected-sports-glasses>
- [11] The free diction by Farlex, <http://www.thefreedictionary.com/real-time>
- [12] Sharpened. <http://www.sharpened.net/glossary/definition/realtime>
- [13] Ray Horak. *Webster's New World Telecom Dictionary*. Wiley Publishing Inc. 2010
- [14] VBrick Systems. [http://www.vbrick.com/documentation/WhitePapers/Streaming\\_Video\\_Delay.pdf](http://www.vbrick.com/documentation/WhitePapers/Streaming_Video_Delay.pdf)
- [15] NEMA - National Electrical Manufacturers Association, [medical.nema.org](http://medical.nema.org).
- [16] Frankewitsch T, Söhnlein S, Müller M, Prokosch HU: *Computed Quality Assessment of MPEG4-compressed DICOM Video Data: Connecting Medical Informatics and Bio-Informatics*, IOS Press, (2005)
- [17] Popov V, Popov D, Kacar I, Harris RD: The Feasibility of Real-Time Transmission of Sonographic Images from a Remote Location over Low-Bandwidth Internet Links: A Pilot Study. *American JournalRoentgenology* 188(3), 219--222 (2007)
- [18] Pyke J, Hart M, Popov V, Harris RD, McGrath S: A Teleultrasound System for Real-time Medical Imaging in Resource-limited Settings: 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 3094--3097. *IEEE Press*, New York (2007)
- [19] Martinov D, Popov V, Ignjatov Z, Harris RD. Image Quality in Real-TimeTeleultrasound of Infant Hip ExamOver Low-Bandwidth Internet Links: a Transatlantic Feasibility Study. *Journal of Digital Imaging*. 2013; 26(2): 209-216
- [20] Flickr. "All sizes | Viewing angles of Google Glass and surgeon". <http://www.flickr.com/photos/radboudreshape/9560281185/sizes/1/in/photostream/>
- [21] Flickr. "All sizes | GoogleGlass - Operation #4". <http://www.flickr.com/photos/radboudreshape/9547524614/sizes/1/in/photostream/>

# ISTRAŽIVANJE VIRTUELNIH ZAJEDNICA VIRTUAL COMMUNITIES RESEARCH

Aleksandra Vukmirović<sup>1</sup>, Marina Brbaklić Tepavac<sup>2</sup>, Jovanka Vukmirović<sup>3</sup>

*Stata.rs doo Beograd<sup>1</sup>*

*Babbler Media Marketing doo Sombor<sup>2</sup>*

*Fakultet organizacionih nauka<sup>3</sup>*

**Sadržaj** – *Potencijal je evidentan. Kada je reč o korišćenju Interneta u Republici Srbiji, rad se referencira na rezultate studije Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji, 2012. (Vukmirović, 2012) A study of Statistical Office of the Republic of Serbia from 2012 (document „Usage of ICT in Republic of Serbia, 2012).*

**Abstract** - *The potential is obvious. When it comes to using the Internet in the Republic of Serbia, the paper is referenced on the results of a study Usage of information and communication technologies in the Republic of Serbia, 2012. (Vukmirović, 2012) A study of Statistical Office of the Republic of Serbia from 2012 (document, "Usage of ICT in the Republic of Serbia, 2012).*

## 1. UVOD

Kada je reč o potencijalu korišćenja servisa E-uprave, najvažnije je saznanje da po rezultatima Republičkog zavoda za statistiku (RZS) iz 2013. godine 55,8% domaćinstava u Srbiji poseduje Internet priključak, što čini povećanje od 8,3% u odnosu na 2012. godinu, a 14,6% u odnosu na 2011. godinu. Kada je reč o pojedincima, preko 3,100,000 lica koristilo je računar u poslednja tri meseca 2012. godine (ukupna populacija Republike Srbije, bez KiM je 7,186.862 prema Popisu iz 2012. g). Istovremeno, preko 2,700,000 lica koristilo je internet u poslednja tri meseca.

Rezultati ovog istraživanja takođe ukazuju da u 89% preduzeća koriste usluge javne administracije putem Interneta a od ukupnog broja građana koji koriste Internet, 93% posećuje sajtove javnih institucija, 58% preuzima (*download*) zvanične formulare odnosno 39% šalje nazad popunjene obrasce. Preko 840,000 lica koristi elektronske servise javne uprave.

Twitter predstavlja mrežu koja u Srbiji svakim danom sve više raste. Za razliku od facebook-a, zabeleženo je da korisnici twitter-a u proseku mnogo manje vremena provode na ovoj društvenoj mreži, ali su spremniji za interakciju, u smislu komentisanja određenih sadržaja, pružanje svog mišljenja, kako na postavljeno pitanje, tako i samostalno, bez dodatnog podstreka. Ova karakteristika korisnika predstavlja jedinstveni potencijal mreže za marketing, odnosno omogućava dobijanje konstantnog feedback-a korisnika o određenoj temi, proizvodu i sl. (izvor, *Socialbakers*).

LinkedIn, zamišljen kao mreža profesionalnih kontakata, takođe je u ekspanziji u Srbiji. Preko trista hiljada korisnika čini 9,7% online populacije. (izvor, *Socialbakers*).

Prema tome, uslovi postoje, ne počinje se od početka, marketing kampanja se posmatra integralno. Ostaje najteži deo: KAKO. Prilagođavanje online zajednicama zahteva poseban metodološki pristup. Još 1997. G. Haris je u svom članku "Developing online market research methods and tools – considering theorizing interactivity: models and cases" u časopisu Marketing and Research Today zavapeo: "Marketing aktivnosti na internetu mogu biti okarakterisane kao praksa bez teorije". Danas, 17 godina kasnije, još uvek se nije daleko odmaklo u razvoju marketinške teorije u ovoj oblasti.

Ovaj rad predstavlja pokušaj da se ukaže na moguće metodološke postupke koji predstavljaju osnov za implementaciju marketinških kampanja na društvenim mrežama. Pokušaj je učinjen uzimajući u obzir tržišni prostor Srbije.

## 2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Internet bazira svoje postojanje na tri glavna stuba, po redosledu značaja:

- Interaktivnost
- Dostupnost i
- Multimedijalnost

Interaktivnost – činjenica je da je tek razvojem Interneta omogućena dvosmerna komunikacija. Internet danas živi od mogućnosti privlačenja pojedinaca zainteresovanih za druženje i razgovor sa ostalima koji imaju ista ili slična interesovanja, stvarajući osećaj zajedništva. Virtuelna zajednica je grupa istomišljenika, povezanih interakcijama koje se ostvaruju korišćenjem Internet servisa, pre svega Facebook-a, Twitter-a, LinkedIn-a, Instagrama, blogova, diskusionih grupa i foruma, elektronske pošte i *chat*-a). O moći interneta govori i činjenica da se praktično svakog dana pojavljuju nove aplikacije koje uživaju određenu dozu popularnosti (npr. Foursquare). Forskver predstavlja aplikaciju kojom je moguće „čekirati se“ na određenoj lokaciji u gradu i podeliti tu informaciju na nekoj drugoj socijalnoj mreži. Aplikacija pruža informaciju ko od prijatelja sa društvenih mreža se nalazi na konkretnoj lokaciji ili ju je posećivao u prošlosti. Aplikacija sama po sebi predstavlja primer jednog od načina formiranja virtuelnih zajedništva. Interakcije na društvenim mrežama se mogu ostvariti u realnom vremenu (*real-time*), gde članovi zajednice komuniciraju gotovo istovremeno. Takođe, komunikacija se vrši i po modelu uskladišti-i-pošalji (*store-and-forward*), pri čemu jedna osoba ostavlja poruku drugoj (ili drugima), koja u tom trenutku nije učesnik komunikacije. Poruka se čuva u kompjuterskom sistemu i šalje primaocu, koji čita i odgovara onda kada koristi online

servise. Ako su poruke poslate čitavoj listi, tada bilo ko može čitati i odgovarati u diskusiji.

Pojedinci se okupljaju da bi stvorili zajednicu (grupu) otkako je započela online revolucija. Od najranijih dana, korisnici Interneta koristili su sopstvenu inicijativu, da bi kreirali zajednice istomišljenika i razgovarali o zajedničkim temama. Članovi virtuelnih zajednica su se u prvim godinama razvoja Interneta organizovali kroz diskusione grupe i forume, korišćenem mailing lista i web tehnologija. Od pre nekoliko godina primat su preuzeli Facebook, Twitter, LinkedIn i blog tehnologije.

Virtuelne zajednice se mogu podeliti u dve grupe: formalne i neformalne. Formalne čine članovi grupe koju je formirala neka organizacija (preduzeće, medijska kuća, politička stranka, nevladina organizacija, udruženje građana, verske zajednice, sportski klubovi i sl.). Najčešći pojavnici oblici organizovanja formalnih zajednica su: Facebook, Twitter, LinkedIn i blog. Kompanijski sajtovi su nezaobilazna polazna tačka („focal point“) u njihovom organizovanju.

Za razliku od formalnih virtuelnih zajednica, kod neformalnih virtuelnih grupa ne postoji organizacija koja je kreator i moderator sadržaja. Grupe najčešće nastaju spontano, inicijativom pojedinaca i šire se u zavisnosti od teme koju pokrivaju. Neretko je ekskluzivnost osnovna vrednost neformalne zajednice.

Neformalne online zajednice okupljaju istomišljenike, koji se povezuju sa prvenstvim ciljem da razmenjuju informacije, mišljenja i stavove. Kod formalnih zajednica krajnji cilj je definisan od strane organizacije koja upravlja grupom.

Marketing menadžeri su među prvima prepoznali svoju šansu u ovakvom organizovanju korisnika Interneta. Danas je potpuno uobičajeno za kompanije da stvaraju sopstvene zajednice, namenjene svojim kupcima (klijentima). Ovakav vid organizovanja možemo nazvati formalnim virtuelnim zajednicama i organizacijama.

2. Dostupnost – globalizacija je dovela do opšte dostupnosti informacija i pretvaranja Sveta u globalno selo. Informacije same po sebi više ne predstavljaju prednost (tržišnu, političku itd.), ne zato što su ljudi radi da ih međusobno dele, već zato što ih je upravo nemoguće sakriti (primer VikiWikis). Komunikacija nikada nije bila jednostavnija i gotovo besplatna (*Viber, WhatsApp*).

3. Multimedija – razvoj ICT je omogućio da virtuelna realnost postane svakodnevica. Youtube, IP TV, mp4, Instagram.

### 3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Internet se koristi kako u privatne, tako i u poslovne svrhe. Da bi se okruženje u potpunosti i što preciznije pratilo, moraju se kontinuirano vršiti istraživanja, kako bi se prikupljali i analizirali ažurni podaci. Istraživanje okruženja zahteva prikupljanje informacija o dinamici i

intenzitetu promena. Analiza okruženja je proces ocene i interpretacije informacija dobijenih istraživanjem. Analizom se vrši vrednovanje informacija, s obzirom na tačnost i validnost pojedinih saznanja. Putem analize, istraživači opisuju aktuelne promene i prognoziraju dalji tok događaja u budućnosti.

Globalizacija je dovela do ukidanja prostornih granica i vremenskih razlika, između pojedinaca, pojedinih država i regionalnih tržišta. Uspeh organizacije na globalnom tržištu zavisi od sopstvene sposobnosti da prati znatno veći broj varijabli u poslovnoj okolini. Pored poznavanja klijenata, konkurenata, tehnologija, potrebno je znanje o ekonomskim, socijalnim, društvenim i kulturološkim karakteristikama ciljnog područja.

Cilj istraživanja prikazanog u ovom radu je ukazivanje na značaj izrade i implementacije metodologije istraživanja virtuelnih zajednica – korišćenjem društvenih mreža na Internetu. Predložena rešenja treba da omoguće sistematizovan i kontinuirani protok relevantnih informacija prikupljenih iz online izvora, a radi njihovog korišćenja u poslovnom odlučivanju.

Posebno se ističe zahtev za sagledavanjem informacija potrebnih za planiranje i kontrolu istraživačkih aktivnosti, kako bi se obezbedilo korišćenje relevantnih podataka. Podaci se prikupljaju iz online izvora (Facebook, Twitter, LinkedIn, blogovi, diskusione grupe, forumi, mailing liste, web portali i sl.) tako da se mogu neprekidno ažurirati, proširivati i prečišćavati radi donošenja preciznih, aktuelnih “pogleda” na mišljenje korisnika Mreže pojedinačno.

### 4. NAUČNE HIPOTEZE

*Polazna hipoteza:* Da bi se kompletna javnost u potpunosti pokrila istraživanjem, neophodno je obuhvati sve njene pojavne oblike. Tradicionalna metodologija istraživanja do skoro nije pratila Internet. Uporedo sa rastom ovog medija, nametnula se potreba za obuhvatom i virtuelnih zajednica koje na njemu egzistiraju.

*Pomoćna hipoteza:* društvene mreže na Internetu predstavljaju virtuelne grupe. One mogu biti formalne i neformalne, što znači da koncept na kome zasniva funkcionisanje ovih grupa postoji od ranije, pre početka Interneta. Dakle, Facebook, Twitter, LinkedIn, blogovi i ostali vidovi društvenog organizovanja su bazirani na poznatim konceptima i premešteni u online sferu.

Dodatne hipoteze se odnose na virtuelne zajednice koje egzistiraju na Internetu kao grupe ljudi okupljene oko zajedničke teme, interesa i sl. Prva je da se one mogu ispitati. Sledeća pretpostavka je da moguće izvršiti uticaj na članove virtuelne zajednice određenom kampanjom, kako bi se ispunili ciljevi postavljeni unapred definisanom strategijom.

Uz ispunjavanje ovih pretpostavki očekuje se izgradnja metodologije istraživanja koja se bazira na savremenim dostignućima nauke i tehnologije. Pri tome se treba

rukovoditi svetskim iskustvima koja se uglavnom zasnivaju na pretpostavci da na mišljenja ljudi utiču i eksterni faktori koje je potrebno odrediti, izmeriti i utvrditi njihov varijabilitet i međusobnu zavisnost

## 5. METOD ISTRAŽIVANJA

U oblasti prikupljanja informacija predlaže se metoda prikupljanja podataka *ispitivanjem*, iz primarnih i sekundarnih izvora. Podatke iz primarnih izvora dobijaju se korišćenjem tehnika ankete, intervjua i grupnog intervjua (fokus grupe) (Mihailović, 2004). Za prikupljanje podataka iz sekundarnih izvora preporučuje se tehnika analize sadržaja.

U fazi obrade, analize i interpretacije podataka koriste se metode deskriptivne i multivarijacione statističke analize: analiza srednjih vrednosti, mere varijabiliteta, analiza varijanse, korelaciona i determinaciona analiza, faktorska analiza, klaster analiza i diskriminaciona analiza. U ostalim fazama istraživanja koriste se metode uzorkovanja, statističkog ocenjivanja i zaključivanja.

Najčešće istaknuta prednost interneta jeste "brisanje" fizičkih ograničenja. Drugim rečima, informacija je na internetu jednako dostupna svim korisnicima ma gde se oni nalazili. Sa aspekta marketinga, ne postoji veća beneficija, onlajn reklamiranje obezbeđuje interaktivni element kao nijedan drugi tradicionalni medijum za reklamiranje. U pogledu konkurencije, svi imaju jednak sajber prostor i šansu za koegzistenciju u virtuelnoj zajednici.

Društvene mreže su savršeni primer nepostojanja barijere udaljenosti. Korisnik bilo koje društvene mreže komunicira jednako sa kontaktima bez obzira da li se oni nalazili na drugom kontinetu ili u istom gradu. Najveća prednost krije se u komunikaciji među korisnicima društvenih mreža koji se ne poznaju. Naime, mnoge poruke, koje su smatrane zanimljivog sadržaja – šaljive poruke lične prirode, koje su sakupile preko milion lajkova ("like") i koje su masovno ljudi delili sa svojim prijateljima, do potresnih fotografija, postavljenih u cilju sakupljanja fondacija u dobrotorne svrhe itd. Ovi fenomeni dokazuju da ukoliko je poruka dovoljno efektivna, korisnici društvenih mreža globalno o tome razgovaraju. Marketing alati su se doista izmenili, ali je princip i dalje isti. Bitnija je poruka od načina oglašavanja.

Na društvenim mrežama je B2C (Business to Consumer) tip poslovanja veoma rasprostranjen. Stoga, ovaj vid oglašavanja pogodan je za kreiranje brenda

## 6. DEFINISANJE CILJNE GRUPE

Cilj jeste pronaći idealnog kupca/korisnika i saznati što više o njemu – kupovne navike, društvene navike, obrasce ponašanja, životne navike itd. U sprovođenju internet kampanja treba polaziti od pravila da internet kampanjom nije moguće obuhvatiti celokupnu populaciju, ali je itekako moguće obuhvatiti celu internet populaciju. U fazi

definisanja ciljne grupe treba biti naročito oprezan iz razloga što ne postoje pouzdani uzorački okviri za internet korisnike, osim kada ciljna grupa nije baš internet populacija.

Radi definisanja ciljne grupe potrebno je sprovesti istraživanje, odnosno prikupiti podatke sa interneta. Prikupljanje podataka se može izvršiti metodom prikupljanja primarnih ili metodom prikupljanja sekundarnih podataka, ili kao najbolju opciju – kombinovati dve metode.

Primarno istraživanje na internetu predstavlja prikupljanje podataka u sajber prostoru. Metode su:

1. Intervju elektronskom poštom
2. Interaktivne veb ankete
3. Formiranje virtualnih fokus grupa
4. Čet (chat) intervjua
5. Istraživanje društvenih medija

Intervju elektronskom poštom ima veliku primenu u elektronskim istraživanjima i podrazumeva slanje elektronskih upitnika putem mail-a. Upitnici moraju biti jednostavni za popunjavanje, uglavnom svedeni na pitanja zatvorenog tipa.

Osnovne prednosti istraživanja jesu niski troškovi, pristupačnost i mogućnost korišćenja multimedije – hiperlinkova i sl. Nedostak ove metode istraživanja predstavlja mali odziv ispitanika.

Interaktivne veb ankete pored mail-a predstavljaju najvažniji internet servis u sferi marketin istraživanja. U praksi se najčešće koriste HTML bazirane ankete i Pop up ankete. Standardi HTML upitnik ima formu jedinstvene stranice, a ispitanici odgovaraju klikom na dugme, čekiranjem opcije, upisivanjem teksta u polje itd. I na kraju klikom na "submit" završavaju anketu.

Pop up istraživanja bazirana su na tehnici pop up prozora i izvršavaju se tako što se unapred pripremljen prozor bez kontrole posetioca otvara dok se posetilac nalazi na nekom sajtu. Upitnik je najčešće kreiran u Javascript kodu na veb stranici (isti tip koda koristi se pri kreiranju banera).

Ova tehnika nailazi na sve veću primenu u istraživačkoj praksi iz razloga pogodnijeg metoda uzorkovanja, kao i većeg nivoa odziva.

Sekundarno istraživanje na internetu podrazumeva pretragu i proučavanje već publikovanih podataka jer između ostalih pogodnosti interneta, on predstavlja najveći izvor globalno dostupnih podataka. Ako internet posmatramo kao najveći izvor sekundarnih podataka, njegovi osnovni servisi su: veb, diskusione grupe, mejling liste i Gopher.

## 7. ISTRAŽIVANJE KROZ DRUŠTVENE MEDIJE

Twitter i Facebook pre svega, ali i LinkedIn imaju veliki potencijal da postanu jedan od osnovnih alata za odabir

rešenja. Potencijal se krije u mogućnosti dobijanja feedback-a od korisnika. Ukoliko postavite na svoju stranicu rešenje u fazi izrade – print rešenje (omot, plakat...), možete očekivati da će se pojaviti dosta komentara, kritika, mišljenja. Twitter u ovoj sferi ima veći potencijal jer su tviteraši značajno aktivniji i skloni komentarima i u sličajevima kada im nije eksplicitno postavljeno pitanje na određenu temu.

Ukoliko postavite više izbora npr. vizuelnog rešenja određenog proizvoda, korisnici društvenih mreža će vam u vidu najviše “lajkovanog” rešenja izabrati rešenje koje im je najprikladnije. Veoma korisnim se pokazao princip da se tako odabrana rešenja realizuju sa naznakom “odabrano od strane korisnika”. Ovim principom ukazujete poverenje korisnicima, koje će oni uzvratiti lojalnošću. S druge strane nagrade igre nisu izgubile svoju popularnost. Korisno bi bilo organizovati nagradu igru na facebook-u. Pravila igre bi bila da korisnici ove mreže šalju najzanimljivije fotografije usko povezane sa vašim proizvodom ili uslugom koju pružate i da će slika sa najviše “lajkova” odneti pobjedu, a korisnik koji ju je postavio dobiti nagradu. Ovom metodom dolazi do lančanog deljenja (share) stranice i u veoma kratkom roku na hiljade ili na desetine hiljada ljudi moglo bi da pogleda stranicu direktno ili da mu se nađe na “home” stranici čim pristupi svom nalogu jer je neko od njegovih kontakata “lajkovao” određenu sliku. Metoda je veoma korisna, jer postoji mogućnost da se najdopadljivije slike kasnije iskoriste u marketing kampanji (autorska prava je neophodno definisati na samom početku nagradne igre).

Ovaj način poslovanja, može igrati i značajnu ulogu u otkrivanju potencijalnih problema. Naime, kupci su skloni da prijavljuju samom proizvođaču probleme na koje su nailazili. Ovo može biti veoma značajan izvor informacija na osnovu kog se može pravovremeno reagovati i sprečiti negativan publicitet. Kao primer može se navesti miniblog jednog tviteraša koji je na krajnje simpatičan način na svom profilu na twitter nahvalio određeni keks koji se proizvodi u Srbiji i iskazao najiskreniju tugu što ne postoji pakovanje od 100 kom. U roku od 5 dana, od samog proizvođača (koji je pratio svoj status na twitter-u) korisnik je dobio pakovanje keksa od 100kom. sa personalizovanom porukom. Tviteraš je, naravno, podelio simpatičan gest sa svim svojim kontaktima na twitter-u, koju su takođe delili priču sa svojim prijateljima itd. Ovim gestom, proizvođač je svoj proizvod dodatno promovisao, jer je priča stigla do nekoliko hiljada ljudi, a i stekao dodatno poverenje kod svojih korisnika, što je na kraju dovelo i do povećanja same prodaje, odnosno profita – a najzanimljivije od svega jeste to što je uloženo minimalno finansijskih sredstava.

## 8. SPROVOĐENJE KAMPANJE NA DRUŠTVENIM MREŽAMA

Sprovođenjem marketing kampanje poruka bi morala da stigne do ciljane grupe određene prethodnim istraživanjem. S tim što za razliku od tradicionalnih alata za sprovođenje kampanja, kada se targetira isključivo ciljna grupa, poželjno je targetirati i one koji nisu u tom opsegu.

Shodno tome, dopreti direktno do svih koji spominju temu od značaja. Danas postoje alati – Nearby Tweets (<http://nearbytweets.com>) koji omogućavaju praćenje spominjanja tema od značaja na twitter-u, npr. proizvoda, usluga, kompanije i sl. Pretraga se vrši na osnovnu ključnih reči. Ovo omogućava kompanijama da pravovremeno reaguju, da prate svoj status među internet populacijom, kao i naravno da sprovedu marketing kampanju slanjem određenih sadržaja na prave adrese.

U sprovođenju kampanje, korisno bi bilo pisati blogove, a linkove ka blogovima postavljati na svoje stranice na društvenim mrežama. Tako se kontakti neće osećati zatrpanim raznim mail-ovima i IM-ovima, a svi kojima je interesantno moći će da pristupe sadržaju.

Na twitter-u širenje poruke moguće je deljenjem na dva načina: tkz. Retvitovanjem (retweet), koji predstavlja klasično deljenje, ili citiranjem (quot), sa mogućnošću dodavanja komentara na nečiji postavljen sadržaj (tweet). Isti princip primenjuje se i na facebook-u, gde korisnici dele (share) odnosno dopada im se (like) sadržaje. Naravno, na obe mreže moguće je komentarisanje sadržaja. Samim tim, treba podstaći i sve vidove širenja informacija odgovaranjem na postove blagovremeno ili čak i dodelom simboličnih poklona za npr. prvih nekoliko klikova. Ako je išta drugačije u marketingu danas, to nisu ni tehnologija, niti alati i mediji – već je mogućnost deljenja informacija pružila korisnicima novi glas!

Oglašavanje na facebook-u moguće je takođe i putem plaćenih oglasa, kao i preko aplikacija. Princip kreiranja i postavljanja oglasa je pojednostavljen, a facebook pruža instrukcije na sledećoj lokaciji: [facebook.com/advertising](https://developers.facebook.com/). Što se tiče kreiranja aplikacija za facebook platformu, na sledećem linku mogu se naći alati, uputstva, forumi: <https://developers.facebook.com/>

## 9. EVALUACIJA KAMPANJE

Nakon sprovedene kampanje neophodno je uraditi evaluaciju. Evaluacija kampanje moguća i trebalo bi da se vrši i standardnim metodama, kao što su anketiranje ciljane grupe kojoj je kampanja i bila namenjena. Anketiranje se može vršiti uz pomoć anketa, CAWI (Computer Assisted Web Interviewing) metodom.

Google je razvio platformu koja pruža dosta zanimljivih informacija o posetiocima sajta ([www.google.com/analytics](http://www.google.com/analytics)). Pri vođenju kampanje na društvenim mrežama, jedan od pokazatelja uspešnost jeste broj poseta sajtu ili blogu direktno sa stranice društvene mreže. Prednost ove metode merenja jeste što pruža konkretne i jasne vrednosti.

Ukoliko se meri efektnost bloga, posmatra se ponašanje učesnika u konverzaciji. U prethodnom poglavlju utvrđeno je da je neophodno odgovaranje na komentare kako bi se podstaklo dalje komentarisanje – ukoliko ima više komentara posetioca nego autora, posetioci su intrigirani temom, samim tim oni vode diskusiju i time je postignut uspeh.

Merenje učinka društvenih medija bazirano je koliko na heuristici – using what is available to make the best of what you have – toliko i na tradicionalnim deduktivnim i statističkim metodama analize. Pri merenju kvaliteta i ovako dobijenih podataka neophodno je osloniti se na prethodno iskustvo u primarnom poslovanju.

## 10. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženih oblasti istraživanja može se zaključiti da postoji niz potencijalnih rezultata koji se mogu ostvariti realizacijom navednog koncepta istraživanja, koji bi doveli do potvrđivanja polaznih hipoteza:

*Polazna hipoteza* se može potvrditi već statističkim podacima koji ukazuju da su društvene mreže na Internetu značajan vid organizovanja, kao rezultat procesa globalizacije i virtuelizacije. Isključiti ovaj vid organizovanja znači ostati bez informacija o gotovo polovini populacije koja se na ovaj način organizuje.

Virtuelne zajednice koje egzistiraju na društvenim medijima predstavljaju grupe ljudi okupljene oko zajedničke teme, interesa i sl. Neke od njih su formalne - definisane od strane organizacije koja ima ulogu moderatora sadržaja, dok su druge nastale potpuno spontano, i nemaju formalan karakter upravljanja, pa se mogu smatrati neformalnim grupama. Ove zajednice se mogu istraživati, a na određeni nači i vršiti uticaj na njene članove, određenom kampanjom, kako bi se ispunili ciljevi postavljeni unapred definisanom strategijom. Ispunjene ovih pretpostavki predstavlja osnovu za definisanje metodologije istraživanja društvenih mreža i

virtuelnih zajednica koje na njima egzistiraju. Pri tome se može početi od pristupa po kome je za istraživanje preuzet tradicionalni koncept društvenog izučavanja formalnih i neformalnih grupa. Naravno, neophodna su određena prilagođavanja primerena novim tehnologijama i kanalima komunikacije, pre svega.

Budući koraci u istraživanju treba da budu usmereni ka merenju rezultata, efekata i uticaja društvenih mreža na Internetu, u domenu savremenog poslovanja. U literaturi se može naći veći broj modela, te je potrebno uraditi njihovu evaluaciju i eventualnu implementaciju.

## LITERATURA

- [1] Mihajlović D. „Metodologija naučnih istraživanja“, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.
- [2] Radojičić M. „Istraživanje virtuelnih zajednica i javnog mnjenja na internetu“, Doktorska disertacija, Beograd, 2007.
- [3] Sibley A. „How to attract customer with Facebook, By Amanda“, Hot Spot, 2012.
- [4] Vukmirović A., Živanović M., Vukmirović J. & Zdravković J. „Potencijal društvenih mreža u sprovođenju marketing kampanja u Srbiji“, XIII međunarodna konferencija E-trgovina, Palić, 2013.
- [5] Vukmirović, D., Pavlović, K. & Šutić, V. „Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji“, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2012.
- [6] Statistički godišnjak Republike Srbije, Beograd, 2013.

# KONCEPT VIRALNOG MARKETINGA

## VIRAL MARKETING CONCEPT

Marina Brbaklić Tepavac<sup>1</sup>, Aleksandra Vukmirović<sup>2</sup>, dr Jovanka Vukmirović<sup>3</sup>, Nikolina Bobić<sup>4</sup>

*Babblers Media Marketing doo Sombor<sup>1</sup>*

*Stata.rs doo Beograd<sup>2</sup>*

*Fakultet organizacionih nauka<sup>3</sup>*

*Drey doo Beograd<sup>4</sup>*

**Sadržaj** - Šta je viralni marketing? Koje su prednosti i rizici povezani sa ovim trendom u marketingu? Na koji način oglašivači mogu iskoristiti viralni marketing? Koja je uloga društvenih medija u sprovođenju viralnih marketing kampanja? Ovaj rad pokušaće da odgovori na navedna pitanja kao i da predstavi dve deskriptivne studije slučaja uspešne svetske prakse u korišćenju viralnog marketinga. Njihov cilj je da ukažu na elemente poruke (reklame) koji motivišu ljude na deljenje oglasnih poruka putem društvenih mreža. Ova analiza mogla bi da koristi kompanijama kao vodič za kreiranje viralnog sadržaja.

**Abstract** - What is viral marketing? What are the advantages and risks connected with this marketing trend? How can advertisers make use of viral marketing? What is the role of social media in implementing viral marketing campaigns? This paper will try to provide answers to the above questions as well as to present two descriptive case studies of successful viral marketing practices worldwide. Their aim is to highlight the key message (advertisement) elements that motivate people to share advertising messages via social networks. This analyses could serve as a guide to companies for creating viral content.

**Ključne reči:** viralni marketing, elektronski marketing od usta do usta, društvene mreže, društveni mediji, marketing strategija, marketing kampanja.

**Key words:** viral marketing, electronic word of mouth marketing, social networks, social media, marketing strategy, marketing campaign

### 1. UVOD

Cinični i dobro informisani potrošači, diversifikacija medija, tržišta u nestajanju, tržišta u nastajanju. Ovim rečima može da se opiše okruženje u kome se nalaze oglašivači danas. Takvo okruženje postavlja pred ljude koji se bave teorijom i praksom marketinga imperativ iznalaženja inovativnih rešenja u planiranju i implementaciji marketing kampanja. Sa druge strane, brzina širenje Interneta i pojava društvenih mreža pružaju mogućnosti kako za razvoj novih tako i za reviziju postojećih marketing koncepata. Jedan od inovativnih pristupa je i elektronski marketing od usta do usta (E Word of Mouth Marketing, u daljem tekstu: EWOMM) poznat kao viralni marketing.

Marketing od usta do usta (Word of Mouth Marketing, u daljem tekstu: WOMM), kao jedna od najstarijih marketinških tehnika, privlači pažnju teoretičara i praktičara iz oblasti marketinga već decenijama. Istraživanja ranih 50-ih godina pokazala su da WOMM ne samo da utiče na izbor i odluke potrošača o kupovini, već i oblikuje njihova očekivanja i stavove.

I dok je princip funkcionisanja marketinga od usta do usta dobro poznat, Internet podstiče nove mogućnosti njegovog korišćenja, od kojih je jedna viralni marketing. Termin viralni marketing opisuje strategiju koja podrazumeva podsticanje pojedinaca da prosleđuju drugima u svom onlajn društvenom okruženju marketing poruke, stvarajući potencijal za eksponencijalni rast izloženosti poruci. Analogno širenju virusa, eksponencijalno širenje poruka za relativno kratko vreme može da dosegne hiljade, čak i milione ljudi. Suštinu ove forme čini prenos marketing poruka između pojedinaca kroz različite kanale zasnovane na Internet tehnologijama. Ovaj prenos poruka odvija se između samih korisnika, bez uticaja od strane prvobitnog izvora poruke (u ovom slučaju oglašivača), šireći se poput virusa.

Porast pažnje usmerene na viralni marketing uslovljen je delimično pričama uspeha kompanija kao što su Hotmail, Dove, BMW ili Virgin. Pa ipak, najsnažniji motor širenja trenda viralnog marketinga je nesumnjivo brzina i obim širenja upotrebe digitalnih medija - Interneta i Internet „peer-to-peer“ tehnologija: foruma, IM programa, blogova, file transfer programa, chatova i društvenih mreža.

U literaturi generalno postoji saglasnost da istorija viralnog marketinga počinje lansiranjem kampanje Hotmail-a, provajdera besplatnih e-mail usluga, koji je rezultirao milionskim brojevima korisnika Hotmaila. Kompanija je na svaki e-mail poslat sa Hotmail naloga automatski dodavala rečenicu “Uzmite vaš privatni, besplatni Hotmail e-mail na <http://www.hotmail.com> (“Get your private, free e-mail from Hotmail at <http://www.hotmail.com>”) [1]. Tremin viralni marketing skovali su Steve Jurvetson i Tim Draper iz kompanije Draper Fisher Jurvetson (DFJ) 1997. godine kako bi opisali inovativnu marketing strategiju kompanije Hotmail.

Helm [2] opisuje viralni marketing kao komunikacijski i distributivni koncept koji se oslanja na potrošače da prosleđuju digitalne proizvode putem e-maila drugim



potencijalnim potrošačima u njihovom društvenom okruženju kao i da ih animiraju da taj sadržaj prosleđuju drugima. Welker [3] opisuje viralni marketing kao strategiju koja olakšava, ubrzava i smanjuje troškove širenja poruka putem stvaranja okruženja za samo-reprodukciju, eksponencijalnu difuziju, spiritualizaciju i uticaj poruke. Komunikacijski stil koji se koristi je neformalan. Poruke se prenose putem različitih kanala kao što su: e-mail, chat, forumi i društvene mreže. Sadržaj poruka varira od fotografija, Power Point prezentacija, flash animacija, do video i audio spotova.

Često se termini viralni marketing i viralno oglašavanje (Viral Advertising) u literaturi koriste kao sinonimi uprkos činjenici da je viralno oglašavanje znatno uži pojam, i odnosi se na oglašivačku tehniku u kojoj se video reklame distribuiraju od jednog do drugog korisnika putem emaila ili društvenih mreža [4]. Deljenje sadržaja odvija se između prijatelja, porodice i kolega, pod malom ili nikavom kontrolom samih oglašivača.

## 2. PREDNOSTI I RIZICI KORIŠĆENJA IZ PERSPEKTIVE OGLAŠIVAČA

Sve veća pažnja posvećena viralnom marketingu u literaturi iz oblasti menadžmenta i kompjuterskih tehnologija nesumnjivo ukazuje na postojanje prednosti njegovog korišćenja. Prednosti se mogu grupisati u četiri oblasti: finansijske, brzina difuzije, "peer to peer" prenošenje i doseg ciljne grupe [5].

Među najvažnijim prednostima su svakako znatno niži troškovi implementacije u odnosu na druge vidove oglašavanja i sprovođenja marketing kampanja. Druga važna prednost je brzina i širina difuzije, kako se poruke šire eksponencijalno i velikom brzinom. Koristeći postojeće peer-to-peer platforme, viralni marketing može da zamaskira svoju prvobitnu, komercijalnu svrhu, iz razloga što se komercijalna poruka ne prima od strane oglašivača već deljenjem preko e-maila sa prijateljima. Agencija za istraživanje tržišta, Nielsen [6] pokušala je da izmeri poverenje potrošača u različite kanale marketinga. Rezultati istraživanja pokazuju da su preporuke drugih potrošača jedan od najkredibilnijih vidova reklame. 92% ispitanika najveće poverenje daje usmenim preporukama porodice i prijatelja. Drugo mesto, po visini poverenja, kao izvor informacija o brendovima, imaju online ocene drugih potrošača.

Poslednja, mada ne i manje važna prednost viralnog marketinga je mogućnost preciznog targetiranja ciljne grupe i doseg različitih ciljnih grupa, putem društvenih mreža. Virtuelne zajednice (Facebook, Twitter, LinkedIn) okupljaju ljude koji imaju zajedničke vrednosti, interesovanja i životne stilove i poseduju potencijal za precizno određivanje ciljne grupe.

Postojanje prednosti ne znači nužno nepostojanje rizika. Rizici se odnose na nedostatak kontrole, opasnosti od neloyalne konkurencije, kao i opasnosti vezane za etička pitanja. Verovatno najveći rizik predstavlja nedostatak kontrole. Nakon lansiranja viralnog sadržaja,

kompanija oglašivač ima veoma malo, ako uopšte, kontrole nad deljenjem sadržaja, bez garancije da će sadržaj dopreti do ciljne grupe u inicijalno predviđenom obliku i kontekstu. Sa tim u vezi, može se desiti da neloyalna konkurencija lansira neprikladan sadržaj u ime konkurenta, koji se dalje deli između članova društvenih mreža. Što se tiče etičkih aspekata viralnog marketinga, može se dogoditi da se potrošači osećaju iskorišćenim, prevarenim ili da viralnu poruku dožive kao neželjenu poštu ("spam") odnosno kao upad u njihovu privatnost. Neretko takvi primeri kao rezultat imaju negativan imidž kompanije u javnosti.

## 3. KRITERIJUMI USPEŠNOSTI VIRALNIH MARKETING KAMPANJA

Asocijacija za marketing od usta do usta (Word of Mouth Marketing Association) smatra da efektivan marketing od usta do usta mora da zadovoljava sledeće kriterijume: kredibilnost, poštovanje, društvenost, merljivost i ponovljivost [7].

*Kredibilnost* - iskrena i autentična komunikacija između brenda i potrošača kao i između potrošača međusobno. Kredibilnost se gradi i izbegavanjem direktnih oglašivačkih poruka – viralni sadržaj treba potrošača da zabavi i iznenadi, motiviše da sadržaj prosledi drugima. Da bi ovo ispunio, sadržaj ne bi trebalo da deluje kao reklama.

*Poštovanje* - mora postojati otvorenost i poverenje u komunikaciji.

*Merljivost* - mogućnost definisanja, praćenja i evaluiranja uspeha.

*Društvenost* - podrazumeva da brendovi slušaju, pružaju povratni odgovor i podstiču dijalog sa potrošačima.

*Ponovljivost* - mogućnost ponavljanja kako bi se stvorio brend o kome se razgovara („talkable brand“).

## 4. ULOGA DRUŠTVENIH MEDIJA U VIRALNIM MARKETING KAMPANJAMA

U eri medija koje kreiraju korisnici ("user generated media"), društvene mreže ne funkcionišu samo kao kanal za prenos poruka, već imaju ulogu i u podsticanju viralnog marketinga. I dok je njihov potencijal za oglašivače velik, ne trebaju se zanemariti potencijalni rizici vezani za nedostatak kontrole.

Društveni mediji omogućili su potrošaču njegovo pravo glasa. Ukoliko mu se nešto ne sviđa, može istog momenta potražiti proizvod ili uslugu kod konkurenta, može ostaviti komentar na društvenoj mreži, pohvaliti određeni brend ili iskritikovati kompaniju koja prema njemu nije postupila sa dužnim poštovanjem. I sve to proslediti svojim prijateljima, koji će to proslediti svojim prijateljima i brzo se dolazi do milionske publike.

Najvažniji izazov sa kojim se suočavaju kompanije koje žele da sprovedu viralnu kampanju jeste kako da motiviše potrošače da se uključe u razgovor. Stoga, uspeh viralne kampanje zavisi od motivisanosti potrošača da poruku podele sa ljudima u njihovim online krugovima. Bez obzira na medij koji se koristi, za uspeh marketing

kampanje od najveće važnosti su dva pitanja: šta reći (strategija poruke) i kako reći (kreativna strategija) [9]. Kako bi generisali EWOMM, i strategija poruke i kreativna strategija treba da generišu emotivnu vezu gledaoca sa brendom. Porter i Golan [1] akcentiraju stavljaju na zabavnu vrednost viralnog sadržaja koji treba da stvori "wow" efekat kako bi potrošače uključio u interakciju. Korišćenje humora i efekta iznenađenja često su korišćene strategije u viralnim kampanjama. Prema Dichteru [10] zabavna vrednost (entertainment value) i originalnost reklame su najznačajniji faktori koji utiču da li će se o njoj pričati i prosledivati.

Berger and Milkman [11] u svojoj studiji navode vezu koja postoji između sadržaja poruke koja se plasira i verovatnoće da će je ljudi međusobno deliti putem društvenih mreža. Prema ovoj studiji dva su ključna faktora poruke koja utiču na verovatnoću deljenja: vrsta emocije koju izaziva i intenzitet iste. Rezultati njihovog istraživanja pokazuju da pozitivan sadržaj ima veći potencijal za deljenje u odnosu na negativan sadržaj. Sa druge strane, intenzitet emocije utiče pozitivno na deljenje sadržaja, bez obzira na njen karakter.

## 5. PRIMENA KONCEPTA VIRALNOG MAREKTINGA U PRAKSI

U nastavku rada slede dve studije slučaja koje su deskriptivne prirode. Njihov cilj je da putem analize dve uspešno realizovane viralne kampanje ukažu na elemente poruke (reklame) koji motivišu ljude na deljenje putem društvenih mreža. Radi lakšeg praćenja, kampanje su podeljene na tri faze: planiranje, implementacija, evaluacija.

### 5.1. STUDIJA SLUČAJA: „REAL BEAUTY SCETCHES” (DOVE)

Unileverov brend u segmentu lične higijene, Dove, lansirao je 2004. godine marketing kampanju sa ciljem da privuče pažnju ženske publike kroz marketinške materijale na temu ženske lepote. 2005. godine Dove lansirala viralni video od 60 sekundi pod nazivom "Evolution", u saradnji sa agencijom Ogilvy & Mather, Toronto, koji prikazuje kako šminka i Photoshop korekcije transformišu prirodnu lepotu u glamuroznu. Video spot, koji završava sa snažnim sloganom „Nije ni čudo što imamo iskrivljenu sliku o lepoti. Uključite se u Dove Real Beauty radionice za devojke” („No wonder our perception of beauty is distorted. Take part in the Dove Real Beauty Workshops for Girls”), pojavio se na mrežama You Tube, My Space, Google Video i sajtovima koji sakupljaju viralne video klipove. Na You Tube-u, spot je imao preko 16 miliona pregleda [12] .

Vodeni uspehom "Evolution" viralne kampanje, Dove 2013. godine lansirala kampanju pod nazivom "Real Beauty Scetches" u saradnji sa agencijom Ogilvy, Brazil, koja je za manje od mesec dana dostigla broj pregleda prethodne kampanje. Video predstavlja forenzičkog umetnika FBI-a koji pravi skice žena koje ne vidi. Za svaku od žena koja

se pojavljuje u pomenutom klipu on pravi dve skice: jednu na osnovu opisa koje same žene daju o sebi i drugu na osnovu opisa koje druga žena daje o toj ženi. Centralna ideja je da prikaže da je percepcija drugih o našem fizičkom izgledu često lepša nego naša percepcija o nama samima. Slogan reklame glasi „Lepši ste nego što mislite” („You are more beautiful than you think!") [13] .

### Planiranje

Ideja za reklamu zasnovana je na rezultatima istraživanja koji pokazuju da je samo 4% žena zadovoljno svojim izgledom. Reklama je trebalo da pruži dokaz ženama da izgledaju mnogo bolje nego što one to zamišljaju. Dakle, pol je uzet kao kriterijum za klasifikaciju ciljne grupe, bez obzira na starost, geografsku lokaciju ili interesovanja. Još jedan psihološki kriterijum je korišćen prilikom segmentacije ciljne grupe, a to je nezadovoljstvo sopstvenim izgledom. Cilj kampanje bio je da poveća vrednost brenda (brand equity), lojalnost brendu (brand loyalty), ojača pozicioniranje brenda kao društveno odgovornog u odnosu na jeftiniju konkurenciju, kao i da učvrsti odnos između brenda i potrošača.

### Implementacija

Sadržaj poruke kreiran je tako da se komunikacija odvija na emotivnom nivou. Kampanja je trebalo da stvori poverenje i u potrošačima probudi emocije, pretežno vezane za samopouzdanje u vezi sa fizičkim izgledom. Poruka je jasna: kako živimo u svetu u kome društveni mediji i javne ličnosti postavljaju standard lepote koji je nedostižan za većinu žena, Dove poručuje ženama da samopouzdanje dolazi „iznutra” i da nas drugi ljudi vide mnogo lepšima nego što sami sebe doživljavamo. U toku trajanja videa od tri minuta naziv brenda se nigde ne spominje, izuzev na kraju, stvarajući utisak da se ustvari i ne radi o reklamama već o duboko emotivnoj istini o ženama.

Iako je ulaganje u plaćene medije (You Tube, Facebook, Twitter, Google oglasi) i tradicionalne oblike odnosa sa javnošću bilo pozamašno, najveće efekte u smislu dosega ciljne grupe kampanja je ostvarila zahvaljujući deljenju videa od strane samih potrošača. Kampanja je dostigla 114 miliona prikaza u 110 zemalja, a za samo mesec dana nakon lansiranja na You Tube-u postala je najgledanija reklama svih vremena. Što je najvažnije, ostvarila je cilj kampanje: lojalnost potrošača koji su na svojim Facebook i Twitter profilima ostvaljali pozitivne i veoma emotivne komentare.

### Evaluacija

Dove „Real Beauty Sketches” kampanja privukla je veliku pažnju javnosti kroz sve medije koji su korišćeni u kampanji i imala je ogroman pozitivan odziv globalno gledajući. Uprkos činjenici da je većina komentara na video bila pozitivna, čak i veoma emotivna („Predivno”, „Rasplakaću se”, „Navodi na razmišljanje”), javili su se i kritičari. Njihov glavni argument je bio razlika u predstavljanju žena u reklamama za Dove i Axe (oba brenda proizvodi Unilever). Naime, u reklamama za Axe žene su predstavljene kao seksualni objekat, za razliku od Dove reklama, što ukazuje na veoma komercijalni cilj

sadržan u spotovima za Dove. Drugi su ukazivali na problem vezivanja lepote isključivo za fizički izgled.

Kompanija nije uložila napor da negativne komentare zaustavi. Ispostavilo se da su negativni komentari i diskusija koja je nakon njih usledila, samo povećali viralnost kampanje i produžili vreme uticaja.

I sama kompanija je uložila napore da podstakne entuzijazam. Lansirana je produžena, šestominutna verzija kao i osam „mini dokumentaraca“. Oslanjajući se na istu temu, kompanija je za Dan majki („Mothers Day“), pustila reklamu u kojoj ćerke opisuju svoje majke kako bi majke shvatile koliko su lepe. Uključenost potrošača bila je podstaknuta i lansiranjem parodije u kojoj žene opisuju različite muškarce.

Rezultati kampanje u brojkama izgledaju ovako (izvor, Unrulymedia) :

- 121 pojavljivanje u štampanim medijima
- 484 pojavljivanja u vestima i emisijama životnog stila
- hiljade onlajn članaka, hiljade komentara i lajkova
- do maja 2013. godine (kampanja je lansirana u aprilu), video je imao 3.707.407 deljenja
- pojavilo se 14 parodija na video

## 5.2. STUDIJA SLUČAJA: „DUMB WAYS TO DIE“ (METRO TRAINS MELBOURNE)

„Dumb Ways to Die“ je animirani video kreiran za potrebe kampanje u oblasti javnih usluga, mreže podzemnih železnica Metro Melburn (Metro Trains Melbourne) od strane McCann marketinške agencije. Video je lansiran 2012. godine sa ciljem da promovise bezbednost u podzemnoj železnici putem korišćenja crnog humora i popularne muzike. Spot prikazuje likove iz crtanog filma koji bivaju ubijeni svojoj krivicom na različite apsurdne načine (prodaju oba bubrega na internetu, čuvaju zvečarku kao kućnog ljubimca). Kulminaciju spota čini „smrt na šinama“ koja predstavlja i najapsurdniji način da se umre („the dumbest way to die“). Dve nedelje nakon lansiranja, video je imao preko 28,7 miliona pregleda i 35.000 komanetara na društvenim mrežama (izvor, Knowyourmeme).

### Planiranje

Cilj kampanje bio je da privuče pažnju ljudi na poruke koje se tiču bezbednosti u podzemnoj železnici, kao i da stvori svest o potencijalnim rizicima neopreznog ponašanja. S obzirom na činjenicu da je oglašivač provajder javnih usluga, a cilj kampanje informativan, potencijal za viralnu kampanju bio je manje nego skroman. Istraživanje za potrebe kampanje je pokazalo da su mladi najskloniji neopreznom ponašanju u podzemnoj železnici, pa su se oni iskristalisali kao primarna ciljna grupa. Pored starosnog kriterijuma, drugi kriterijum segmentacije bio je geografski, kako je reč o kampanji lokalnog tipa (Metro Melburn).

Problem sa edukativnim marketingom mladima otežava činjenica da su oni najmanje podložni tuđim savetima i sugestijama. Odatle je potekla ideja da se informativna kampanja sprovede korišćenjem crnog humora sa „pevljivom“ muzičkom pozadinom australijskog džez i

ska benda. Kampanja je trebalo da se obrati mladima njihovim stilom komunikacije, kroz medije koje konzumiraju, bez upotrebe autoritativnog tona i straha kao motivatora. Mladi ljudi ne vole da im neko govori šta treba da rade. Video ni u jednom trenutku ne zvuči savetujući, i na neki način uvodi sram (zbog glupog ponašanja) i pritisak vršnjaka.

### Impementacija

Integrirana kampanja je pored viralnog videa uključivala i tradicionalne oblike odnosa s javnošću kao i plaćene medije: oglase u dnevnim novinama, lokalne radio stanice i spoljno oglašavanje kroz mrežu prodzemnih železnica. Viralni deo kampanje podrazumevao je trominutni video postavljen na You Tube mrežu, kao i pesmu koja je mogla da se skinu putem iTunes aplikacije kao i sa mikrosajta <http://dumbwaystodie.com/>. Ilustracije na istu temu postavljene su na društvene mreže: Tumblr, Pinterest i Reddit. Video je ubrzo postavljen i na sajtove za internet meme: 9gag, BuzzFeed i blog Gawker.

Spot prikazuje grupu animiranih likova koji liče na seme pasulja, i koji pokazuju „glupe“ načine na koje bilo ko može da pogine, na primer: skinuti kacigu kada si u svemiru, biti mamac za pirane, ogrebatu novi automobil dileru droge. Sve do poslednjeg stiha simpatične, vesele pesme ne pojavljuje se poruka: da su verovatno najgluplji načini da poginete da budete na ivici platforme podzemne železnice, da vozite preko šina pored spuštene rampe ili da pretrčavate platformu podzemne železnice. Kampanja je kreirana na način da dopre do ljudi koji ne obraćaju pažnju na javne informativne kampanje („public awareness campaigns“). Kreativni direktor agencije koja je kreirala kampanju navodi kako je za viralnu kampanju bitno da ne liči na reklamu, jer u tom slučaju nema potencijal za deljenje putem društvenih mreža, mora da bude dopadljiva. Ton videa je pozitivan, zabavan i nije ličan. Ne može se odrediti pol, rasa, ekonomski status niti nivo obrazovanja likova. To nekako nije ni bitno. Glupo ponašanje nije diskriminatorno.

Neki od kritičara su kao potencijalne rizike navodili uvredljiv ton kampanje za porodice ljudi koji su izgubili živote na neki od načina etiketiranih „glupim“ u spotu. Drugi su izrazili skepsu da uspeh kampanje na društvenim mrežama može da ispuni cilj iste, a to je u krajnjoj instanci da se smanji broj nesretnih slučajeva u podzemnoj železnici.

### Evaluacija

Do danas, video je imao oko 57 miliona pregleda i 3,8 miliona deljenja. U julu 2013. godine bio je najviše deljen video meseca. Uz podršku integrisane kampanje, video je inspirisao stotine parodija (sa oko 30 miliona pregleda ukupno), čak je na osnovu njega urađena igrice za pametne telefone i tablet računare [14]. Nekoliko dana nakon lansiranja na You Tube mreži, video je postavljen na sajt za internet meme 9gag, gde je u roku od 10 dana dobio 37.000 Facebook likova i 27.000 glasova. Uspeh na društvenim mrežama uzrokovao je besplatne odnose sa

javnošću u on i off-line medijima u Australiji ali i globalno.

I pored navoda kritičara da uspeh na društvenim mrežama nema potencijal da dovede do smanjenja broja nesreća, tri meseca nakon lansiranja kampanje, prema rezultatima istraživanja sprovedenog u svrhe evaluacije kampanje, broj nesreća je za 21% manji u odnosu na broj nesreća registrovanih u toku prethodne godine. Cilj kampanje bio je 10% [15].

## 6. ZAKLJUČAK

Pojava društvenih medija (Facebook, Twitter, LinkedIn) povećala je interes za viralnim marketingom. Poznato je je da postoji sklonost potrošača da dele sadržaje (između ostalog, i reklamne poruke) onlajn i da difuzija tih poruka ima pozitivan efekat na vrednost brenda, lojalnost potrošača brendu i na prodaju proizvoda i usluga. Polazeći od navedenog, otvara se pitanje šta motiviše ljude da prosleđuju poruke i na koji način se može kreirati sadržaj pogodan za deljenje putem društvenih mreža. Kako bi uspešno sprovele virtuelnu kampanju, oglašivači se moraju usredsrediti na kreiranje viralnog sadržaja koji potrošača stavlja u centar pažnje, koji ga motiviše na akciju (informisanje ili kupovinu) ili prosleđivanje poruke drugima.

Studije slučaja izložene u ovom radu pokazuju karakteristike viralnih poruka koje utiču na sklonost ljudi da ih prosleđuju drugima. Kampanja za Dove ukazuje na ulogu kreiranja emotivnog sadržaja i potvrđuje činjenicu da intenzivnije emocije imaju veći potencijal za prosleđivanje. „Dumb Ways to Die“ uvodi zabavnu vrednost, kao i originalnost (crni humor u informativnoj kampanji). Oba primera prikazuju važnost održavanja komunikacije i entuzijazma sagovornika (Dove sa lansiranjem „mini dokumentaraca“ i produžene verzije, Metro Melbourne sa lansiranjem video igrice, pesme i ilustracija). Takođe, neophodno je sagovornike uključiti u dijalog, inspirisati ih na interaktivnost (kao na primeru parodije na video). U oba primera, negativni komentari su uticali na produbljanje dijaloga i vreme njegovog trajanja. Obe kampanje naglašavaju značaj „earned media“, odnosno besplatne medijske izloženosti u viralnim kampanjama.

Popularnost viralnog koncepta u marketingu ne znači da bi on trebao da zameni tradicionalne medije. Potreban je integrisan pristup, koji uključuje plaćene medije (ATL, BTL), medije pod kontrolom oglašivača (web sajt, Facebook stranica), odnose sa javnošću i viralni marketing, kako bi se prava poruka plasirala pravim ljudima u pravo vreme, sa planiranim efektima.

## LITERATURA

[1] Porter, L. And G. J. Golan, „*From Subservient Chickens to Brawny Men: A Comparison of Viral Advertising to Television*

*Advertising*“, Journal of Interactive Advertising, Vol. 16, No. 2, pp 30-38, 2006.

[2] Helm, S., „*Viral marketing: establishing customer relationship by „word-of-mouth”*“, Electronic Markets, Vol. 10, No. 3, pp 158-61, 2000.

[3] Welker, C.B., „*The paradigm of Viral Communication*“, Information Services and Use, Vol. 22, No. 1, pp 3-8, 2002.

[4] Golan, G.J and Zaidner, „*Creative Strategies in Viral Advertising: An Application of Taylor's Six-Segment Message Strategy Wheel*“, Journal of Computer-Mediated Communication, Vol. 13, No. 4, 959 – 972, 2008.

[5] Woerndl, M., Papagiannidis, S., Bourlakis, M. & Li, F., „*Internet-induced marketing techniques: Critical factors in viral marketing campaigns*“, Int. Journal of Business Science and Applied Management, Vol. 3, No. 1, pp 33 – 45, 2008., [http://kar.kent.ac.uk/25586/1/3\\_1--33-45-Woerndl,Papagiannidis,Bourlakis,Li.pdf](http://kar.kent.ac.uk/25586/1/3_1--33-45-Woerndl,Papagiannidis,Bourlakis,Li.pdf)

[6] Nielsen, „*Global Trust in Advertising and Brand Messages*“, 2012. , <http://www.nielsen.com/us/en/reports/2012/global-trust-in-advertising-and-brand-messages.html>

[7] Word of Mouth Marketing Association, <http://www.wommapedia.org/>

[8] Golan, G., J., Zaidner, L., „*Creative Strategies in Viral Advertising: Application of Taylor's Six-Segment Message Strategy Wheel*“, Journal of Computer-Mediated Communication, 2008.

[9] Jenkins, B., „*Consumer Sharing of Viral Video Advertisements: A Look into Message and Creative Strategy Typologies and Emotional Content*“, A Capstone Project, 2011., <http://www.american.edu/soc/communication/upload/Blaise-Jenkins.pdf>

[10] Dichter, E., „*How Word-of-Mouth Advertising Works*“, Harvard Business Review, Vol. 44, pp 147-166, 1966.

[11] Berger, J. and K.L. Milkman, „*What makes online content viral?*“, Journal of marketing research, Vol. 49, No. 2, pp 192 – 205, 2012.

[12] Dove, reklama „*Evolution*“, <http://www.youtube.com/watch?v=iYhCn0jf46U>

[13] Dove, reklama „*Real Beauty Sketches*“, <http://www.youtube.com/watch?v=XpaOjMXyJGk>

[14] McCann Erickson, Australia <http://www.mccann.com.au/project/dumb-ways-to-die/>

[15] Business Week, <http://www.businessweek.com/articles/2013-06-21/the-viral-positivity-of-dumb-ways-to-die>

# CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR WEB BASED NETWORKS USAGE IN MOBILE TELECOMMUNICATION INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Dimitar Jovevski<sup>1</sup>, Kalina Trenevaska-Blagoeva<sup>2</sup>  
*Faculty of Economics, University ss. Cyril and Methodius-Skopje*<sup>1</sup>  
*Faculty of Economics, University ss. Cyril and Methodius-Skopje*<sup>2</sup>

**Abstract** - Since their introduction, social media sites (SMSs) such as Facebook, LinkedIn, and Twitter have attracted millions of users, many of whom have integrated these sites in their daily practices. As of this writing, there are hundreds of SMSs, with various technological affordances, supporting a wide range of interests and practices.

Social media are gaining popularity and are increasingly used in regular operations of many companies, including start-ups, small, medium-sized, and large organizations. The purpose of this paper is to explore the different factors that impact the successful use of social media in companies of telecommunication sector in the Republic of Macedonia. This research will focus to the extent of impact that social media have on organizational capabilities and business performance in this sector.

From the research it could be found that successful deployment of set of external and internal factors can lead to improvement of the business performance (financial and nonfinancial) of the companies. According to the company representatives successful use of web-based social networks can improve (1) brand awareness, (2) improve good-will of the company (3) improve strategy position of the company overall.

**Keywords:** social media, social networks, critical success factors, telecommunication industry

## 1. INTRODUCTION

Since their introduction, social media sites (SMSs) such as Facebook, LinkedIn, and Twitter have attracted millions of users, many of whom have integrated these sites in their daily practices. As of this writing, there are hundreds of SMSs, with various technological solutions, supporting a wide range of interests and practices.

Social media are gaining popularity and are increasingly used in regular operations of many companies, including start-ups, small, medium-sized, and large organizations. The purpose of this paper is to explore the different factors that impact the successful use of social media in companies. This research will focus the successful use of web based social networks in companies from the telecommunication industry. The main objective is to analyse to what extent social media have impact on organizational capabilities and business performance as well.

Emerging technologies gain popularity as enabling tools for cooperation among businesses in business networks [1], [2] whereas the applications market is flourishing [3]. Companies that take advantage of the latest social media technologies seem to outperform their competitors and report benefits like lower costs and improved efficiencies [4]. In this context it is important to understand the specific impact that social media have on business performance[5]. The identification of a direct connection between the two will support the shift towards Enterprise 2.0 – a new business environment in which companies will maximize the benefits they can obtain by integrating social media suites into their daily operations.

The research interest in this paper is to understand the impact of web based social networks on business process performance. The present study aims to better understand the different social media factors and the impact of those factors on company's business performance. Therefore, business managers from the three dominant companies in the telecommunication sector were interviewed in order to get insights on how managers evaluate this impact.

## 2. WEB BASED MODELS FOR SOCIAL NETWORKS AND BUSINESS IMPACT

In this section we define social media as a part to Web 2.0 technologies (2.1), refer to the resource based view of the firm and factors for successful use of social media and their impact on organizations (2.2)

### 2.1 DEFINING SOCIAL MEDIA

The term Web 2.0 was coined in 2001 by O'Reilly [6] in a conference brainstorming session to reflect the transition from the manager generated content era to the user-generated era. O'Reilly identifies seven differences between Web 1.0 and Web 2.0: the web as a platform; the harnessing of collective intelligence; the data as the next Intel Inside; the end of the software release cycle; the lightweight programming models; the software above the level of a single device; the rich users' experience [6]. The term was widely adopted and definitions have been formulated for Web 2.0, all emphasizing collaboration and enhanced communication, as well as user involvement. Harris and Rea [7] define Web 2.0 as “ a perceived second generation of Web development and design that facilitates communications and secures information sharing, interoperability, and collaboration on the Web.

Bell and Loane [8] define Web 2.0 as “a set of economic, social, and technology trends that collectively form the basis for the next generation of the Internet – a more mature, distinctive medium characterized by participation, openness and network effects”.

Web 2.0 technologies share common characteristics that distinguish them from previous generations of Web development. Firstly, Web 2.0 brings about an emphasis on collaborative learning as well as on user engagement through participation. Secondly, Web 2.0 is regarded user friendly, as it enables immediate publication and wide distribution of user generated content. The driving force behind the new wave of applications stands in their content and data management systems, as well as in their architecture of participation that encourages user contributions. Further on, the new generation of applications uses web as a development platform. Most Web 2.0 tools are based on the Software as a Service technology [8].

Web 2.0 and social media have different meanings, but they are directly connected, and it can be said that social media derive from Web 2.0. Kaplan and Haenlein [9] define social media as ‘a group of Internet-based applications that build on the ideological and technological foundations of Web 2.0, and that allow the creation and exchange of user-generated content’. In this paper we use Web 2.0 when we address the technology platform, but most of the time we will talk about applications that derive and use technological foundation of Web 2.0 that is social media.

Social media is a phrase that describes the platforms and other tools that connect people into social networks (of their choice) online. Some of the household social media names worldwide (other than Facebook) are MySpace, LinkedIn, Twitter, YouTube, Foursquare Google+ [10].

The individuals that make up these online networks use social media to organize themselves according to (1) their interests and (2) their preference for the way they choose to share, store and deliver information within their community (or “network”) [11].

Individuals have made it clear they wish to connect with other individuals that they choose to, in the way that they choose to, and around topics and for reasons that they choose to.

The individual is at the centre of the social media revolution. Companies must be present there, for sure it can be said that this is changing the way business is done.

## **2.1 FACTORS FOR SUCEFUL USE OF WEB BASED SOCIAL NETWORKS IN COMPANIES**

In the paper, the resource based view will be pursued as a perspective on organizations to explain the impact of using web based social networks on firm performance. The resource-based view states that organizations obtain a set of certain resources (like human resources, IT

infrastructure) that could be specific in one company. The particular combination of resources forms the basis for firm’s competitiveness and performance. A distinction can be made between resources and capabilities. While resources serve as basic units of analyses, capabilities are repeatable patterns of action in the use of resources to create, produce, or offer value to a market [12]. Note that resources (like Web 2.0 tools) may be obtained easily, but that it is not easy to develop business-wide capabilities to use the resources to enhance business performance. So, while resources can be reached easily by any company, capabilities embedded in business practice cannot be reached. We focus on Web 2.0 based capabilities, more on capabilities related to web based social networks, when a company is using them.

In the literature there are different models that are describing different factors related to the use of web-based networks in companies. These different models are regarding the factors from different perspectives and views. Each of the models is defining set of critical success factors (CSFs) that are directly connected to web based networks and responsible for improving business performance. Daniel Crain Smith [13] defines several CSFs related to social networks that are crucial for a company when using Web 2.0 technologies such as social networks. These CSFs are: age of the employees, support from the top management, organizational structure and social pressure from the environment. The main disadvantage in his model is lack of precise and clear definition of factors that are directly connected to business performance. Colin Smith’s [14] model compared to previous one, succeed to distinguish several factors that can measure successful use of social networks in a company. Smith suggests income from sales of new products as one of the most important factors that can measure successful use of social networks. Many authors mention other CSFs that are important when one company is using social networks like: human resources, organizational culture and organizational structure. Reagans and B. McEvily [15], Burt [16] also are defining set of CSFs responsible for successful use of social networks in one company. According to this group of authors, the most important factors are type and structure of the networks, demographics of the network, and social capital of the organization. Multidimensionality of this model is making it complicated, besides the fact that there are factors on which one company cannot influence. Another model that describes different CSFs is Philip Chen’s model [17]. Is his model Chen has defined four groups with two factors that are important for successful use of social networks. These groups are: strategy, infrastructure, openness, and collaboration. Chen clearly defines and confirms that this set of CSFs is responsible for successful use of Web 2.0 technologies to improve business performance from financial and nonfinancial perspective.

From the reviewed literature, most of the authors suggest more or less the same set of the CSFs. For our purposes, we decided to use the two groups’ model (or the multistage model). The first group consists of internal

factors and the second group consists of external factors. Internal factors are directly connected to every day work of a company and its capability to successfully use the social networks. These factors are subsequently divided into the following subgroups: functional factors, strategy factors and technical factors. In the group of functional factors are internal integration of social networks and openness in using. Strategic factors are alignment of business and Internet marketing strategies and alignment of Internet marketing strategy and CRM (Customer Relationship Management). The third group are technical factors like IT infrastructure and organizational structure. Second subgroup of factors are external ones related to the social pressure that one organization could have from its competitors and users in their environment. These two groups of CSFs are influencing group of independent financial and nonfinancial factors that are directly related to business performance of a company. These independent factors are income from sale, decreasing costs, and brand recognition.

### 3. THE USE OF WEB BASED NETWORKS IN TELECOMMUNICATION INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

For the purposes of this paper, an interview was performed in the three main telecommunication companies in the Republic of Macedonia. The plan is to expand the survey on a representative sample of companies (approximately 80) to perform full statistical analysis. As a start, in order to prove the importance of factors in local environment, from all telecommunication companies on Macedonian market we decided to analyze the three that are capturing 99% of the market for mobile communications. These companies are FDI (foreign direct investments) and they are leaders in using social media compared to the industry competitors. According AEK [18], in the third quarter of 2013, there are three companies that provide publicly available phone services in the public mobile telecommunication network for national and/or international traffic (T-Mobile, ONE and VIP). The fourth company (Albafon) started to operate two months ago and there are no data for the number of their subscribers. According to AEK there are more than 2.200.000 active subscribers (the total population of the Republic is around 2.000.000). The structure of the mobile subscribers is presented on the following chart [18].

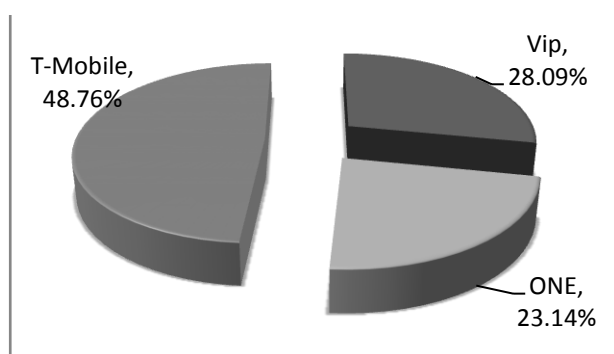


Chart 1: Structure of active mobile subscribers in Macedonia

Total revenue for providing public mobile services was 56.144.975 Euros; in which T-Mobile accounts for 51%, ONE with 22% and VIP with 27% [18].

The interviews were performed in December 2013 and the questionnaire is made of 47 questions for the previously mentioned groups of factors. Marketing managers for each company were interviewed. The written answers were then discussed face-to-face with additional comments.

Demographics of the employees are considered to be an important factor for the adoption of the concept of social networking with customers and other stakeholders [19]. All three companies have relatively young employees with the average in the age group from 31 up to 40. Company that has younger employees is more capable to easily accept and deploy new technologies such as social networks [20], [21], [22]. Therefore, it is not surprising that they are constantly using social networks around 5 years since their early beginnings back in 2007.

Having in mind that the companies are big companies with more than 250 employees, they have substantial budget for marketing purposes (over 15.000 Euros). However, the share of the marketing budget that is spent on Internet marketing in all three companies is not bigger than 0,06% on average, compared to the spending in developed countries such as UK that is more than 10% share in this industry [23, p. 8]. Obviously, it can be concluded that traditional marketing still prevails as a main marketing tool for advertising.

For the purposes of our research it is very interesting to find out if there is two-way sharing of information. One of the benefits of Web 2.0 technologies such as social media is close, direct and two-way communication with customers [6]. Namely, all managers stated that they share information from their web sites to their social media profiles. However, only ONE is sharing information in both directions, from the web site to the social media and in opposite direction, from the profile to the web site.

Another issue in this group of questions was the alignment of CRM and social media. According to Morgan [24] it is very important to use the social media networks in the funnel of customer acquisition, especially in the first stage – gaining new customers and last stage – delighting your customers. From the interview it can be concluded that in ONE and VIP there is alignment between CRM and social networks. It is disappointing that T-Mobile is not using information from the social media interaction in their CRM; they only use it as another communication channel. When asked about their perception whether information gained from the social media improved their overall performance and efficiency of the business processes the respondents were very affirmative.

Second group of questions was connected with established relations with clients and business partners via social accounts. The overall perception is that social media are helping those interactions. For the purpose of illustrating this, we can mention the connection with business partners. VIP is using social networks to promote products from his business partners Sony and LG electronics, T-Mobile is collaborating with Norton Anti-Virus via social networks and ONE with his business partner BOOM TV. Namely, companies are using bundled products and

synergy that is created in such a situation among business partners.

The three mobile service providers have a formal Internet marketing strategy that is part official marketing strategy of companies. The Internet marketing strategy is transparently communicated to the employees and aligned with the business strategy. The managers believed that this alignment is important and have impact on the (1) business performance and (2) to stay closer to the customers.

Concerning infrastructure, the companies are well sourced but the managers stressed out that IT people are not involved in the area of social media as they should be. They all emphasized the importance of human resources for proper social network deployment. For the three mobile services providers it is important to have proper organizational structure for successful social media presentation of the company, mainly by full-time dedicated employees for that. Even outsourcing was mentioned.

Competitive pressure was important factor to start using social networks for all respondents. The fact that in Macedonia there are more than 900.000 Facebook users [25] it is important for all respondents to have access to this market, having in mind their products and services. They clearly stated that by using social networks in the last 5 years their brand recognition is enhanced and clients' confidence is strengthened. What they are considering as a problem is a constant change at some of the public web based social networks in their settings and features, and those changes need constant monitoring in order to have maximum benefit from the network.

From the answers and further discussions it is obvious that companies don't have clear evidence how and to what extent social networks are influencing their finances, profit, market share or other more tangible benefits. They cannot connect costs reduction to social media use. This outcome was expected having in mind that even in the literature there is no defined measurements or methodology to indicate the degree of influence of social media presentation and usage of firms on their financial health and/or other performance indicators.

What they confirmed is that there is positive connection between social media and the brand awareness. The representatives of all three mobile serves providers confirm that by using social media in a right way, they increase their brand awareness and recognition. Beside this managers believe that social media has positive impact on creating strong two-way communication with the customers and improvement of the competitiveness of the company overall.

#### 4. CONCLUSIONS

"We do not have a choice on whether we DO social media; the question is how well we do it" [26].

People are turning away from the old media, such as newspapers and television, and turning to new media to obtain news, learn new things and entertain each other with pictures, videos, music and games. Social media can gratify certain needs better than older form of media. This

is very important for the companies to understand that their population, their market is shifting in different surrounding every day.

Social media encourages contribution and feedback from everyone who is interested. Companies can easily hear the voice of their customers. The voice of the customers has grown with the Internet. They are active communicators and eager adopters of new communication technologies.

Consequently, the social media turn into way of living instead of just being new intermediary.

Regarding the Macedonian mobile telecommunication companies that were observed in this survey, successful use of web-based social networks should be supported with set of internal and external factors. In the first group of factors for successful use of these technologies it is important to have formal Internet marketing strategy, alignment of the business and internet marketing strategy, and alignment of internet marketing strategy and CRM strategy. According to the research it is important to have collaboration with the business partners on the web-based social networks. Companies are not considering important the data-base of users that they have on social media as a potential new channel of sales. They think that it is very important to have dedicated person or department that will take care about these technologies, instead have persons that will be engaged from time to time. Concerning infrastructure issues, the companies are considering more involvement from the IT people as an important issue having in mind that they are not involved in the area of social media as they should be. Nevertheless, the traditional media are still dominant on market. Only 0,06% on average from the total advertising budget is used for advertising on some of the web-based networks.

The set of external factors that are important for the interviewed companies from this industry can be divided in two groups. Firstly, the social pressure is enormous and companies cannot ignore it. Secondly, the constant change in the features and settings at some of the web-based social networks can influence the friendliness of use.

Successful deployment of these external and internal factors can lead to improvement of the business performance (financial and nonfinancial) of the companies. According to the company representatives successful use of web-based social networks can improve (1) brand awareness, (2) improve good-will of the company (3) improve strategy position of the company overall.

#### LITERATURA

- [1] A. Ansari, O. Koenigsberg, and F. Stahl, "Modeling Multiple Relationships in Social Networks," *J. Mark. Res. JMR*, vol. 48, no. 4, pp. 713–728, Aug. 2011.
- [2] S. Belleghem, "Social media integration," *Steven Van Belleghem*, 2013. [Online]. Available: <http://stevenvanbelleghem.com/>. [Accessed: 13-Aug-2013].



- [3] L. Eduardo, "Web-based business models in 2013," 27-Feb-2013.
- [4] R. Agnihotri, P. Kothandaraman, R. Kashyap, and R. Singh, "Bringing 'Social' into Sales: The Impact of Salespeople's Social Media Use on Service Behaviors and Value Creation," *J. Pers. Sell. Sales Manag.*, vol. 32, no. 3, pp. 333–348, Summer 2012.
- [5] E. Fischer and A. R. Reuber, "Social interaction via new social media: (How) can interactions on Twitter affect effectual thinking and behavior?," *J. Bus. Ventur.*, vol. 26, no. 1, pp. 1–18, Jan. 2011.
- [6] T. O'Reilly, *What is Web 2.0*, 1 edition. O'Reilly Media, 2009.
- [7] A. Harris and A. Rea, "Web 2.0 and Virtual World Technologies: A Growing Impact on IS Education," *J. Infomation Syst. Educ.*, vol. 20, no. 2, pp. 137–144, 2009.
- [8] J. Bell and S. Loane, "'New-wave' global firms: Web 2.0 and SME internationalisation," *J. Mark. Manag.*, vol. 26, no. 3–4, pp. 213–229, May 2010.
- [9] A. M. Kaplan and M. Haenlein, "Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media," *Bus. Horiz.*, vol. 53, no. 1, pp. 59–68, Jan. 2010.
- [10] S. Godin, *Tribes: we need you to lead us*. New York: Portfolio, 2008.
- [11] D. Chaffey, *Internet marketing*. Harlow: Financial Times Prentice Hall, 2008.
- [12] J. Barney, "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage," *J. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 99–120, 1991.
- [13] D. C. Smith, "Social Media Correlates of Organizational Climate," ProQuest LLC. 789 East Eisenhower Parkway, P.O. Box 1346, Ann Arbor, MI 48106. Tel: 800-521-0600; Web site: <http://www.proquest.com/en-US/products/dissertations/individuals.shtml>, 2009.
- [14] C. J. Collins and K. G. Smith, "Knowledge Exchange and Combination: The Role of Human Resource Practices in the Performance of High-Technology Firms," *Acad. Manage. J.*, 2006.
- [15] R. Reagans and B. McEvily, "Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range," *Adm. Sci. Q.*, vol. 48, no. 2, pp. 240–267, Jun. 2003.
- [16] R. S. Burt, *Structural holes: the social structure of competition*. Cambridge u.a.: Harvard Univ. Press, 2005.
- [17] P. Chen, "Factors Affecting Business-to-Business Electronic Commerce Success: An Empirical Investigation." 2010.
- [18] АЕК, "Извештај за развојот на пазарот на електронски комуникации во првиот квартал од 2013 година." Агенција за Електронски комуникации, 2013.
- [19] R. Thackeray, B. Neiger, C. Hans, and J. McKenzie, "Enhancing promotional strategies within social marketing programs: Use of Web 2.0 social media.," *Health Promot. Pract.*, vol. 9, no. 4, pp. 338–343, 2008.
- [20] G. Choi and H. Chung, "Applying the Technology Acceptance Model to Social Networking Sites (SNS): Impact of Subjective Norm and Social Capital on the Acceptance of SNS," *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 29, no. 10, pp. 619–628, Oct. 2013.
- [21] R. Jairak, N. Sahakhunchai, K. Jairak, and P. Praneetpolgrang, "Factors Affecting Intention to Use in Social Networking Sites: An Empirical Study on Thai Society," in *Advances in Information Technology*, B. Papasratorn, K. Lavangnananda, W. Chutimaskul, and V. Vanijja, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 43–52.
- [22] B. S. McGowan, M. Wasko, B. S. Vartabedian, R. S. Miller, D. D. Freiherr, and M. Abdolrasulnia, "Understanding the Factors That Influence the Adoption and Meaningful Use of Social Media by Physicians to Share Medical Information," *J. Med. Internet Res.*, vol. 14, no. 5, p. e117, Sep. 2012.
- [23] Elizabeth Lupfer, "The State of Social Media Marketing [Report] #awarenessinc," 14:56:13 UTC.
- [24] J. Morgan, "What Is Social CRM?," *Social Media Examiner*, 2013. [Online]. Available: <http://www.socialmediaexaminer.com/what-is-social-crm/>. [Accessed: 03-Jan-2014].
- [25] "Facebook fans world wild statistics." 05-Jan-2013.
- [26] E. Qualman, *Socialnomics: how social media transforms the way we live and do business*. 2013.

## ВЕБ СЕРВИСИ РГЗа КОЈИ ДОПРИНОСЕ РАЗВОЈУ Е-УПРАВЕ ЗАСНОВАНИ НА INSPIRE ДИРЕКТИВИ

### RGA WEB SERVICES WHICH CONTRIBUTE DEVELOPMENT OF E-GOVERNMENT BASED ON INSPIRE DIRECTIVE

Даниел Милојевић<sup>1</sup>, Вук Јевтић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Републички геодетски завод, Београд, Булевар војводе Мишића 39, е-маил: [daniel.milojevic@rgz.gov.rs](mailto:daniel.milojevic@rgz.gov.rs)

<sup>2</sup> Републички геодетски завод, Београд, Булевар војводе Мишића 39, е-маил: [vuk.jevtic@rgz.gov.rs](mailto:vuk.jevtic@rgz.gov.rs)

#### РЕЗИМЕ

У раду се даје приказ тренутно доступних сервиса као и оних сервиса који се развијају од стране Републичког геодетског завода. Република Србија као земља која тежи уласку у Европску унију се придружила другим чланицама ЕУ у имплементацији INSPIRE директиве. Један од најбитнијих циљева је хармонизација сетова података и њихово дељење између државних (јавних) институција. Скоро је немогуће замислити модерно пословање без употребе рачунара и Интернета, па се и државне (јавне) институције морају прилагодити томе. РГЗ је увек био у самом врху по питању информатичке писмености па је и своје активности прилагодио садашњим условима тржишта. Развојем електронских сервиса, корисници услуга више неће морати да иду на шалтере и тиме губе драгоцено време већ ће моћи да их добију преко портала. Ти сервиси омогућују развој е-Управе, а њихова униформност је омогућена применом INSPIRE директиве. Циљ рада је био да се осим сервиса прикаже и оснивање Националне инфраструктуре геопросторних података која је директно проистекла из примене INSPIRE директиве.

**Кључне речи:** *сервиси, INSPIRE, е-Управа, портал, НИГП*

#### SUMMARY

This document gives an overview of the currently available services as well as services being developed by the Republic geodetic authority. Republic of Serbia as a country that aspires to join European Union has joined other EU members in the implementation of the INSPIRE directive. One of the most important goals is data set harmonization and sharing amongst public institutions. It is almost impossible to imagine modern business without the use of the computers and the Internet, so the state institutions have to adapt to it. RGA has always been the leader in terms of computer literacy, and adapting its activities to current market conditions. With the development of electronic

services, service users will no longer have to go to the counter and lose their precious time but will be able to get them through the portal. These services enable the development of e-Government, and their uniformity is enabled by using the INSPIRE directive. The aim of the study was, in addition to the service, to show the establishment of the National Spatial Data Infrastructure that is directly resulted from the implementation of the INSPIRE directive.

**Key words:** *services, INSPIRE, e-Government, portal, NSDI*

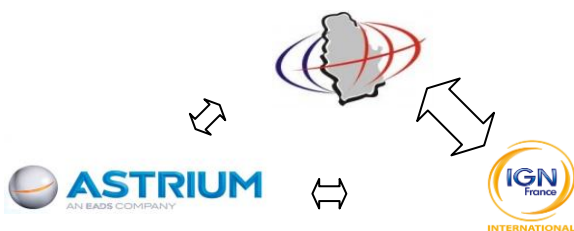
#### 1. УВОД

У многим земљама имплементација инфраструктуре геопросторних података показала је значајан позитиван утицај у областима као што су заштита животне средине, “добра државна управа” и економски развој. Активности на успостављању Националне инфраструктуре геопросторних података имају огроман допринос за европске интеграције, а истовремено су и од посебног значаја за Републику Србију. Имплементација Националне инфраструктуре геопросторних података, у даљем тексту НИГП, у Србији се заснива на принципима дефинисаним INSPIRE директивом. Републички геодетски завод, у даљем тексту РГЗ, посвећен је отвореној и конструктивној сарадњи са свим заинтересованим странама. Залаже се за стварање партнерског односа са колегама из јавног и приватног сектора у циљу изградње заједничке инфраструктуре и обезбеђивања једноставног тока података.

Најважнији циљ је подизање нивоа свести јавности о важности просторних података. Један од начина је развијање, публиковање и коришћење веб сервиса који доприносе развоју е-Управе. РГЗ омогућава корисницима коришћење великог броја веб апликација: Национални геопортал - ГеоСрбија, Катастар непокретности - KnWeb, Активна геодетска основа - АГРОС, Централна евиденција хипотека - ЦЕХ, Подношење захтева, Геодетске мреже, Регистар лиценци Геодетских Организација, Картографске публикације, Евиденција цена и

процена. Сви ови сервиси се налазе како на сајту РГЗа тако и на сајту е-Управе и омогућавају да у било ком тренутку можете проверити податке о одговарајућој непокретности, прегледати скупове просторних података, међусобно их преклапати, on-line подношења електронског захтева, чиме се постиже велика уштеда у времену. Неки од ових сервиса биће детаљно објашњени како би будући корисници могли да уоче бенефите њиховог коришћења.

РГЗ је осим тренутно доступних сервиса у оквиру IGIS пројекта развијао и нове који ће тек бити доступни како за партнерске институције тако и за грађане и приватни сектор. Главни циљ IGIS пројекта је имплементација интегрисаних технологија у РГЗу које ће омогућити процесирање, производњу и чување геоподатака на националном нивоу. У оквиру пројекта осим РГЗа учествују и конзорцијум *IGN France International* и *EADS Astrium* (сада под именом *Airbus Defence & Space*). Пројекат је обухватао развијање и организовање инфраструктуре која заокружује читав процес од прикупљања и обраде података па до њиховог објављивања на геопортале.



### Партнери у IGIS пројекту

НИГП ће омогућити смањење трошкова, квалитетније сервисе који ће обезбедити брже и поузданије доношење одлука и побољшање ефикасности јавне администрације са циљем да се пружи подршка привреди.

## 2. INSPIRE ДИРЕКТИВА КАО ОСНОВА ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈУ НИГПа

Савремено друштво, па тако и српско, за оптимално управљање ресурсима, ефикасно одлучивање и непрекидан развој, све више захтева квалитетне информације о простору. Просторни подаци и сервиси потребни су за коришћење у областима као што су: тржиште непокретности, управљање земљиштем и водама, транспорт, развој позиционих и навигационих сервиса, одбрана и безбедност, па чак и туризам и рекреативне активности на отвореном.

Међутим, опште стање просторних информација у Европи, па тако и у Србији, карактерише подељеност скупова података и извора података. Скупови података нису хармонизовани, често

више институција прикупља исте податке, а један од највећих проблема је тај што подаци нису довољно доступни. Све то отежава коришћење већ расположивих података. У процесима оптималног управљања ресурсима, размене података, доношења одлука и планирања одрживог развоја, геoinформације представљају кључни елемент. Најважнији фактор који доприноси да геoinформације постану обавезни елемент савременог друштва, у највећој мери је стални развој технологије. Како бисмо у Србији у потпуности искористили пуни технолошки потенцијал, потребно је да јавна управа омогући већи приступ просторним информацијама и то кроз инфраструктуру просторних података.

Успостављање НИГПа, заснива се на принципима дефинисаним директивом INSPIRE – Инфраструктура за просторне информације у Европи. Успостављање институционалног оквира представља најважнији корак за оснивање НИГП-а. У Србији Закон о државном премеру и катастру, прихватајући принципе INSPIRE директиве, даје основне одредбе за оснивање, одржавање и коришћење НИГПа. У новембру 2012. године, на састанцима радних група, формиран је радни тим са задатком да припреми текст нацрта закона о НИГП-у ради пуне транспозиције INSPIRE директиве у српско законодавство.

За креирање институционалног оквира, осим закона, потребно је спровести и друге активности као што су дефинисање и закључивање споразума о сарадњи, размени, приступу и коришћењу геоподатака и одређивање одговорних субјеката НИГП-а за поједине теме.

У успостављању НИГПа, као снабдевач фундаменталним просторним подацима, централну улогу у Републици Србији има РГЗ. Савет НИГПа руководи креирањем институционалног и техничког оквира за успостављање заједничке геoinформационе инфраструктуре на националном нивоу. Саветом НИГП-а председава представник РГЗа.

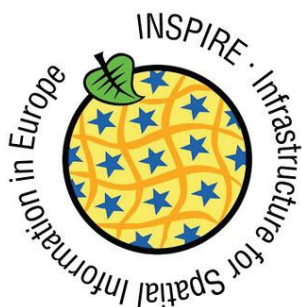


Организациона структура НИГПа

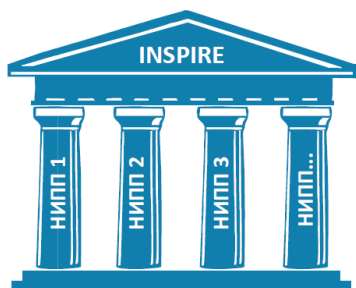
Да би руковођење било ефикасно спроведено, Савет НИГП-а донео је одлуку о оснивању радних група и њиховим надлежностима. Улога радних група је да реализује тематска питања за поједине

области као што су техничка инфраструктура, стандарди, метаподаци и просторни подаци, сарадња између учесника, правни оквир, модел финансирања, истраживање, образовање и сл. Задатак Савета НИГП-а је да осигура јединствен развој различитих стратешких компоненти.

Циљ стратегије НИГП-а је успостављање инфраструктуре, која ће обезбедити подршку квалитетном и стабилном развоју животне средине у спрези са економским растом, кроз ефикасне сервисе, испуњавајући потребе и захтеве јавног и приватног сектора, као и свих грађана. Стратегија представља оквир унутар кога се може развијати политика широког коришћења геоинформација и спречити дуплирање напора и смањење административних трошкова.



INSPIRE је иницијатива Европске комисије, реализована кроз “Директиву 2007/2/ЕЗ Европског парламента и Већа од 14. марта 2007. о успостављању инфраструктуре за просторне информације у Европској заједници” (енг. скр. INSPIRE). INSPIRE директива је објављена у службеном гласнику Европске уније 25. априла 2007. године, а на снагу је ступила 15. маја 2007. Језгро Директиве подупире пет прописа ЕУ названих имплементациона правила која покривају разне теме и широк распон спецификација, од техничких па све до питања семантичке интероперабилности.



Како би се постигао одређени степен интероперабилности који је неопходан за спајање различитих националних или регионалних инфраструктура просторних података, INSPIRE прописује велики број техничких спецификација које регулишу технологију и стандарде које пружаоци података треба да користе (енг. data providers). На тај начин, захваљујући INSPIRE директиви, сви могу да комуницирају користећи

исту терминологију и моделе које сви други разумеју.

INSPIRE је један од главних алата за е-Управу у Европи, јер не мора само да ојача јавну управу, грађане и привреду да доносе на пример добре пословне одлуке, већ мора у потпуности да промени став о дељењу података у Европи. Дељење података води не само економској користи која се огледа у смањењу трошкова и успешном пословном подухвату, већ дељење података може да повећа и унапреди привреду везану за ИТ сектор, подигне квалитет живота и побољша јавну управу повећањем транспарентности и учешћем грађана. Не улазећи у детаље, ово су неке од чињеница које бисте требали да знате о INSPIRE директиви:

- ✓ INSPIRE прописује општа правила за успостављање инфраструктуре за просторне информације у Европи.
- ✓ INSPIRE дефинише 34 просторне теме података у три прилога (енг. annex), од катастарских парцела до станишта и биотопа.
- ✓ INSPIRE директива правно обавезује јавне институције које су власници или администратори података који се односе на 34 просторних теме из прилога да учине те податке доступним у складу са INSPIRE спецификацијам.
- ✓ Ако се подаци односе на INSPIRE, директива тражи да се они објаве као услуга прегледа и преузимања у сврху поновне употребе, као и да се метаподаци учине доступним за претраживање.
- ✓ INSPIRE не захтева прикупљање нових података
- ✓ INSPIRE допушта могућност ограничења приступа за одређене кориснике или увођење накнаде за коришћење.

### 3. ТРЕНУТНО ДОСТУПНИ ВЕБ СЕРВИСИ НА САЈТУ РГЗа



#### *Инфраструктура геопортала*

Веб сервиси који су развијени од стране РГЗа имају формиране метаподатке и у складу су са INSPIRE директивом.

РГЗ омогућава корисницима коришћење великог броја веб апликација: Национални геопортал - ГеоСрбија, Катастар непокретности - KnWeb, Активна геодетска основа - АГРОС, Централна евиденција хипотека - ЦЕХ, Подношење захтева, Геодетске мреже, Регистар лиценци Геодетских Организација, Картографске публикације, Евиденција цена и процена.

Иницијална верзија геопортала "геоСрбија" пуштена је у рад још у новембру 2009. године. Можете јој приступити преко адресе [www.geosrbija.rs](http://www.geosrbija.rs).



Приказ почетне стране "геоСрбија"

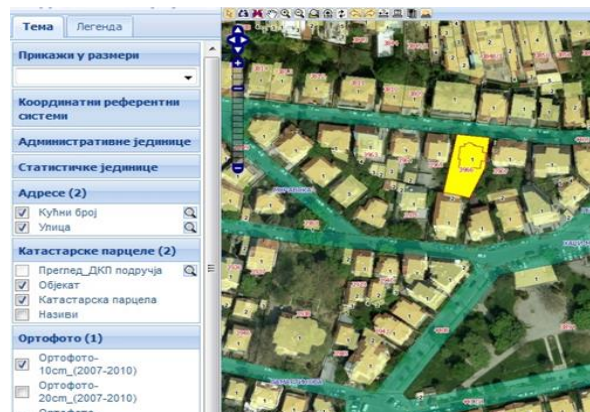
ГеоСрбија пружа приступ сервисима за претраживање и преглед метаподатака, сетова и сервиса просторних података из надлежности РГЗа и партнерских институција и тако обезбеђује јавни приступ информацијама о простору.



Приказ ортофотоа

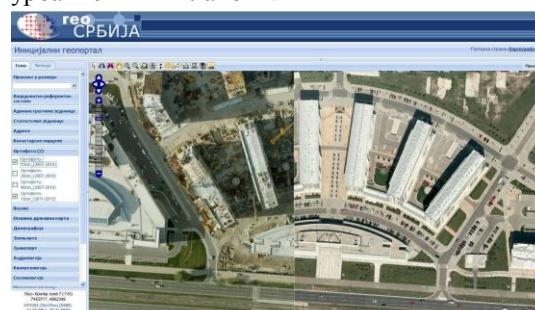
Тренутно су на порталу доступни подаци из надлежности РГЗа, Републичког завода за статистику, Републичког сеизмолошког завода, Републичког хидрометеоролошког завода, Агенције за заштиту животне средине, Министарства одбране – Војногеографског института, ЈП Путеви Србије, Завода за заштиту природе Србије и појединих јединица локалне самоуправе. На геопорталу су доступни просторни подаци из службених евиденција и регистара из надлежности Републичког геодетског завода као што су координатни референтни систем, административне јединице, статистичке јединице,

адресе, катастарске парцеле, ортофото, висине и поједине тематске карте за одређена подручја.



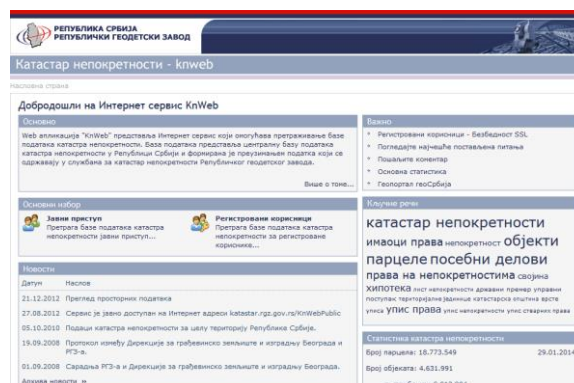
Приказ преклопљених слојева на геопорталу

У сарадњи са другим државним институцијама омогућен је јавни приступ геоинформацијама и то: демографија, земљишни прекривач, педологија, хидрологија, климатологија, сеизмологија, топографија, мрежа државних путева, заштићена природна добра, као и поједини просторни и урбанистички планови.



Упоредивање ортофотоа

Апликација "KnWeb", која се налази на адреси <http://katastar.rgz.gov.rs/KnWebPublic/>, омогућава on-line претраживање базе података катастра непокретности. База података представља централну базу података катастра непокретности у Републици Србији и формирана је преузимањем података који се одржавају у службама за катастар непокретности.



Приказ почетне стране "knweb"

Катастар непокретности је урађен на целој територији Републике Србије. Сервис омогућава претраживање података о непокретностима, који су у Служби за катастар непокретности са назначеним датумом ажурности били у статусу "активни".

Катастарска општина	Мат. број	Општина
АДА	803448	АДА
МОЛ	803588	АДА
ОБОРЊАЧА	803634	АДА
УТРИНЕ	803642	АДА

### Претраживање базе катастра непокретности

Претраживање базе података могуће је преко адресе и катастарских парцела. Основни циљ јесте да се омогући грађанима и правним субјектима да изврше увид у податке о непокретностима. Предвиђено је да се омогући и идентификовање непокретности алатима за просторно претраживање и преглед података о непокретностима на дигиталном катастарском плану и ортофотоу.

### Претраживање базе централне евиденције хипотека - ЦЕХ

База података је формирана преузимањем постојећих података из катастра непокретности и уносом постојећих података достављених из земљишних и интабулационих књига. Кроз ову веб апликацију могуће је видети детаљне информације о непокретностима, носиоцима права и детаљне информације о хипотеци (износ хипотеке, комплетан садржај хипотеке са називима повериоца и дужника). Претраживање базе података могуће је преко катастарских парцела и објектата путем адресе.

Још један од веб сервиса које РГЗ, која се налази на адреси [www.rgz.gov.rs/zahtevi/](http://www.rgz.gov.rs/zahtevi/) омогућава је on-line подношење захтева. Ова услуга је омогућена како приватним геодетским организацијама тако и обичним грађанима. Увођењем овог веб сервиса повећава се ефикасност у обради захтева и смањује број долазака корисника услуга. Омогућен је дакле сигуран, једноставан и ефикасан начин да се електронским путем поднесе захтев. Корисници ће овим путем имати и увид у комплетну историју кореспонденције, поднетих и обрађених захтева, као и тренутних статуса обраде.

### Приказ почетне стране "Подношење захтева"

## 4. СЕРВИСИ КОЈИ СЕ РАЗВИЈАЈУ ОД СТРАНЕ РГЗа У ОКВИРУ IGIS ПРОЈЕКТА

У оквиру IGIS пројекта ради лакшег приступа подацима и производима, развијају се веб портали за претраживање, преглед и дистрибуцију геоподатака преко Интернета. IGIS пројекат треба да обезбеди две главне компоненте: податке и сервисе. Подаци који се прикупљају у оквиру пројекта се обрађују у различитим радионицама тако да се на крају добијају:

- ✓ Сателитски и подаци настали аероснимањем,
- ✓ Подаци прикупљени даљинском детекцијом и LIDARом,
- ✓ Израда 3D векторске базе података као и аналогних и дигиталних карата.

Сервиси омогућују приступ тим подацима и они су омогућени путем веб портала. Основне компоненте IGIS система за веб портале су:

- ✓ DMC-CDR – решење за смештај и управљање подацима и производима из пројекта
- ✓ FACEO/METIS веб портал – демонстрација и визуализација доступних геопodataка
- ✓ INSPIRE веб портал – претраживање и увид у геопodataке за јавне институције укључене као партнери у пројекат кроз интранет приступ
- ✓ DataDoors/WebBoutique веб портал – дистрибуција изабраних геопodataка за организације и грађане преко Интернета

### DMC-CDR систем

Смештај, размена и дистрибуција података и производа са пратећим метаподацима се обавља преко CDR–DMC (Central Data Repository – Data Management Capabilities). Улога CDR–DMC система је да у пројекту омогући размену података између радионица које реализују специфичне тематске задатке, као и припрему података за публикавање на веб портале. Поред података насталих у пројекту, могуће је укључити и друге геопodataке из надлежности РГЗа и других институција које учествују у успостаљању НИГПа.

Просторне информације као што су сателитски и авио снимци, дигитални модел висина, топографске и тематске карте и сви други геопodataци произведени у пројекту описани су метаподацима. Предуслов за увоз геопodataка на CDR и публикавање на веб портале је креирање пратећих метаподатака, што је важан корак ка имплементацији техничког оквира INSPIRE директиве.



*Инфраструктура система*

### MultiCatalog FACEO: METIS портал

METIS веб апликација омогућава обједињени приступ различитим изворима података кроз сервисе:

- ✓ Каталог за претрагу и увид доступних просторних података преко метаподатака
- ✓ WMS (web mapping service) за визуализацију и комбиновање геопodataка различитог тематског садржаја и порекла
- ✓ Могућност коришћења екрана осетљивог на додир (Multi-Touch interface) ради ефикасне демонстрације и 3D визуализације података о простору

Портал се користи за демонстрацију заинтересованим корисницима могућности управљања простором комбиновањем геопodataка за различите потребе и области.

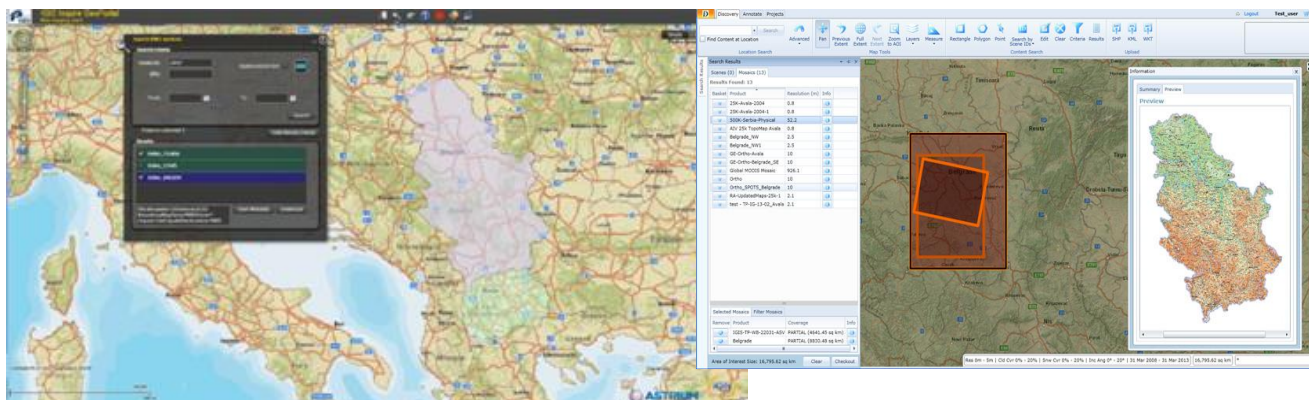


*METIS веб апликација*

### INSPIRE веб портал

Портал је намењен за кориснике из РГЗа и друге јавне институције које сарађују као партнери у реализацији и коришћењу података из пројекта. Корисницима је омогућена претрага и увид у публиковане геопodataке, као и могућност изражавања заинтересованости за преузимање геопodataка.

Геопodataци се приказују на порталу преко WMS сервиса. Приступ порталу је предвиђен преко Интернета уз процедуру за проверу идентитета корисника.



INSPIRE веб портал

DataDoors кориснички интерфејс

### DataDoors/WebBoutique веб портал

DataDoors систем омогућава припрему и публикавање на веб портал широког спектра просторних података ради обезбеђења наручивања и дистрибуције података путем Интернета.

DataDoors пружа подршку за следеће сервисе:

- ✓ Увоз и организација геоподатака
- ✓ Управљање правима приступима одређеним подацима
- ✓ Проналажење и визуелизација података преко web клијента
- ✓ Наручивање изабраног производа, обрада пре испоруке (избор формата, координатног система и пројекције, начин испоруке (FTP или други медији) и слично)
- ✓ Електронско плаћање наручених производа (управљање са ценама производа, стратегија наплате, плаћање електронским картицама)
- ✓ Испорука података са извештавањем преко електронске поште и преузимање података са пратећом документацијом преко FTP протокола.

DataDoors решење је интегрисано са техничком платформом за портал е-Управе, преко кога се подржава електронско плаћање наручених података. Омогућено је управљање различитим корисничким правима и улогама у оквиру система, као и организовање структуре корисника из других институција које су заинтересоване да користе портал за дистрибуцију сопствених просторних података. На тај начин друге институције могу да администрирају подацима из своје надлежности и дистрибуирају сопствене производе преко интегрисаног веб решења. Приликом испоруке наручених геоподатака достављају се пратећи подаци као што су метаподаци, лиценце, корисничка упутстава и други документи који помажу кориснику да се упозна са начином и условима за употребу података.

### 6. ЗАКЉУЧАК

Коришћење тренутно доступних веб сервиса обезбеђује нове могућности за проналажење, увид и дистрибуцију података о простору. Развој нових сервиса у оквиру IGIS пројекта, омогућиће лакши приступ и размену података између организација из јавног сектора. У текућој години се очекује прелазак INSPIRE и DataDoors/WebBoutique веб портала у оперативну фазу, односно да се портали званично користе у пракси од стране партнерских институција и грађана у складу са дефинисаном функционалношћу.

Републички геодетски завод је одлучан да преузме вођство у развоју стратегије и припадајућег плана за имплементацију НИГПа без кога не би ни био могућ развој како геопортала тако и осталих веб сервиса. Кључни фактор за успешну имплементацију НИГПа је омогућавање корисницима да приступају просторним подацима кроз успешну сарадњу. Наравно да НИГП не може бити креиран и одржан од стране једне организације па је зато кључна улога РГЗа у вођству, развоју и промоцији заједничке инфраструктуре кроз искрен заједнички приступ између свих заинтересованих страна. Досадашња искуства нам показују да је могуће остварити успешну међуинституцијалну сарадњу, а само заједничким напорима и улагањима може се остварити заједнички интерес, а то су ажурни и тачни подаци лако доступни путем Интернета.





**ЛИТЕРАТУРА:**

[1.] <http://www.rgz.gov.rs>

[2.] <http://www.euprava.gov.rs/>

[3.] <http://www.airbus-group.com/airbusgroup/int/en.html>

[4.] *Стратегија НИГП за период 2013 – 2015 - Нацрт. Национална инфраструктура геопросторних података. Републички геодетски завод, мај 2013.*

[5.] *Стратегија за успостављање инфраструктуре просторних података у Србији 2010 – 2012. Службени гласник РС бр. 81/10. Београд 2010.*

[6.] *INSPIRE Национална инфраструктура просторних података у Србији National\_report\_Serbia 6th study on cadastre and nsdi 2013*

## MOGUĆNOSTI UČEŠĆA DOMAĆIH ISTRAŽIVAČA U OKVIRU INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U PROGRAMU HORIZONT2020

### THE POSSIBILITIES OF NATIONAL RESEARCH SCIENTISTS PARTICIPATION IN ICT – PRIORITY OF EU HORIZON2020 PROGRAM

Bogdanović Svetlana

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Beograd

**Sadržaj** U radu su predstavljene mogućnosti učešća domaćih naučno-istraživačkih institucija u okviru oblasti –informacione i komunikacione tehnologije (ICT) u okviru programa Horizont 2020 Evropske Unije koji čini osnovni okvir za istraživanja u periodu od 2014. – 2020 .godine. Naime, kako je najveći deo budžeta za projekte Evropske Unije, namenjen ovoj oblasti šansa za prijavljivanje projekata za naše istraživače je prilika za učešće i uključivanje u evropske tokove. U cilju približavanja naših istraživača Evropskom istraživačkom prostoru ovaj vid angažovanja je neminovan, a u saglasnosti je sa strategijom Digitalne agende[1]. Kao primer mogućnosti realnog uključenja u mrežu ICT istraživača dat je opis planiranih aktivnosti u projektu IDEALIST2014.

**Abstract** This paper presents possibilities of national research and development organisations participation in Informations&Communications TechnologiesTheme of the Horizon2020 program European Union, the base research framework in 2014-2020 period. Because of the biggest part of European Union projects budget is devoted to ICT Theme, projects proposal is a good chance for researchers to involve in European tendencies. In order of approaching our researchers to European Research Area , this kind of engagement cannot be avoided, as it is consequent with Digital Agenda strategy[1.] Description of planned activities in the scope of IDEALIST2014 project is given as an example of real possibilities for inclusion in ICT researchers network.

#### 1. UVOD

**Horizont 2020** je program Evropske unije za istraživanje i inovacije za period od 2014. - 2020. godine koji objedinjuje: teme za istraživanje koje su bile obuhvaćene Sedmim okvirnim programom (FP7), deo Programa za konkurentnost i inovacije (CIP) i Evropski institut za inovacije i tehnologiju (EIT). Horizont 2020 je usmeren na ostvarivanje ključnih strateških dokumenata EVROPA 2020, Inovaciona unija (Innovation Union) i izgradnju Evropskog istraživačkog prostora. Ovaj program bi trebalo da da doprinos pronalazenju rešenja na ekonomsku krizu, investiranju u buduće poslove i razvoj, rešavanju pitanja građana EU o njihovoj materijalnoj sigurnosti, opštoj bezbednosti i životnoj sredini, kao i jačanju globalne pozicije EU u istraživanjima, inovacijama i tehnologijama.

Kao i prethodne Framework programe (FP) Evropske komisije koji su predstavljali glavni

instrument za finansiranje istraživanja u Evropi do sada i Horizont2020 predlaže Evropska komisija a usvaja Savet i Evropski parlament, konsenzusom u proceduri zajedničkog odlučivanja.

#### 2. PODRUČJA DELOVANJA I BUDŽET

Struktura programa Horizont 2020 (Slika 1) je podeljena na tri prioriteta/programskih bloka:

- Izvrsnost u nauci
- Liderstvo u industriji
- Društveni izazovi

sa planiranom raspodelom budžeta u visini od 78,2 milijardi evra za period do 2020 godine datom na slici 2. Glavni cilj programa je da promoviše izvrsnostu evropskoj nauci i istraživanju,,finansijski podrži najbolje ideje i talente kao i da načini Evropu dovoljno atraktivnom da privuče najbolje svetske istraživače. Osim toga potrebno je

omogućiti razvoj i dinamičnu upotrebu evropskog intelektualnog kapitala kako bi se stvorile nove veštine, novo znanje i inovacije. Ključni ciljevi programskog bloka **izvrsnost u nauci** su:

-podsticanje najtalentovanijih i najkreativnijih pojedinaca i timova da sprovedu vrhunsko istraživanje u okviru Evropskog istraživačkog saveta (ERC)

; -finansiranje zajedničkih istraživanja da bi se otvorila nova polja istraživanja i inovacija kroz podršku budućih i novih tehnologija (FET);

-obezbedjenje i istraživačima odlične mogućnosti za obuku i razvoj karijere u okviru Marija Skłodowska-Kiri Akcija;

-osigurati da Evropa ima vrhunsku istraživačku infrastrukturu (uključujući i e-infrastrukturu) dostupnu svim istraživačima u Evropi i šire

Kao što se vidi najveća sredstva se izdvajaju za programski blok Izvrsnost u nauci, (Slika 2). , a u okviru ovog bloka što se tiče informacionih tehnologija finansiraće se zajednička istraživanja visokorizičnih projekata koji imaju potencijal da ostvare pravi tehnološki i društveni napredak i otvore nova polja za inovacije. Tri vrste projekata: *FET Open* – u kojima će se istraživači nadmetati za sredstva; *FET Proactive* – koji će oglašavati pozive na određene teme i promovisati stvaranje multidisciplinarnih istraživačkih zajednica, i *FET Flagship* – dva specifična desetogodišnja istraživačka projekta *Graphene i Human Brain*

**Cilj programskog bloka Liderstvo u industriji je** poboljšanje dostupnosti finansiranja za inovativna preduzeća. Krediti i garancije za rizične projekte će biti dostupni preko kredita Evropske investicione banke i Evropskog investicionog fonda, i kroz ulaganje kapitala u ranim fazama, a rast će biti podržan kroz kapitalne objekte. Informacione i komunikacione tehnologije

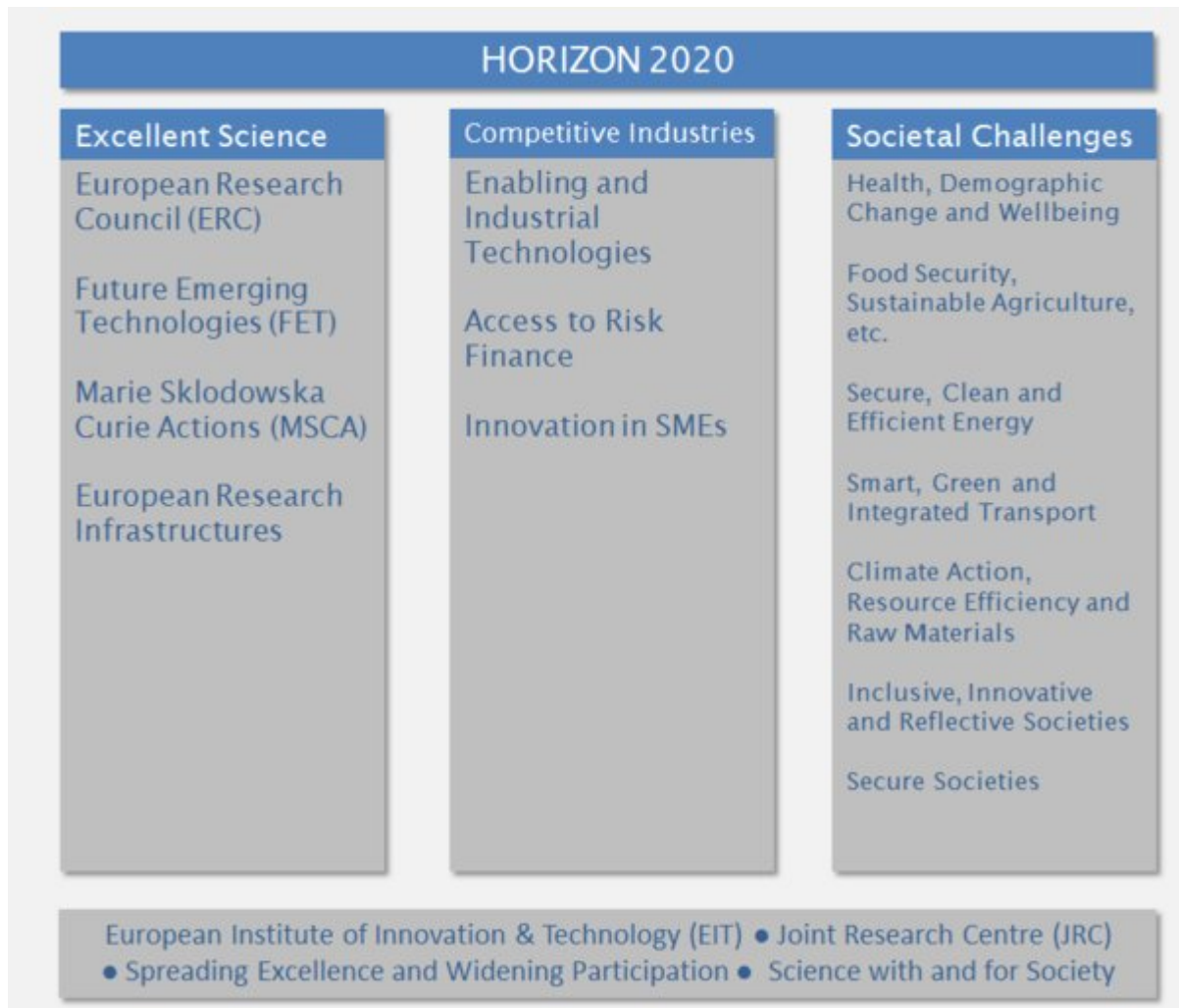
u ovom bloku pokrivaju sledećih 6 tehnoloških oblasti:

- nove generacije komponenti i sistema,
- napredno računarstvo,
- budući internet,
- tehnologije
- robotika
- mikro i nano tehnologije i fotonika

Cilj projekata u ovoj oblasti je da se ubrza komercijalizacija i širenje inovacija, vreme neophodno da nastala ideja dođe do tržišta i značajno poveća učešće malih i srednjih preduzeća, kao i kandidata iz javnog i neprofitnog sektora istraživanja koji se prvi put prijavljuju za učešće u programu Horizon 2020.

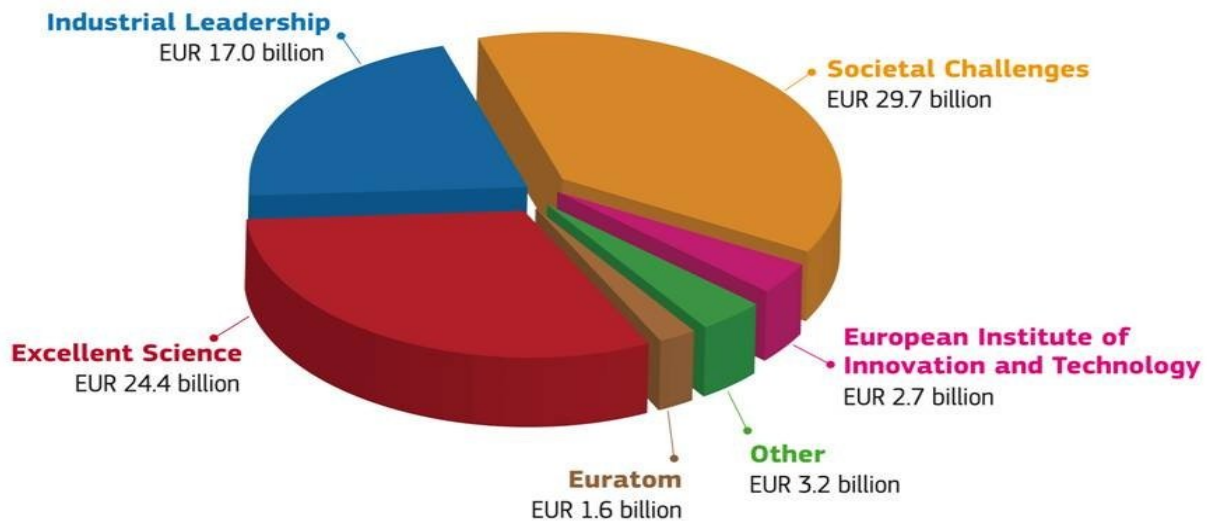
Kako se ciljevi politike Evropske unije i rešavanje problema građana i društva ne mogu se postići bez inovacija, u trećem programskom bloku je predviđena podrška istraživanjima koja se bave “**društvenim izazovima**”. Cilj projekata je da se pronalaze nova rešenja iz multidisciplinarnе saradnje, uključujući društvene i humanističke nauke, pri čemu ova rešenja moraju da budu testirana i demonstrirana. Što se tiče projekata iz informacionih i komunikacionih tehnologija u ovom bloku njihov doprinos se očekuje u šest društvenih izazova koji su označeni na sl.1. i ima za cilj da odigra ključnu ulogu u podsticanju inovativnih i kompetitivnih programa u društvenom sektoru: razvojem široke lepeze aplikacija koje uključuju obezbeđivanje zdravstvene zaštite, transportnih sistema kao i inovativnih sistema za poboljšanje energetske efikasnosti, inovativnih ekoloških kao i rešenja koja se odnose na slobodu i bezbednost građana.

Takođe, kroz program Horizon 2020, izdvajaju se sredstva za Evropsku zajednicu za atomsku energiju (European Atomic Energy Community - Euratom), Evropski Institut za inovacije i tehnologiju kao i Zajednički istraživački centar Evropske komisije (Joint Research Centre - JRC) .



Slika 1.

## HORIZON 2020 BUDGET (EUR 78.6 billion, current prices)



Slika 2.

### 3. IZVODJENJE PROGRAMA

Program Horizont2020 sprovodi se u delo putem konkursa [2] za prijavu projekata – "Call for proposals" koji se raspisuju za svaku aktivnost unutar navedenih celina i ostalih aktivnosti. Zavisno od tematske celine i aktivnosti, konkursi se raspisuju jednom do dva puta godišnje, a rok za prijavljivanje projekata je prosečno tri meseca. Zavisno od aktivnosti, mogući su i trajni otvoreni konkursi, ili pak da se konkurs raspiše samo jednom ili dvaput tokom celog trajanja programa. Iz radnih programa moguće [3] je pratiti koja će od tema biti na rasporedu za objavu u nekom od konkursa.

Prvi konkursi objavljeni su 11. decembra 2013. godine, s rokom prijave od tri do pet meseci. Spisak objavljenih konkursa, kao i informacije o pravilima, uslovima i mogućnostima učestvovanja objavljen je na portalu za učesnike

Mere i načini sprovođenja, u praksi su zapravo vrste projekata kakvi se mogu prijaviti na konkurse. U pravilima prijave koje objavljuje uz konkurse, Evropska komisija propisuje i koji tip projekta je dozvoljeno ili moguće prijaviti na konkurs. Tipovi projekta razlikuju se po svojoj nameni – jedan tip se koristi kad se prijavljuje organizacija konferencije ili slične aktivnosti, a drugi pak kad se radi o velikom zajedničkom istraživačkom projektu ili tematskoj mreži na evropskom nivou. U programu Horizont 2020 Evropska komisija kroz sve teme predvidela

podršku *trans-nacionalnoj* saradnji koja se implementira kroz:

- Istraživačke i inovativne akcije
- Inovacione akcije
- aktivnosti koordinacije i podrške,
- aktivnosti promocije i razvoja ljudskih potencijala i mobilnosti
- združene tehnološke inicijative - uglavnom proistekle iz rada Evropskih tehnoloških platformi
- koordinacija istraživačkih programa
- ERA-NET šeme i posebne odredbe Člana 169. Ugovora

### 4. PRAVILA UČEŠĆA

Pravila učešća su pravila koja propisuju praktičnu primenu svih EU istraživačkih aktivnosti u okviru Horiyon2020 programa. Pravila učešća postavljaju set detaljnih smernica vezanih za pitanja kao što su:

- Tip i zemlja porekla organizacija koje mogu aplicirati za EU sufinansiranje
- Minimalni broj partnera koji moraju biti uključeni u predlog projekta da bi projekt bio podoban za prijavu
- Vrste/tipovi financiranja koji su predviđeni za pojedine aktivnosti :dve standardne stope finansiranja (jedna stopa

fiansiranja za istraživačke projekte – maksimum od 100% svih dozvoljenih troškova osim za inovacione akcije gde će se primenjivati 70% za profitne organizacije) sa paušalnom stopom za indirektno troškove – 25% direktnih dozvoljenih troškova

- Principe evaluacije i selekcije predloga projekata
- Pravila sklapanja ugovora s Evropskom komisijom za odobrene projekte
- Pravila diseminacije i upotrebe rezultata istraživanja

Kao i sam program, i pravila učešća donose Evropski parlament i Savet Evrope zajedničkom odlukom.

U programu Horizon2020 mogu da učestvuju sve pravne osobe koje su registrovane na temelju nacionalnih, međunarodnih ili evropskih zakona, bez obzira radi li se o univerzitetima, institutima, malim preduzećima ili velikim kompanijama, kao i potencijalni korisnici rezultata projekata. Osnovni je uslov učešće u okviru navedenih pravila,.

U programu Horizon2020 mogu da učestvuju i fizičke osobe, kada se radi o stipendijama ili treninzima. Stepem prava učešća zavisi od grupi kojoj pripada zemlja iz koje dolazi potencijalni učesnik. programa:

- zemlje članice EU (MS) – 28 država
- pridružene članice EU – sa potpisanim Sporazumom o naučnoj i tehnološkoj saradnji, kojim je regulisan novčani doprinos za budžet Okvirnog programa
- treće zemlje [4].

. Mogućnost i uslovi učešća za pojedine grupe objavljuju se još posebno u tekstu svakog raspisanog konkursa, a najčešće je za formiranje konzorcijuma projekta potrebno da učestvuju najmanje tri institucije iz tri različite zemlje članice, osim ako nije drugačije definisano pravilima [5] .

## 5. UČEŠĆE U OKVIRU INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA

Radni program za informacione i komunikacione tehnologije [6] pokriva aktivnosti u ovoj oblasti za 2014. i 2015. godinu; definiše plan za implementaciju kao i kriterijume koji moraju biti zadovoljeni da bi se ostvarili postavljeni ciljevi u

konkursima. Tekući i predstojeći konkursi sa određenim budžetom koji pokriva troškove projekata kojima će se ostvariti predviđeni strateški ciljevi.

Prijavlivanje projekata podnosi se preko zajedničkog portala (Participation portal) koji je redizajniran kako bi bio razumljiviji za učesnike i kako bi se omogućilo što šire moguće učešće. Predlozi projekata se prihvataju nakon njihove evaluacije od strane nezavisnih evaluatora, a yatim komisija ulazi u postupak pripreme grantova sa izabranim projektima. Kada se utvrde svi administrativni i tehnički uslovi potpisuje se ugovor o projektu, nakon čega se dobija finansiranje.

## 6. PROJEKAT IDEALIST2014

Ovaj projekat je nastao kao nastavak prethodnog projekta Evropske komisije IDEALIST2011 koji je okupljao predstavnike 63 zemalja, u cilju boljeg informisanja u okviru ICT prioriteta u FP7 programu. Naime, konzorcijum IDEALIST2014 projekta čine pre svega NCP ( National Contact Points) ili osobe koje blisko saraduju sa nacionalnim koordinatorima u oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija.

Cilj projekta je da se pojednostavi učešće u oblasti informacionih tehnologija u smislu bolje informisanosti potencijalnih partnera pri čemu su ciljna grupa bila mala i srednja preduzeća i predlagači iz trećih zemalja tako da sada konzorcijum čine predstavnici 88 zemalja [7] , a što je u skladu sa strategijom međunarodne saradnje Evropske Unije.

Mere i načini sprovođenja projekta IDEALIST2014, sastoji se iz

- Traženja partnera za predloženu projektnu ideju u okviru ICT. Ova projektna ideja će biti distribuirana na više od 50000 adresa zainteresovanih za drugu prioritarnu oblast. Sa 100% uspehom ova mreža obezbeđuje odgovarajućeg partnera u roku od nedelju dana ili čak ranije
- Posredovanje ( Partner Brokerage). Ova mreža omogućava povezivanje potencijalnih partnera za ICT projekat. Putem realnih ili virtuelnih događaja može se naučiti o drugim organizacijama koje traže istraživače i zatim da uspostavite saradnju na zajedničkim oblastima od interesa
- ICT konferencije i radionice – Medjunarodne konferencije informišu o temi ICT, a specijalizovane radionice

osiguravaju brz i efikasan uvid u rad i funkcionisanje. Pomažu razumevanju izazova i raspoloživih mogućnosti, kao i pisanju uspešnog predloga projekta.

osiguran sistematski priliv ciljanih informacija o FP7 i temi ICT u skladu sa tekućim potrebama. i interesima.

## 7.ZAKLJUČAK

Istraživačima iz Srbije Horizon2020 program otvoren u potpunosti kako za pristupanje istraživačkim konzorcijumima tako i za koordinaciju sopstvenih projektnih ideja.. Posebno se to odnosi na sastav stipendija i potporu za mobilnost naučnika, što široj naučnoj zajednici otvara priliku aktivnog uključivanja u evropski istraživački prostor.

Uključivanjem naše zemlje i u projekat IDEALIST2014 našim istraživačima je pružena mogućnost korišćenja evropske mreže od 88 FP7 nacionalnih i 55000 međunarodnih kontakata zainteresovanih za ICT koji jamče brzu razmenu informacija, kao i efikasne usluge traženja projektnih partnera. Posebno se to odnosi na

## LITERATURA

- [1] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/>
- [2] <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/funding/index.html>
- [3] [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/main/h2020-wp1415-leit-ict\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-leit-ict_en.pdf)
- [4] Anex Radnog programa Horizon 2020' str.3
- [5] [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal\\_basis/rules\\_participation/h2020-rules-participation\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal_basis/rules_participation/h2020-rules-participation_en.pdf)
- [6] ICT Work Programme 2014-2015
- [7] <http://WWW.IDEALIST-EU>

# ITERATIVNI PRISTUP ZA PODEŠAVANJE PERFORMANSI BAZE PODATAKA

## AN ITERATIVE APPROACH FOR DATABASE PERFORMANCE TUNING

Robert Ramač<sup>1</sup>, Vladimir Mandić<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>TIAC group d.o.o, Novi Sad, Srbija

**Kratak sadržaj** - U današnjem okruženju svakodnevno dolazi do generisanja velike količine podataka, od koje je određenu količinu potrebno trajno skladištiti radi buduće primene. Trend je takav da se podaci skladište u bazama podataka, i to uglavnom relacionim. Vremenom količina podataka u bazi prevazilazi mogućnosti samooptimizacije sistema za upravljanje bazama podataka, tako da se javlja potreba za manuelnim podešavanjem performansi. Ovaj rad ilustruje jedan iterativni pristup za optimizaciju performansi, koji je nezavistan od primenjene tehnologije, a koji pruža definisani niz koraka kroz koje je potrebno proći prilikom vršenja optimizacije neke baze podataka. Dati pristup je takođe validiran na jednom realnom problemu sa performansama iz prakse.

**Ključne reči:** baza podataka, optimizacija, performanse, metodologija, iterativni pristup, postupak optimizacije.

**Abstract** – In today's environment, every day a large amount of data is generated, of which a certain amount needs to be stored for future use. The trend is such that this data is stored in relational databases. In time the amount of data that is stored in these databases exceeds the self-optimizing capabilities of database management systems, so the need for manual tuning arises. This paper illustrates one approach for database performance tuning, that is independent of the technologies in use. This approach provides a defined set of steps that need to be taken in order to optimize a certain database. The proposed approach for database performance tuning is also validated on one specific example from practise.

**Key words:** database, optimization, performance, methodology, iterative approach, optimization method.

### 1. UVOD

Podešavanje performansi baze podataka podrazumeva niz aktivnosti od definisanja problema sa performansama, sakupljanja podataka i njihove analize do implementacije rešenja koje dovodi do željenih rezultata. Ova podešavanja se vrše radi optimizacije sistema, koju je moguće posmatrati kao niz koraka koje je potrebno izvršiti kako bi se došlo do odgovarajućih rezultata. Jedan od ključnih pokazatelja performantnosti sistema jeste vreme odziva, odnosno vreme potrebno aplikaciji koja koristi bazu podataka da vrati traženi odgovor. Ukoliko je ovo vreme čekanja neprihvatljivo dugo, to iziskuje neophodnost unapređenja performansi tog sistema. S obzirom da je za funkcionisanje većine sistema neophodno da podaci budu raspoloživi u nekom prihvatljivom vremenskom periodu, javlja se potreba za eliminisanjem (tj. skraćivanjem) ovog vremena čekanja. Kao primer sistema koji zahtevaju relativno brz odziv

aplikacije moguće je sagledati većinu šalterskih službi, kao i tkz. *real-time* sisteme (npr. berzansko poslovanje).

Radovi u oblasti podešavanja performansi se kreću u raznim pravcima. Svakako tu su radovi koji vrše upoznavanje sa oblasti podešavanja performansi, kako bi budući rad sa bazama podataka bio produktivniji [1]. Druga grupa radova u pomenutoj oblasti fokusira optimizaciju upita [2] [3], a postoje i istraživanja koja se bave tehnikama kompresije [4]. Isto tako sa ciljem poboljšanja performansi tu su i radovi koji se bave tehnikama merenja performansi i postavljanja nekih osnovnih mernih vrednosti i principa rada [5] [6] [7] [8].

Prilikom vršenja pregleda literature, pronađen je mali broj radova koji optimizaciju posmatraju u širem smislu [1], ne ograničavajući se na izolovane faktore koji utiču na performanse.

Ovaj rad je motivisan realnim projektom iz prakse i softverskom aplikacijom koja je manifestovala probleme sa performansama baze podataka. Rešenja koja su bila bazirana na podešavanje izolovanih faktora nisu dala zadovoljavajuće rezultate. Upravo nas je to motivisalo da razvijemo jedan sistematičan pristup za podešavanje performansi baze podataka, a time i unapređenje performansi softverske aplikacije koja koristi bazu podataka.

Rad pored uvoda ima još četiri poglavlja. U poglavlju 2 izvršen je pregled teorije koja je neophodna za dalji rad, uključujući metode, tehnike i alate koji mogu biti korišćeni u cilju optimizacije. Poglavlje 3 uvodi iterativni pristup za podešavanje performansi, dok se poglavlje 4 bavi sa validacijom ovog pristupa na jednom realnom primeru iz prakse. Nakon ovih poglavlja, u okviru zaključka, izvršena je odgovarajuća diskusija, kao refleksija na praktični deo rada.

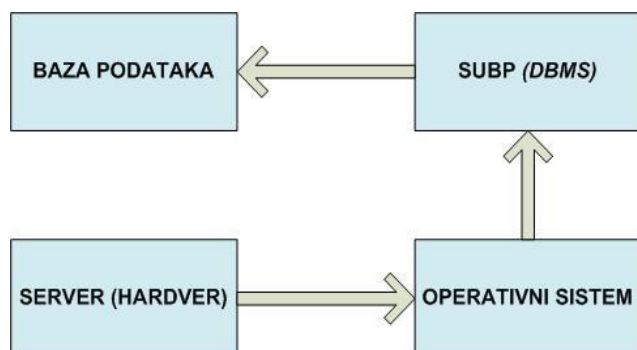
### 2. TEORETSKA OSNOVA RADA

Bitno je napomenuti da je kao osnova za ovo poglavlje korišćena knjiga *Professional SQLServer 2005 Performance Tuning*, [12], kao i *Performance Tuning with SQL Server Dynamic Management Views*, [13]. Isto tako moguće je naći dodatnu literaturu koja se odnosi na podešavanje verovatno dva najzastupljenija sistema za upravljanje bazama podataka – *MS SQLServer* i *Oracle* [9], [10], [11]. Kompletnu teoretsku osnovu je moguće podeliti na dva dela. Prvi deo obuhvata analizu faktora koji utiču na performanse, dok se drugi deo bavi metodama, tehnikama i alatima za monitoring tih faktora.



## 2.1 FAKTORI KOJI UTIČU NA PERFORMANSE BAZE PODATAKA

Na slici 1 je dat prikaz faktora koji utiču na performanse sistema, dok je u nastavku izvršen teorijski pregled ovih faktora kao i tehnika i alata za njihovu analizu.



Slika 1 – Faktori koji utiču na performanse sistema

Slika 1 predstavlja osnovne međuzavisnosti između faktora. Pre svega, hardverska konfiguracija utiče direktno na performanse operativnog sistema, a indirektno na performanse svih aplikacija koje se izvršavaju na sistemu, uključujući i sistem za upravljanje bazom podataka (SUBP). Od performansi SUBP zavise performantne karakteristike same šeme baze podataka koja se koristi od strane softverske aplikacije. Razumevanje ovih međuzavisnosti je ključno za uspešno identifikovanje potencijalnih uzroka pada performansi sistema.

## 2.2 MONITORING FAKTORA

Monitoring faktora koji utiču na performanse baze podataka moguće je vršiti na dva načina. Ta dva načina obuhvataju primenu brojača performansi (eng. *Performance counters*) i dinamičkih pogleda SQL Server-a (eng. *Dynamic Management Views - DMVs*).

### 2.2.1 MONITORING UZ POMOĆ BROJAČA PERFORMANSI

Performanse servera je moguće pratiti pomoću brojača performansi. Oni se koriste za dobijanje informacija o tome kako operativni sistem, aplikacije ili sam hardver funkcionišu.

Brojači su grupisani po odgovarajućim objektima performansi. Pomoću brojača performansi moguće je identifikovati promenu u performansama servera, a te informacije su od značaja za dalju analizu.

*Performance monitor* predstavlja alat koji daje vizuelni prikaz ovih brojača koji su sastavni deo *Windows* operativnog sistema. U okviru operativnog sistema pristutan je veliki broj brojača performansi za monitoring samog operativnog sistema, kao i brojači za *MS SQLServer* ili bilo koju drugu softversku aplikaciju.

Osnovni brojači performansi su dati u tabeli 1.

Tabela 1 – Osnovni brojači performansi

Naziv brojača	Opis	Referentna vrednost <sup>1</sup>
<i>%ProcessorTime</i>	za merenje procesorskog vremena	85% (ukoliko je više treba sagledati detaljnije)
<i>%PrivilegedTime</i>	za merenje vremena koje procesor provede u kernel modu	konstantno iznad 70%
<i>%UserTime</i>	za merenje vremena koje procesor provede u izvršavanju korisničkih procesa	razlika prihvatljivih vrednosti prethodna dva brojača
<i>Page File Bytes</i>	za praćenje trenutne količine virtuelne memorije	-
<i>Virtual Bytes</i>	za praćenje veličine virtuelnog adresnog prostora	-
<i>Virtual Bytes Peak</i>	za praćenje maksimalne veličine virtuelnog adresnog prostora	-
<i>PageFaults/sec</i>	za praćenje broja stranica koje nisu pronađene u memoriji	5-10 nepronađenih stranica
<i>PageWrites/sec</i>	za praćenje stope upisa stranica na disk	5 stranica/sec
<i>PageReads/sec</i>	za praćenje stope čitanja stranica sa diska	5 stranica/sec
<i>AvailableMbytes</i>	za praćenje slobodnog prostora u fizičkoj memoriji	vrednosti ne bi smeje biti ispod 20%
<i>Avg. Disk sec/Read</i>	za praćenje prosečnog vremena čitanja podataka sa diska	do 15ms, a sve iznad zahteva analizu
<i>Avg. Disk sec/Write</i>	za praćenje prosečnog vremena upisa podataka na disk	do 15ms, a sve iznad zahteva analizu
<i>Avg. Disk Queue Length</i>	za praćenje broja zahteva za upis na disk	prihvatljiva vrednost je 2 (imati u vidu broj diskova)

Referentne vrednosti zaključene su na osnovu iskustva iz prakse [15]. One takođe mogu da variraju u zavisnosti od mogućnosti sistema, ali i od njegove konfiguracije. Iz ovog razloga je od velikog značaja vršenje inicijalnog merenja, odnosno pravljenja *baseline*-a.

### 2.2.2 MONITORING MS SQL SERVERA POMOĆU DINAMIČKIH OBJEKATA

Dinamički objekti (eng. *Dynamic Management Objects - DMOs*) [13] daju prikaz podataka koji se mogu ticati, između ostalog, konekcija, sesija, transakcija, upita i tačaka nagomilavanja posla. Pomoću njih moguće je doći do zaključka gde se nalazi usko grlo sistema. Dinamički pogledi (eng. *Dynamic Management Views - DMVs*) [13], kao jedna vrsta dinamičkih objekata, jesu pogledi u sistemskoj bazi podataka (*master database*) koji sadrže veliki broj relevantnih podataka za analizu performansi.

<sup>1</sup> <http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff367896%28v=exchg.141%29.aspx>

### 2.2.2.1 MONITORING PERFORMANSI POMOĆU DINAMIČKIH OBJEKATA

Često problemi u performansama *SQL Server*-a nastaju zbog prekomernih zahteva za nekim deljenim resursom, što dalje dovodi do uskih grla sistema i do neprihvatljivo dugog odziva sistema. Iz tih razloga se monitoring performansi vrši po slojevima, gde su slojevi sledeći: sloj konekcija, sesija i zahteva, sloj upita, sloj transakcija, sloj indeksa, sloj statistike diska i sloj operativnog sistema [13]. U nastavku su obrađeni samo oni slojevi koji su relevantni za ovaj rad.

#### SLOJ KONEKCIJA, SESIJA I ZAHTEVA I SLOJ TRANSAKCIJA

U nastavku će biti dat prikaz dinamičkih pogleda koji su korišćeni u okviru slojeva konekcija, sesija, zahteva i transakcija [16].

- 1) *SYS.DM\_EXEC\_CONNECTIONS* – pruža podatke o saobraćaju na mreži, tj. ko sve ostvaruje konekciju sa datom bazom,
- 2) *SYS.DM\_EXEC\_SESSIONS* – sadrži podatke za svaku sesiju koja je ostvarena nad nekom bazom podataka,
- 3) *SYS.DM\_EXEC\_REQUESTS* – prikazuje po red za svakog korisnika i sistemski zahtev koji se trenutno izvršava na datoj *SQL Server* instanci,
- 4) *SYS.DM\_TRAN\_LOCKS* – omogućava uvid u sva zaključavanja koja se trenutno dešavaju na nekoj instanci *SQL Server*-a, a u opseg uključuje sve baze podataka na datoj instanci,
- 5) *SYS.DM\_TRAN\_SESSION\_TRANSACTION* – ovaj DMV predstavlja primarni koji se koristi za operacije spajanja DMV-ova koji se odnose na transakcije sa onima koji se tiču sesija,
- 6) *SYS.DM\_TRAN\_ACTIVE\_TRANSACTIONS* – daje prikaz svih trenutno aktivnih transakcija sa statusom, tipom i stanjem u kom se nalaze,

- 7) *SYS.DM\_TRAN\_DATABASE\_TRANSACTIONS* – poseduje podatke o transakcionim dnevnicima, brojevima slogova i još mnogo toga.

#### MONITORING ŠEME BP POMOĆU DINAMIČKIH POGLEDA (SLOJ INDEKSA)

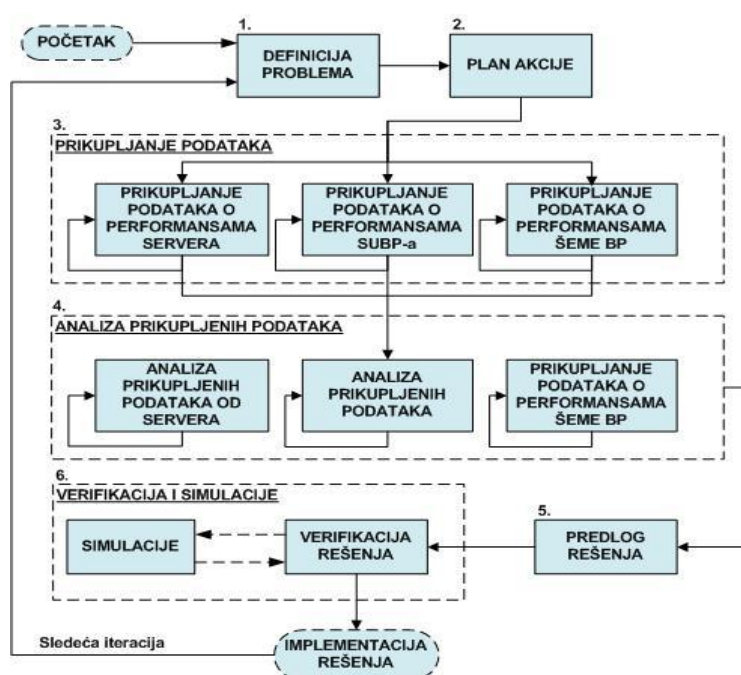
Indeksne strukture su veoma bitne sa aspekta performantnosti baze podataka. One omogućavaju brz pristup određenim podacima iz baze, i na taj način višestruko skraćuju vreme odziva [14]. Međutim, prilikom modifikacije ili upisa podataka u bazu neophodno je izmeniti strukturu indeksa, što svakako zahteva više vremena u odnosu na izmene podataka u tabeli bez indeksa. Moguće ih je pratiti putem dinamičkih pogleda, koji daju relevantne informacije, na osnovu kojih možemo zaključiti da li se usko grlo sistema nalazi u ovoj oblasti. U nastavku je dat *DMV* od verovatno najvećeg značaja za analizu indeksa:

- 1) *SYS.DM\_DB\_INDEX\_USAGE\_STATS* – ovaj DMV obezbeđuje statistiku upotrebe indeksa prilikom rešavanja upita.

Bitno je napomenuti da je pre monitoringa faktora neophodno napraviti inicijalni monitoring (eng. *baseline*) kako bi znali koje su početne vrednosti, i kako funkcioniše sistem koji posmatramo. Kasnije prilikom monitoringa posmatramo *baseline* i tražimo odstupanja.

### 3. ITERATIVNI PRISTUP ZA PODEŠAVANJE PERFORMANSI BAZE PODATAKA

Na početku ovog poglavlja bitno je napomenuti da je iterativni postupak za optimizaciju performansi baze podataka, koji se ovde uvodi, nezavistan od primenjene tehnologije. Na slici 2 dat je prikaz predloženog pristupa.



Slika 2 – Iterativni pristup za podešavanje performansi baze podataka

Koraci predloženog pristupa, prikazani na slici 3, su: definisanje problema, plan akcije, prikupljanje podataka, analiza prikupljenih podataka, predlog rešenja i verifikacija i simulacije.

### 3.1 DEFINISANJE PROBLEMA

U okviru ovoga koraka vrši se prikupljanje podataka od korisnika koji ima problem sa performansama. Potrebno je dokumentovati problem i napisati njegovu definiciju, i to tako da bude što detaljnija i preciznija sa relevantnim informacijama za dalji rad. Neka ključna pitanja koja doprinose kvalitetu definicije problema su:

- Ko ima problem?
- Šta je problem?
- Kada se problem javio?

Definicija problema je upravo ono što usmerava dalji tok rada. Primer definicije problema je dat u 4.1.

### 3.2 PLAN AKCIJE

Plan akcije reprezentuje inicijalnu ideju o tome šta su mogući uzroci problema, tačnije on uključuje informacije o tome koje podatke želimo da prikupljamo u svrhu dalje analize. Isto tako podrazumeva i specifikaciju tih podataka, u smislu koji će se podaci sakupljati, na koji način i pomoću kog alata, koji su intervali uzorkovanja itd.

### 3.3 PRIKUPLJANJE PODATAKA

U okviru ovoga koraka iterativnog postupka, vrši se sakupljanje podataka koji su definisani kao relevantni u prethodno definisanom planu akcije i koji su u skladu sa specifikacijom podataka.

### 3.4 ANALIZA PODATAKA

Ovaj korak obuhvata detaljno analiziranje podataka koji su sakupljeni u prethodnoj fazi. Na osnovu sprovedenih analiza stvaraju se prve ideje o tome šta je to što uzrokuje pad performansi i kako otkloniti problem. One takođe doprinose formiranju *baseline*-a za sledeće iteracije.

### 3.5 PREDLOG REŠENJA

U ovome koraku se vrši predlaganje jednog ili više rešenja problema do kojeg/ih se došlo na osnovu sprovedenih analiza prikupljenih podataka.

### 3.6 VERIFIKACIJA I SIMULACIJE

Ovaj korak ima za cilj da utvrdi da li su predložena rešenja validna i da li sistem funkcioniše na željenom nivou performansi.

Priloženi postupak predstavlja jedan iterativni proces koji je moguće ponavljati sve dok se željene performanse ne postignu, što je kod kompleksnih sistema i složenijih problema svakako i potrebno. Upravo je ova iterativnost od ključnog značaja, s obzirom da u većini slučajeva jedan prolazak kroz priloženi postupak ne dovodi do kompletnog otklanjanja problema, ili dovodi ali otkriva drugi problem koji zahteva dalju analizu.

## 4. VALIDACIJA PREDLOŽENOG PRISTUPA

Predloženi iterativni pristup je validiran na jednom realnom projektu iz prakse. U pitanju je projekat PIO, koji je pokrenut u saradnji organizacije *TIAC group doo* iz Novog Sada i *Fonda za penzijsko i invalidsko osiguranje Republike Srpske*. Cilj projekta jeste izgradnja softverskog rešenja koje će izvršiti automatizaciju poslovanja fonda, smanjiti opterećenost kadrova i omogućiti pravovremeno dobijanje informacija. Projekat je započet 2008. godine, dok je danas samo rešenje konkretizovano u smislu da aplikacija sa svojom bazom podataka postoji i da se operativno koristi. Bitno je napomenuti da sam projekat u trenutku izrade ovog rada nije okončan, jer se i dalje vrši razvoj nekih njegovih delova.

Što se tiče baze podataka čije performanse smo unapređivali, potrebo je istaći da se sastoji od pet relacija: *IzvodTrezora*, *IzvodTrezoraSt*, *NalogZaUplatuDoprinos*, *NalogZaUplatuDoprinosSt* i *AnalitičkaKarticaUD*. U nastavku je izvršena primena jedne iteracije pristupa za podešavanje performansi.

### 4.1 DEFINISANJE PROBLEMA

Problem koji se javlja predstavlja neprihvatljivo dugo vreme čekanja na aplikaciju da realizuje brisanje izvoda trezora. Ovo čekanje ne zaustavlja, ali znatno usporava rad aplikacije. Pojava problema nije vremenski određena, i on se javlja pri svakoj akciji brisanja izvoda. Operacija brisanja izvoda pored fizičkog brisanja podataka iz baze, takođe vrši i upis podataka koji omogućavaju praćenje promena u PIO bazi. Brisanje izvoda vrši samo korisnik sa administratorskim privilegijama. Brisanje predstavlja kontrolisanu aktivnost, s obzirom na to da brisanje izvoda nije dozvoljeno bez posebne dozvole.

### 4.2 PLAN AKCIJE

Kao prvo, neophodno je izvršiti podelu monitoringa na monitoring servera, *MS SQLServer*-a i na kraju šeme baze podataka.

U okviru monitoringa servera potrebno je postaviti osnovne brojače za procesor, procese, memoriju i disk. Prvo je potrebno izvući *baseline*, a potom vršiti monitoring prilikom aktivnosti brisanja. Jednom prikupljene podatke je potrebno analizirati u odnosu na *baseline*. Ukoliko postoje područija od interesa potrebno je ući u dublju analizu.

Prvo je potrebno pokrenuti generisanje standardnih izveštaja iz *SQL Management Studio*-a, koji daju brz uvid u opšte stanje. Nakon toga potrebno je sagledati DMV-ove koji se odnose na konekcije, sesije, zahteve i transakcije.

Prilikom monitoringa šeme baze podataka, takođe je neophodno koristiti DMV-ove. Ovaj put je potrebno analizirati podatke koje vraćaju DMV-ovi koji se odnose na indeksne strukture baze i statistiku njihove upotrebe, s obzirom da se radi o operaciji brisanja.

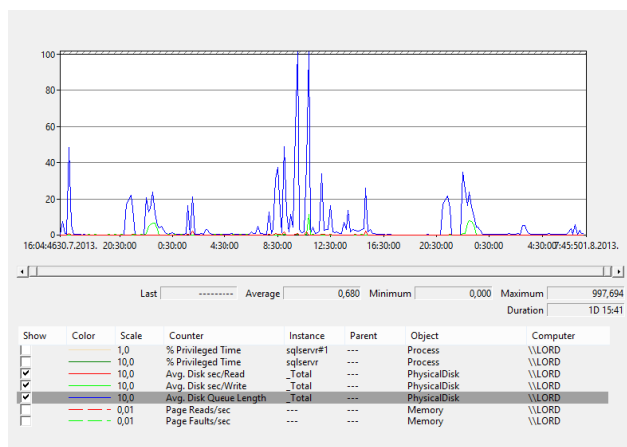
Takođe je potrebno izraditi skripte sa DML (eng. *Data Manipulation Language*) naredbama, a koje će vršiti pomenuta brisanja nad testnom bazom.

#### 4.3 PRIKUPLJANJE I ANALIZA PODATAKA

Prikupljanje i analiza podataka su grupisani kao što je rečeno u planu akcije, tj. u tri grupe.

##### 4.3.1 PRIKUPLJANJE I ANALIZA PODATAKA O SERVERU

Prilikom prikupljanja i analize podataka o serveru, postavljeni su osnovni brojači koji je moguće naći u tabeli 1. Nakon prethodno izvršenog inicijalnog merenja, sprovedeno je merenje prilikom vršenja brisanja izvoda. Ukoliko zanemarimo povremene očekivane skokove, nijedan od datih brojača performansi nije pokazao problematična područja. Na slici 3 je dat primer analize brojača koji vrši monitoring procesora.



Slika 3 – Prikaz brojača performansi diska

Slika 3 prikazuje ponašanje diska u periodu njegovog monitoringa. Moguće je zapaziti da se javljaju dva skoka brojača *Avg. Disk Queue Length*. Prilikom analize bitno je uzeti u obzir broj diskova u sistemu, jer se vrednost ovog brojača deli na ukupan broj diskova kako bi se dobila vrednost za jedan disk. Svakako ovaj skok bi predstavljao problem da je jedan disk u pitanju, ali kako PIO sistem obuhvata 6 diskova vrednosti su prihvatljive, a pogotovo zbog toga što se ovi skokovi ne javljaju često i nisu dugotrajni.

##### 4.3.2 PRIKUPLJANJE I ANALIZA PODATAKA O MS SQL SERVER-U

Kao prvo izvršen je monitoring konekcija, sesija i zahteva. Dobijeni rezultati su pokazali da postoji nekoliko konekcija na posmatranu instancu *SQL Server*-a, mada su sve konekcije validirane i ne postoji neka koja nije dozvoljena. Na osnovu ovoga konstatovano je da dublja analiza nije potrebna, tako da se prešlo na monitoring transakcija, tj. blokiranja i zaključavanja.

Prilikom analize blokiranja i zaključavanja, uglavnom je korišćen *sys.dm\_tran\_locks* DMV, a pored njega još par koji su pokriveni u teoretskoj osnovi. Međutim kako je brisanje nepredvidivo, i nije bilo za očekivati da će ovi DMV-ovi ukazati na problematično područje. Isto tako prilikom pokretanja DMV-ova nije bilo nikakvih rezultata

koji ukazuju na probleme sa blokiranjem, što samo ukazuje na to da je *SQL Server* izvanredan kada je u pitanju konkurentno pristupanje resursima.

##### 4.3.3 PRIKUPLJANJE I ANALIZA PODATAKA O ŠEMI BAZE PODATAKA

Prilikom analize šeme baze podataka, konstatovano je postojanje posebne procedure za brisanje. Ona uključuje više tabela, i vrši se određenim redosledom. Prvo se vrši modifikacija tabele *AnalitickaKarticaUD* (brisanje nije dozvoljeno), potom brisanje stavki naloga (*NalogZaUplatuDoprinosSt*) i zaglavlja naloga (*NalogZaUplatuDoprinos*), i na kraju stavke trezora (*IzvodTrezoraSt*) i zaglavlje trezora (*IzvodTrezora*).

#### 4.4 PREDLOG REŠENJA

Na osnovu prikupljenih i analiziranih podataka iz tri ključne oblasti moguće je definisati nekoliko rešenja.

##### PODEŠAVANJE TRANSAKCIJA

*SQL Server* svaku DML naredbu tretira kao posebnu transakciju. Problem nastaje ukoliko neki proces zauzme potrebnu tabelu i kada ostale DML naredbe moraju da čekaju. Objedinjavanje svih naredbi na jednu, dve ili četiri transakcije bi trebalo da smanji verovatnoću da neki drugi posao (eng. *job*) zauzme resurse i stavi na čekanje brisanje stavki izvoda.

##### UKLANJANJE NEPOTREBNIH INDEKSA

Ovo rešenje obuhvata uklanjanje onih indeksa, koji su na osnovu analize podataka koje je vratio odgovarajući DMV definisani kao nedovoljno korišćeni.

Nad relacijama su izdvojeni svi indeksi koji su kreirani, kako bi se mogli bliže sagledati. Uočeno je da je nad svim tabelama definisano ukupno 31 indeks. Pokretanjem odgovarajućih DMV-ova, i analizom statistike upotrebe indeksa, konstatovano je da se od ukupno 31og indeksa, relativno slabo ili uopšte ne koriste 18 indeksa. Ovi indeksi pored toga što se ne koriste za realizaciju, tj. ubrzanje upita, zahtevaju određeno vreme prilikom operacija modifikacije i brisanja tabela (kako bi prilagodili svoju strukturu datoj relaciji). Upravo ovo je razlog dugog vremena čekanja na kompletiranje operacije brisanja.

##### HIBRIDNO REŠENJE

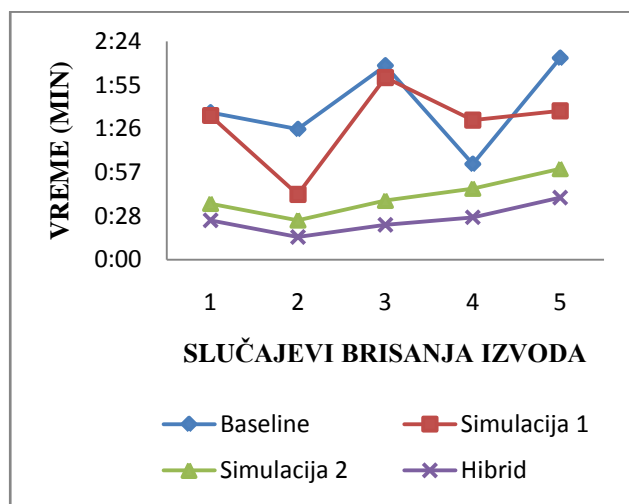
Ovo rešenje zapravo predstavlja spoj prvog i drugog rešenja, tj. uklanjanje indeksa koji se retko koriste i podešavanje opsega transakcija.

#### 4.5 VERIFIKACIJA REŠENJA I SIMULACIJE

U okviru verifikacije rešenja fokus će biti na potvrđivanju predloženih rešenja, i to na rešenja: podešavanja transakcija, uklanjanja indeksa i hibridno rešenje. Sve simulacije su vršene na lokalnoj mašini i na izolovanom sistemu. Radi simulacija, izdvojeno je pet slučajeva brisanja izvoda i izrađeni su odgovarajući skript fajlovi (u nastavku numerisani od 1 do 5), a koji su puštani nad testnom bazom.

#### 4.5.1 SIMULACIJE SA OPSEZIMA TRANSAKCIJA I ONESPOSOBLJAVANJEM INDEKSA

Na samom početku izvršena su *baseline* merenja, a potom su vršena merenja sa drugim opsezima transakcija. Potom je izvršeno onesposobljavanje onih indeksa koji su na osnovu analize podataka definisani kao nepotrebni, pa su testne skripte puštene da vrše brisanje, a rezultati su dati u nastavku. U nastavku je dato poređenje najboljih vremena simulacija sa podešavanjem transakcija i onesposobljavanja indeksa u odnosu na baseline, kao i hibridno rešenje (spoj simulacija 1 i 2).



Slika 4 – Prikaz najboljih vremena simulacija i baselinea

Na osnovu sprovedenih simulacija, hibridno rešenje je pokazalo najbolje rezultate, dok se simulacije sa onesposobljavanjem indeksa i podešavanjem transakcija, respektivno nalaze na drugom i trećem mestu.

Na produkcionom server-u je primenjeno rešenje sa ukljanjanjem indeksa, i ono je rezultovalo sa ubrzanjem operacije brisanja sa 2.5h na 0.5h.

#### 5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Kao prvo moguće je diskutovati o primenjenim alatima za monitoring. Svakako tu su brojači performansi, koji su relativno jednostavni za korišćenje i daju brz uvid u stanje sistema. Sa druge strane imamo DMV-ove, koji nisu toliko jednostavni za korišćenje, ali daju veliku količinu informacija. Među tim informacijama se nalaze i one koje ukazuju na uzrok pada performansi. Isto tako, u cilju dobijanja relevantnih informacija, potrebno je izvršiti odgovarajuće spojeve ključnih DMV-ova, a potom filtrirati neophodne kolone relacija. Ovo je upravo ono što čini DMV-ove zahtevnim za korišćenje, ali ukoliko se istraje u poslu oni vraćaju podatke koji su od velikog značaja, gledano sa aspekta monitoringa sistema za upravljanje bazama podataka. Kao još jedan koristan alat tu su i *MS SQL Server*-ovi standardni izveštaji, koji koriste DMV-ove, a korisniku pružaju obrađen izveštaj koji sadrži i odgovarajuće grafičke prikaze podataka.

Kompletan postupak podešavanja performansi bi bio drugačiji da nema sistematičnog pristupa. Ovakvo podešavanje bi moglo da dovede do rešenja, ali onaj ko vrši podešavanje ne bi bio siguran da li je obuhvatio sve

oblasti. Sa sistematičnim pristupom prolazi se kroz korake i jednom kada se kompletira posao i stigne do kraja pristupa, možemo biti sigurni da su svi delovi obuhvaćeni. Isto tako iterativnost je od velikog značaja, jer samo jedan prolazak kroz postupak ne mora da dovede do konačnog rešenja, ili može da ukaže na novi problem.

Budući rad bi mogao da obuhvati analizu i prolazak kroz ostale slojeve optimizacije, koji su u okviru ovog rada samo pomenuti. Svakako dalji rad na polju optimizacije je od velikog značaja, jer iskustvo je ono što u najvećoj meri utiče na efikasnost i efektivnost podešavanja performansi.

#### 6. LITERATURA

- [1] Alexander P. Pons, *Database Tuning and Its Role In Information Technology Education*, 2003,
- [2] J. Matthias, K. Juergen, *A Survey Of Query Optimization In Centralised Database Systems*, 1982,
- [3] Lam H. Thai, *System and Methods for Optimizing Database Queries*, 1996,
- [4] S. Aghav, *Database Compression Techniques for Performance Optimization*, ICCET 2nd International Conference, 2010,
- [5] B. Dina, David J. DeWitt, T. Carolyn, *Benchmarking Database Systems A Systematic Approach*, 1983,
- [6] Haran Boral, *A Methodology for Database System Performance Evaluation*, 1984,
- [7] S.W. Dietrich, M. Brown, E. Cortes-Rello, S. Wunderlin, *A Practitioner's Introduction to Database Performance Benchmarks and Measurements*, 1992,
- [8] S. Dennis, B. Philippe, B. Nancy, *Database Tuning Principles, Experiments, and Troubleshooting Techniques*, 2004,
- [9] Naik, Margesh, *Database Management System Performance Analysis and Comparison*, 2011,
- [10] Hua Bei, Yang Liu, *Research on Performance Optimization of SQL Server Database*, 2008,
- [11] Dong Jianhua, *The Performance Optimization Technology of SQL Server Database*, 2007,
- [12] W. Steven, B. Christian, L. Justin, C. Michael, Joshua J. Lin, H. Douglas J. Haidong, Paul A. Mestemaker, S. Arindam, *Professional SQL Server 2005 Performance Tuning*, 2008,
- [13] D. Louis, F. Tim, *Performance Tuning with SQL Server Dynamic Management Views*, 2010.
- [14] Mogin, P., Luković, *Principi baza podataka*, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 1996.
- [15] <http://www.enduria.eu/key-performance-counters-and-their-thresholds-for-windows-server-recommended-by-microsoft/>
- [16] Detaljnije o DMV-ovima za konekcije, sesije, zahteve i transakcije: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/foo6bd46fe1-417d-452d-a9e6-5375ee8690d8.aspx>

# PROGNOZIRANJE TRAZNJE NOVIH KOMUNIKACIONIH SERVISA BAZIRANE NA ANALIZI ŽIVOTNOG CIKLUSA SERVISA NEW COMMUNICATION SERVICE DEMAND FORECASTING BASED ON SERVICE LIFE CYCLE ANALYSIS

Stevan Veličković

Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije

**Sadržaj** — Prognoziranje novih komunikacionih servisa predstavlja sastavni deo poslovnog planiranja. Veliku primenu u praksi imaju difuzioni modeli prognoziranja prihvatanja novih servisa. Difuzioni modeli se oslanjaju na modelovanje krive životnog ciklusa servisa čime se teži uspešnoj proceni kretanja broja novih korisnika tokom vremena. Poznavanje zakonitosti formiranja krive životnog ciklusa servisa pomaže donosiocu odluke u formiranju pouzdane prognoze i donošenju ispravnih poslovnih odluka.

**Abstract** – New communication services forecasting is an integral part of business planning. Diffusion models are widely used in practice for forecasting new services adoption. They rely on modeling lifecycle service curves. Their aim is to successfully predict changes in the number of new users over time. Knowing the rules of the lifecycle service curve formation can help decision makers in forming reliable forecasts and right business decisions.

## 1. UVOD

Svaka organizacija koja ne shvata i ne uvažava značaj planiranja, odnosno ne prihvata kretanja i promene u okruženju koje na direktan ili indirektan način utiču na njeno poslovanje, mora se suočiti sa konkurencijom koja je zasigurno korak ispred. Prognoziranje dakle predstavlja neophodnu osnovu za uspešno planiranje [1].

Jedan od važnih elemenata prilikom analize opravdanosti investiranja u nove servise jeste i brzina kojom će korisnici prihvatiti novi servis. Ona je važna zbog procene rizika kao i razumevanja kako novčanih tako i organizacionih sposobnosti potrebnih za uspešno eksploataisanje.

Za prognoziranje prihvatanja novih servisa često se koriste difuzioni modeli. Oni modeluju krive životnog ciklusa servisa, čime se teži uspešnoj proceni kretanja broja novih korisnika tokom vremena odnosno pouzdanoj prognozi. Poznavanje zakonitosti formiranja krive životnog ciklusa je otuda od značaja za donosiocje odluka.

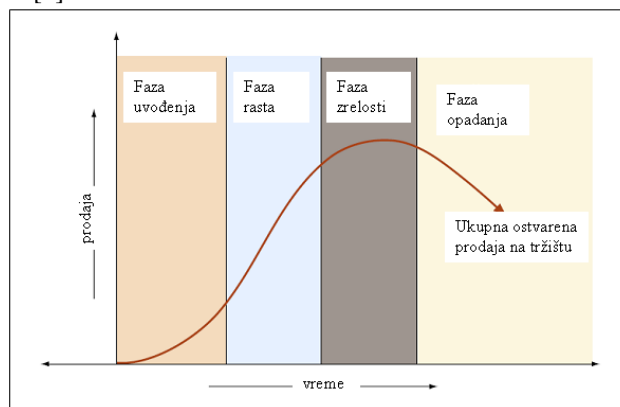
## 2. ŽIVOTNI CIKLUS SERVISA

Životni ciklus servisa/proizvoda se može posmatrati kao poslovna analiza koja nastoji da identifikuje skup faza zajedničkih za komercijalne servise/proizvode. Kriva životnog ciklusa se koristi kako bi grafički predstavila progres novog servisa kroz sukcesivan niz faza od

uvođenja servisa do njegovog povlačenja sa tržišta. Životni ciklus jednog servisa čine četiri osnovne faze:

- Faza uvođenja (faza u kojoj se servis javlja na tržištu i kada počinje njegova postepena prodaja);
- Faza rasta (tržište postaje svesno datog servisa i u ovoj fazi se ostvaruje najbrži rast prodaje);
- Faza zrelosti (dolazi do kulminacije prodaje).
- Faza opadanja (usled zasićenosti tržišta i pojave novih konkurentskih servisa dolazi do opadanja prodaje).

Faze životnog ciklusa novog servisa prikazane su na Slici 1. [2].



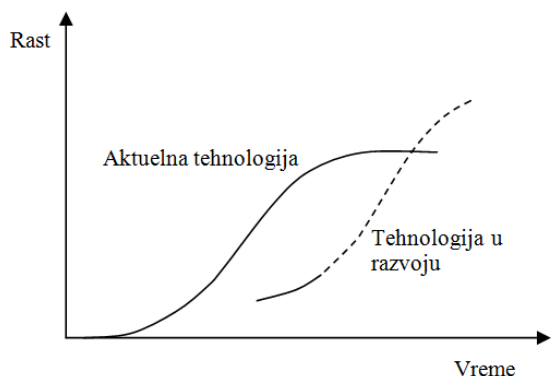
Slika 1. Faze životnog ciklusa novog servisa

Promene koje se događaju na tržištu odražavaju se na izgled krive životnog ciklusa pa otuda i potreba za uticajem na tržišnu strategiju i marketing miks. Značaj koji kriva životnog ciklusa ima za donosiocje odluka sastoji se u pomoći prilikom identifikovanja odgovarajućih strategija i akcija za prihvatanje servisa na tržištu.

Vrlo često se u literaturi može naći činjenica da životni ciklus prihvatanja nekog servisa prati krivu koja je tzv. S oblika. Gledajući S krivu vidi se da prihvatanje novog servisa u početku naglo raste, da bi ovaj intenzitet polako slabio i na kraju opao sa vremenom [3].

Inovativne kompanije će raditi na novim inovacijama, novim servisima kako bi eventualno zamenili one koji su trenutno aktuelni na tržištu. Sukcesivna S kriva će se u jednom trenutku pojaviti kako bi zamenila staru i nastavila sa trendom rasta prodaje. Na slici 2. prva kriva predstavlja aktuelni servis, dok druga predstavlja servis koji se tek probija pa je otuda i nivo rasta niži ali će u nekom budućem trenutku prestići aktuelni servis i dovesti

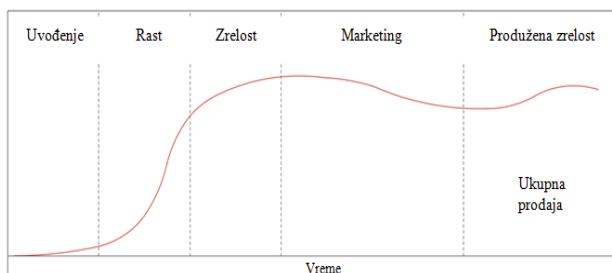
do većeg nivoa rasta. Sama dužina životnog ciklusa će zavisi od niza faktora. [5].



Slika 2. Substitucija aktuelne sa novom tehnologijom

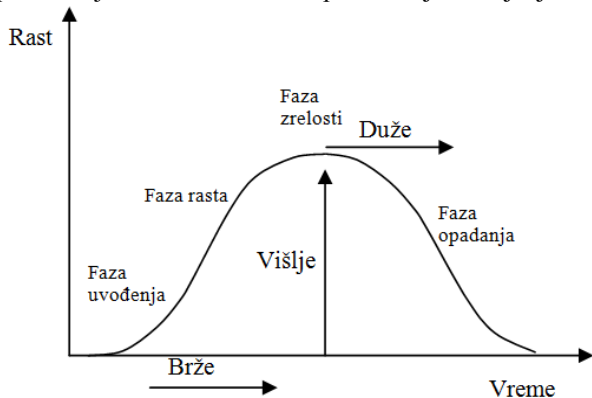
### 2.1 STRATEGIJA REGENERACIJE

Primenom odgovarajućih strategija teži se produženju životnog ciklusa servisa. Faza zrelosti je pogodna za produženje pošto je za nju karakteristična najniža cena servisa a ujedno obuhvata procentualno najveći deo potencijalnih korisnika. Često se primenjuju marketinške strategije čime se životni ciklus servisa produžava pojavom takozvane faze produžene zrelosti.



Slika 3. Efekat strategije regeneracije na krivu difuzije

Posmatrajući krivu životnog ciklusa može se zaključiti da strategija donosioca odluke treba da omogući brži ulazak u fazu rasta, da se u fazi zrelosti poveća maksimalni nivo prihvatanja servisa kao i da se produži njeno trajanje.



Slika 4. Strategije povećanja efikasnosti difuzije servisa

### 2.2 CILJEVI ŽIVOTNOG CIKLUSA SERVISIA

Kao što svaka faza životnog ciklusa servisa/prozvođa ima

određene karakteristike tako istovremeno i svaku opisuje odgovarajući cilj:

- U fazi uvođenja servisa na tržište cilj je stvariti svesnost kod korisnika i obaviti probu.
- U fazi rasta osnovni cilj je maksimiziranje udela na tržištu.
- U fazi zrelosti osnovni cilj je maksimiziranje profita.
- U fazi opadanja osnovni cilj je smanjenje troškova [6].

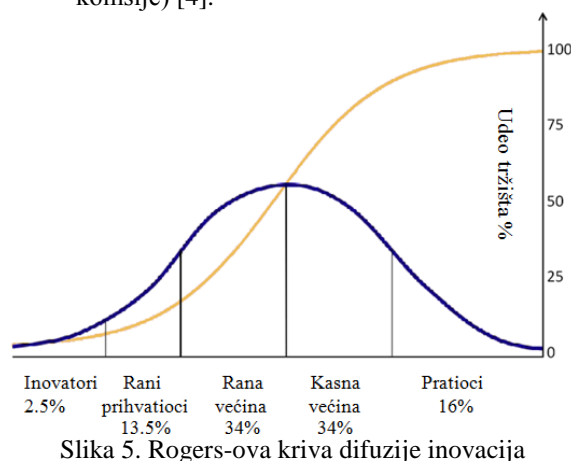
Shodno ciljevima koji su vezani za karakteristične faze životnog ciklusa, donosioc odluke treba da odgovarajućim akcijama poslovanje usmeri ka efikasnom ostvarenju istih.

Kriva prihvatanja novih servisa, isto kao i kriva životnog ciklusa, predstavlja normativni i opisni model koji služi kao pomoćni alat u procesu donošenja odluka. Položaj posmatranog servisa na krivoj životnog ciklusa direktno određuje kategoriju potencijalnih korisnika kojima se treba obraćati odnosno na koje treba primeniti određene marketing strategije u cilju postizanja efikasnijih poslovnih efekata.

### 3. PROCES DIFUZIJE

Velike zasluge za razvoj teorije difuzije inovacija pripadaju Everet Rogers-u koji prihvatanje inovacija predstavlja kroz životni ciklus sa sledećim kategorijama korisnika:

- inovatore (najčešće su to avanturisti, obrazovani korisnici sa višestrukim izvorima informacija, veće sklonosti ka riziku);
- rane prihvatioce (to su uglavnom socijalne vođe, popularni i obrazovani korisnici);
- rana većina (korisnici koji kupuju sa jakim namerom i koji imaju višestruke neformalne socijalne kontakte);
- kasna većina (karakteriše ih skepticizam, po prirodi su tradicionalni i uglavnom su nižeg socijalno-ekonomskog statusa);
- pratiocima (osnovni izvor informacija su prijatelji i komšije) [4].



Slika 5. Rogers-ova kriva difuzije inovacija

Rogersova teorija se bazira na činjenici da će se inovacija

širiti kroz socijalni sistem prateći krivu S oblika, tako što rani korisnici prvo biraju novi servis, zatim ih prati većina, sve dok inovacija ne postane uobičajena. Rogers je među prvima opisao difuziju novog servisa kao proces koji se odvija kroz pet etapa a one su:

- Znanje (učenje o postojanju i funkciji inovacije);
- Ubeđivanje (postati uveren o vrednosti koje sa sobom nosi inovacija);
- Odluka (obaveza prihvatanja inovacije);
- Implementacija (upotreba inovacije);
- Potvrda (konačno prihvatanje ili odbijanje inovacija) [4].

Proces difuzije zavisi od dva osnovna uticajna faktora, inovatora i imitatora. Inovatore pokreće želja da probaju novi servis a verovatnoća korišćenja novog servisa od strane inovatora ne zavisi od broja drugih korisnika. S druge strane imitatori su primarno pod uticajem svoga okruženja i upravo je verovatnoća njihovog korišćenja zavisna od broja korisnika koji već koriste posmatrani novi servis. Imitatori zapravo i predstavljaju osnovu širenja inovacija (rana i kasno zrela faza).

Brzina prihvatanja novog servisa predstavlja funkciju nekoliko faktora među kojima su (Rogers 1983, 2003):

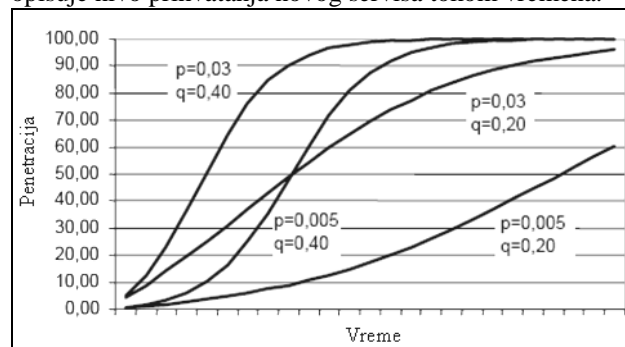
- Relativna prednost servisa u odnosu na postojeće servise/proizvode;
- Stepen do koga je novi servis kompatibilan sa postojećim operacijama;
- Stepen do koga je novi servis jednostavan (za razliku od kompleksnog);
- Stepen do koga se novi servis može probati u ograničenoj osnovi;
- Stepen do koga se novi servis može posmatrati.

Frank Bass-a je shvatio da postoji mogućnost korišćenja difuzione teorije kako bi se oponašao S oblik krive rasta novih servisa. Oblik S krive se može objasniti primenjujući difuzionu teoriju, koja se bavi komunikacionim kanalima, odnosno sredstvom pomoću kojeg se inovacija prenosi kroz socijalni sistem. U marketingu se pod kanalom komunikacije smatra kako komunikacija putem masmedija tako i međuljudska komunikacija. Članovi socijalnog sistema različito se oslanjaju na informacije koje dobiju preko masmedija ili međuljudskom komunikacijom. Informacije o inovacijama predstavljaju važan činioc u odlučivanju brzine i oblika S krive.

Bass opisuje difuzioni proces kao rezultat dva nezavisna parametra masmedija i efekta usmenog prenosa iskustva između korisnika. Efekat masmedija pokriva one korisnike koji su zainteresovani za servis koji su poslednji i najbolji. Ovaj segment tržišta je pod jakim uticajem marketinških aktivnosti koje kod korisnika stvara osećaj svesnosti i prisutnosti servisa. Eefekat usmenog prenošenja iskustva je jači po pitanju reflektovanja na dinamiku prihvatanja novog servisa.

U zavisnosti od vrednosti parametra inovacije i imitacije zavisice i oblik krive životnog ciklusa odnosno krive koja

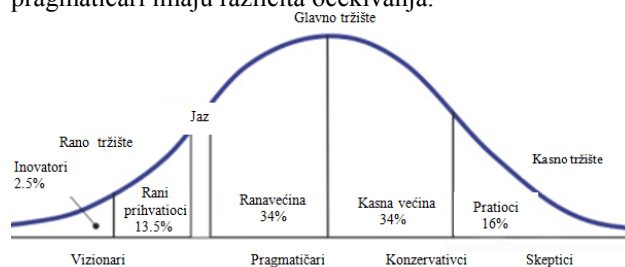
opisuje nivo prihvatanja novog servisa tokom vremena.



Slika 6. Efekat promene parametra imitacije i inovacije na difuzionu krivu novog servisa

### 3.1 PREVAZILAŽENJE BARIJERA (JAZA)

Varijacija Rogers-ovog modela difuzije inovacija predstavlja Geoffrey Moore-ov model koji pretpostavlja postojanje jaza između prve dve (kategorija korisnika koji su entuzijasti i vizionari) i treće grupe korisnika (pragmatičari). Prema Moore-u prelazak jaza je kritični korak u procesu difuzije korisnika pošto vizionari i pragmatičari imaju različita očekivanja.



Slika 7. Moore-ov model životnog ciklusa servisa

Moore smatra da će novi servis naći put do inovatora i ranih prihvatoca ali da će većinski deo tržište, za koji je ujedno vezan profit, odbiti novi servis ukoliko nije dobro marketinški podržan. Da bi se jaz savladao potrebno je odabrati ciljno tržište, razumeti koncept servisa, pozicionirati servis, izgraditi marketing strategiju, izabrati odgovarajući distributivni kanal kao i cenu.

Moore objašnjava model životnog ciklusa sa jazom kao oblik razvoja tržišta koji se zasniva na tendenciji pragmatičnih ljudi da prihvataju novi servis kada vide ljude slične sebi da to isto rade. Donosioci odluke stoga mogu predvideti njegov nastanak kako bi razvili strategije koje će im pomoći u prevazilaženju istog.

Mnogi proizvodi i servisi ne uspeju da savladaju jaz koji postoji između entuzijasta i većinskih korisnika. Od donosioca odluka se očekuje da razume koje su akcije neophodne kako bi se savladao jaz i nastavila da se prati kriva prihvatanja servisa. Rane korisnike pokreće inovacija dok kasije korisnike (većinsko tržište) pokreće evolucija inovacija. Korisnici koji prvi prihvataju novi servis žele novu tehnologiju i performanse (žele ono što je u trendu) dok kasniji korisnici, očekuju da dobiju servis koji pruža rešenja njihovim problemima kao i jednostavnost i udobnost u korišćenju (žele korisnost). Jaz



se stvara kod servisa koji su većinsjki kategoriji potencijalnih korisnika prerano ponuđeni čime ono nije postalo svesno postojanja novog servisa odnosno njegove važnosti.

Maloney-evo „Pravilo 16%“ nalaže kompaniji da kada dostigne 16% procenjenih korisnika promeni marketing strategiju kako bi se doprelo do većinskih korisnika i prevazišao jaz u modelu.

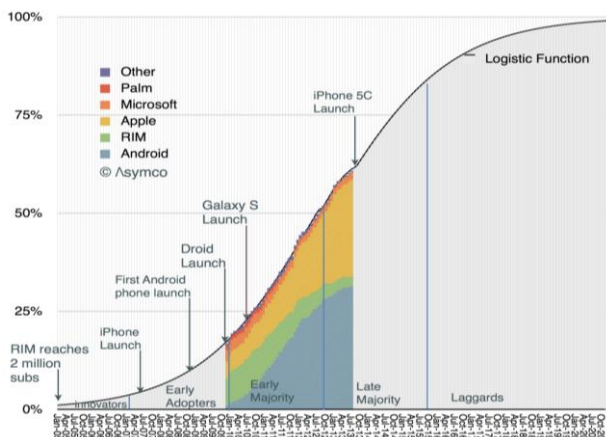
#### 4. PROGNOZIRANJE TRAJNJE NOVIH SERVISIA

Karakteristike prognoziranja novih servisa se pre svega ogledaju u stratejskom značaju koje ono nosi za poslovno planiranje. U slučaju prognoziranja novih komunikacionih servisa, modele prognoziranja je poželjno podeliti na sledeće grupe:

- Modeli bazirani na istraživanju tržišta;
- Ekspertska mišljenja;
- Komparativni modeli, koje koriste podatke drugih zemalja koje su date servise/proizvode već uvele, ukoliko postoje ekonomske, društvene, kulturno-statističke sličnosti između dve zemlje.
- Modeli difuzije ili supstitucionni modeli.

Za potpuno nove servise/proizvode koji ranije nisu postojali na tržištu primenjuju se modeli difuzije. Cilj difuzionih modela je da predstave krivu životnog ciklusa prodaje novog servisa u odnosu na dat skup prihvatilaca usluge tokom vremena sa malim brojem parametara. Posmatrajući krivu životnog ciklusa nameću se sledeća pitanja koja su od ključnog značaja za prognoziranja prihvatanja novih servisa:

- Koliko je primenjen model prognoziranja pouzdan?
- Koliki se maksimalni nivo proboja na tržištu može očekivati?
- Kada će započeti prihvatanje novih servisa?
- Kojom brzinom će se odvijati širenje odnosno prihvatanje servisa kroz socijalni sistem?



Slika 8. Prognoza difuzije smart telefona u SAD (izvor: <http://www.asymco.com>)

#### 4.1 BASS-OV DIFUZIONI MODEL

Pouzdana prognoza se može dobiti primenom Bass-ovog modela ukoliko se vrši prognoziranje novog servisa za koji se može sa velikim stepenom sigurnosti tvrditi da će naći put do svakog potencijalnog korisnika. Bass-ov model se oslanja na pretpostvaku da vreme izloženosti servisa na tržištu direktno rezultuje brojem korisnika koji prihvataju ponuđeni servis i da će shodno tome posle dovoljno dugog vremena izloženosti servis biti prihvaćen od strane svih potencijalnih korisnika. Model pretpostavlja da je veličina tržišta konstantna odnosno nezavisna od vremena.[7]

Kumulativni broj korisnika koji su prihvatili novi servis za vreme  $t$  Bass je predstavio sledećom jednačinom:

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad \text{za } t > 0 \quad (1)$$

Gde je:

$N(t)$  - kumulativni broj korisnika koji su prihvatili novi servis za vreme  $t$ ;

$m$  - ukupan procenjeni potencijal tržišta;

$q$  je parametar imitacije;

$p$  je parametar inovacije [8], [9].

Brzinu prihvatanja novog servisa određuju parametri  $p$  koji predstavlja eksterni uticaj (predstavlja brzinu kojom započinje prihvatanje novog servisa) i parametra  $q$  koji predstavlja brzinu kojom se dešava kasniji rast (predstavlja efekat usmenog prenošenja iskustava između korisnika i potencijalnih korisnika).

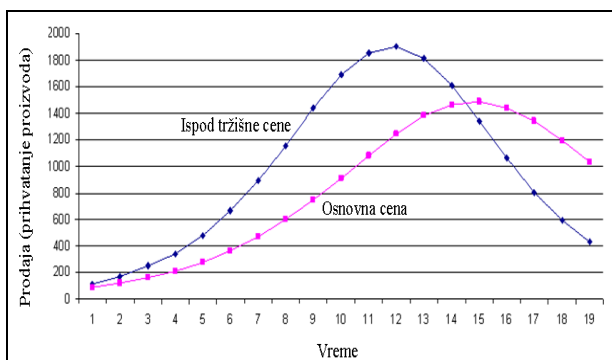
#### 4.2 GENERALIZOVAN BASS-OV MODEL

Bass dokazao da je njegov model primenljiv na podatke uvođenja mnogih servisa bez obzira na širok opseg promenljivih kod upravljanja kao što su na primer cena i marketinške aktivnosti. Promenljive u Bass-ovom modelu mogu da pomere difuzionu krivu u vremenu ali da je oblik krive uvek sličan. Oblik generalizovanog Bass-ovog modela je dat na sledeći način:

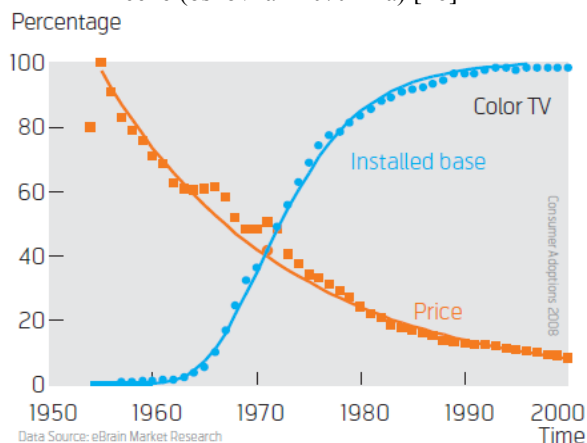
$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = (p + qF(t))x(t) \quad (2)$$

- gde je  $x(t)$  funkcija procentualne promene cene, marketinga i drugih promenljivih. Ona deluje na prirodni oblik difuzije, modifikujući njenu vremensku strukturu, a ne vrednost njenih parametara. Iako je ova funkcija originalno koncipirana za predstavljanje marketing miksa, njegova struktura je toliko uopštena i pojednostavljena da može poprimiti razne forme kako bi oslikala i druge spoljašnje faktore (politički, tehnološki preokreti i nagla promena okruženja) [10].

Uticaj promene cene na difuziju servisa prikazana je na Slici 9 i 10.



Slika 9. Izgled krive difuzije istog servisa sa dve različite cene (osnovna i 10% niža) [10]



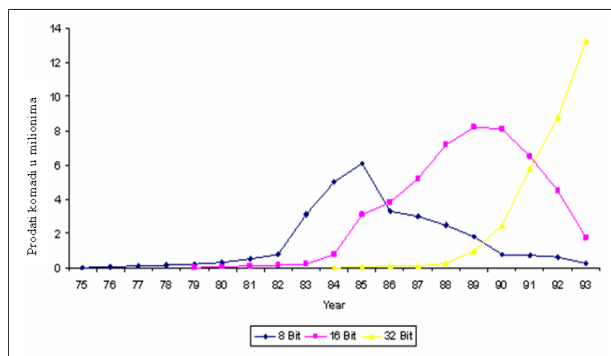
Slika 10. Uticaj pada cene na difuziju novog servisa na primeru prihvatanja kolor televizije u SAD. (Izvor: Technology Futures Inc.)

#### 4.3 NORTON-BASS MODEL – EFEKAT REGENERACIJE

Životni ciklus servisa se skraćuje delimično zbog povećanja brzine uvođenja novih servisa ali takođe i zbog brzog napretka tehnologije. Kompanije sve više zavise od prihoda od novih servisa. Novi servisi uglavnom postavljaju veće granice prema drugim servisima dok su stari servisi pod uticajem konkurentskih izazova i čekaju na reakcije korisnika. Kompanije imaju potrebu za novim servisom koji treba da zameni postojeći servis koji dostiže kraj životnog ciklusa.

Norton i Bass su 1987. godine proširili model za prihvatanje servisa sa kontinualnom ponavljajućom kupovinom baziran na pretpostavci da tehnološki servisi nasleđuju jedni druge po generacijama.

Na Slici 11. prikazan je izgled difuzije različitih generacija istog servisa.



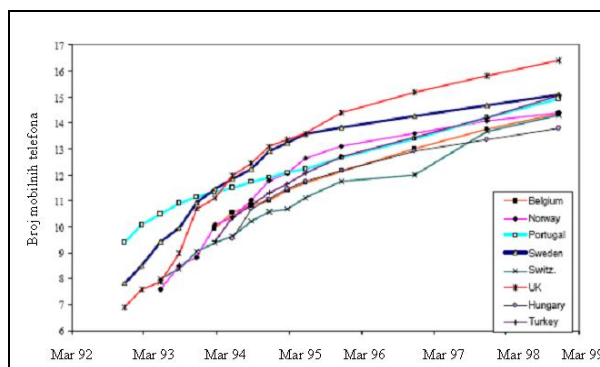
Slika 11. Difuzija različitih generacija istog servisa (primer prodaje desktop PC-ja) [10]

#### 4.4 MODEL UČENJA - PROSTORNI EFEKAT

Često korišćen model je i model učenja koji omogućava prognoziranje prihvatanja novih servisa u zemlji ukoliko se raspolože uticajnim faktorima iz inostranstva. Da bi to bilo moguće potrebno je uzeti u obzir sledeće parametre:

- Servise uvedene u različitim zemljama u različito vreme;
- Razlike u brzini prihvatanja u različitim zemljama;
- Potrebno je uvideti efekat učenja koji se javlja između vodećih i pratećih zemalja u difuzionom procesu.

Multinacionalni model prikuplja podatke iz različitih zemalja kako bi prevazišao nedostatak podataka na nacionalnom tržištu. Na Slici 12. je dat je uporedni prikaz procesa difuzije istog servisa u različitim zemljama.



Slika 12. Difuzija mobilnih telefona u osam različitim zemljama [11]

Ako se uočiti model koji posmatra relacije između dve zemlje (prateće i vodeće), prateća zemlja koristi iskustva vodeće zemlje kako bi izvršila prognozu tražnje servisa koji je već plasiran u vodećoj zemlji. Drugim rečima prateća zemlja uči na primeru vodeće zemlje.

#### 4.5 PROCENA PARAMETARA MODELA

U početnim fazama životnog ciklusa servisa kada se raspolože sa malim skupom podataka javlja se problem predviđanja parametara kod modela baziranih na Bass-ovom modelu. Međutim sam Bass smatra da je

predviđanje parametara difuzionih modela samo od statističke važnosti, jer dok se skupi zadovoljavajuća količina podataka za pouzdano predviđanje biće kasno da se ti podaci iskoriste u svrhu prognoziranja.

Proceni parametara Bass-ovog modela treba posvetiti posebnu pažnju. Ovi parametri se mogu sa zadovoljavajućim intervalom poverenja proceniti primenom različitih metoda analize tržišta, pre svega metodama upitnika, delfi metodom i sl. Vrednosti parametara  $p$  i  $q$  variraju u zavisnosti od servisa koji se razmatra, veličine nacionalnog dohotka, regiona, kao i kulturnih i socijalnih aspekata u društvu. Tržišni analitičari su ustanovili da je procenat inovatora u Evropi duplo manji nego u Americi, dok je procentualna vrednost imitatora u Aziji za četvrtinu manja nego u Americi i Evropi.

Ako podaci o parametrima Bass-ovog modela nisu dostupni, koriste se parametri koji odgovaraju sličnim servisima koji su već u upotrebi. Procedura, poznata kao analogijska analiza, se bazira na sledećem: identifikuju se servisi čija je difuzija verovatno slična difuziji novog servisa, koriste se vrednosti parametara  $p$  i  $q$ , poznatog servisa koji je identifikovan u prethodnom koraku, za prognoziranje novog servisa (s tim da se procena veličine tržišta vrši odvojeno, anketiranjem ili na neki drugi način). Problem predstavlja odabir odgovarajućeg servisa. Za to su razvijene neke formalne metode, ali se zahteva velika opreznost i kreativnost prilikom odabira analognog servisa. Analogija zasnovana na sličnostima u očekivanom ponašanju na tržištu se pokazala kao bolje rešenje od one koja se zasniva na sličnostima samih servisa.

Thomas (1985) predlaže da se za analogijsku analizu uzme u obzir sličnost sledećih pet karakteristika:

- konteksta okoline (npr. socio-ekonomski faktori);
- strukture tržišta (veličina tržišta, broj konkurenata);
- ponašanje korisnika (situacije u kojima kupuju);
- markentiške strategije firme i
- karakteristika novog servisa (npr. relativna prednost tog servisa u odnosu na postojeće) [12].

## 5. ZAKLJUČAK

Prognoziranje prihvatanja novih komunikacionih servisa ima značajnu ulogu na polju poslovnog odlučivanja. Prognoziranje novih servisa obiluje mnoštvom nepoznanica pa je stoga procesu izbora modela, njegovim parametara, tumačenju rezultata potrebno prići oprezno. Upravo je iz tog razloga poznavanje mehanizma formiranja krive životnog ciklusa, njenih pojedinih faza, karakteristika, prednosti i mana od značaja za donosiocima odluk u procesu izbora odgovarajućih poslovnih strategija. Znajući potencijalne pokretače kao i potencijalna ograničenja pojedinih faza u životnom ciklusu donosilac odluke može pravovremenim odlukama i ispravnim strategijama obezbediti opstanak novog servisa

na tržištu, uticati na njegovu konkurentnost kao i na profit koji će se generisati.

## 6. LITERATURA

[1] Radojičić V.: "Prognoziranje u telekomunikacijama", Saobraćajni fakultet, Beograd, 2003.

[2] Singh M.: "New Product Forecasting", ESD 260, September 2006., available at: <http://ocw.mit.edu/>

[3] Radas S.: "Diffusion Models in Marketing: How to Incorporate the Effect of External Influence", Privredna kretanja i ekonomska politika, Vol. 15, No. 105, pp. 30-51, 2005.

[4] Rogers, E. M. Diffusion of Innovation. New York, NY: Free Press, 1962.

[5] James K.: "Developing, Positioning, and Differentiating Products through the Life Cycle", Louisiana State University – Shreveport, 2003., available at: <http://finntrack.eu/babs/dbs217/kotler/kotler10exs.ppt#298,1,Chapter 10>

[6] [http://www.educ.msu.edu/epfp/meet/02-06-06files/Diffusion\\_Innovations.pdf](http://www.educ.msu.edu/epfp/meet/02-06-06files/Diffusion_Innovations.pdf)

[7] Albers S.: "Forecasting the Diffusion of an Innovation Prior to Launch, Cross-functional Innovation Management, Perspectives from Different Disciplines", Gabler: Wiesbaden, pp. 243-258, 2004.

[8] Allen, D.: "New telecommunication services: Network externalities and critical mass", Telecommunications Policy, 12, 57-271, 1983.

[9] Antonioli Corigliano M., Baggio R., "Mobile technologies diffusion in tourism: modelling a critical mass of adopters in Italy", 11th International Conference on Information Technology and Travel and Tourism, Cairo, 2004.

[10] Bass F.: "Diffusion Theory in Marketing: A Historical Perspective", 2005., available at: <http://road.uww.edu/road/zhaoy/Marketing%20770%20Summer%202008/bass.ppt#256,1,Diffusion Theory in Marketing: A Historical Perspective Frank M. Bass, 1999.>

[11] Meade N.: "Applications of Diffusion Models in Telecommunications", available at: <http://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/events/expert-dialogues/forecasting/meade-presentation.pdf>

[12] <http://people.brunel.ac.uk/~mastjbjeb/forecast.html>

# UPOREDNA ANALIZA KARAKTERISTIKA PREPOZNAVANJA MARKERA KORIŠĆENJEM METAIO SDK I VUFORIA SDK COMPARATIVE ANALYSIS OF MARKER RECOGNITION USING METAIO AND VUFORIA SDKs

Miloš Stošić<sup>1</sup>, Đorđe Manoilov<sup>1</sup>, Dušan Tatić<sup>1</sup>  
*Elektronski fakultet Niš<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu izvršena je uporedna analiza karakteristika praćenja i prepoznavanja markera dobijenih nakon testiranja dve aplikacije namenjene obogaćenju izložbene postavke arheološkog parka Medijana u Nišu. Osnovna funkcionalnost predstavljenih aplikacija zasniva se na tehnologiji proširene stvarnosti. Lokaliteti na Medijani su prekriveni peskom, radi zaštite, i na tim mestima postavljeni su crno beli markeri i slike. Aplikacije prepoznaju zadate markere i na ekranu prikazuju odgovarajući računarski generisan sadržaj. Prilikom realizacije sistema korišćeni su Metaio SDK i Vuforia SDK. Uporednim testiranjem aplikacija, po unapred zadatim uslovima, diskutovane su karakteristike ovih tehnologija, upoređeni su rezultati i predložene mogućnosti unapređenja algoritama za prepoznavanje. Zaključili smo da je najbolji nivo prepoznavanja ostvaren korišćenjem Metaio SDK tehnologije, na uređaju Sony Xperia Sola, dok se pri jakoj sunčevoj svetlosti kvalitet prepoznavanja markera korišćenjem Metaio tehnologije smanjuje.

**Abstract** - The aim of this paper is to comparatively analyze the characteristics of tracking and recognition of markers based on testing of two applications using augmented reality technology. The applications are designed to enrich the visitor experience at the Mediana archaeological site close to Niš, Serbia. Some mosaics at Mediana are covered with sand, for protection, against weather conditions, and those places are marked with either markers or black and white images. The applications allow identification of markers and their on-screen replacement with appropriate computer-generated contents. Metaio and Vuforia are used for the implementation purposes. One of the important features in the implementation of the system is the quality of the marker recognition. Through a comparative analysis of the applications, starting from a predefined conditions, we determine the characteristics of these technologies, compare the results and explore opportunities for improving the recognition algorithms. The conclusion is that the best level of marker recognition is obtained by using Metaio technologies and Sony Xperia Sola mobile device, but with high level of sunlight, using Metaio technologies, reliability of marker recognition is reduced.

## 1. UVOD

Upotreba mobilnih uređaja u svakodnevnim aktivnostima sve je šira i značajnija. Navike korisnika nameću potrebu da se informacije dobijaju brzo i jednostavno, u svega nekoliko dodira prstom na ekranu osetljivom na dodir. Kao novi vid interakcije primenjuje se

tehnologija proširene stvarnosti, korišćenjem kamere mobilnih uređaja. Ova tehnologija omogućava da se integracijom računarski generisane slike sa slikama realnog sveta dobijaju informacije u realnom vremenu o mestu ili objektu koji se posmatra. Jedan od načina primene proširene stvarnosti prikazan je na Slici 1, gde se kamerom uređaja prepoznaje id marker a na ekranu prikazuje 3d model crkve.

Spektar primene tehnologije proširene stvarnosti je širok. Najčešće se koristi u promotivne svrhe i u vidu zabavnog softvera [1], ali sve veću primenu nalazi u nauci, medicini [2], i arheologiji [3].

U ovom radu izvršeno je poređenje tipova praćenja implementiranih u alatima Vuforia SDK i Metaio SDK. Predstavljeno je više testiranja i merenja na različitim mobilnim uređajima sa Android operativnim sistemom. Za testiranje prepoznavanja markera korišćene su dve aplikacije kreirane za potrebe arheološkog parka Medijana u Nišu. Na osnovu različitih karakteristika, kao što su kvalitet markera, rastojanje mobilnog uređaja od markera, količina svetlosti, kao i kvalitet mobilnih uređaja, diskutovani su dobijeni rezultati.

U [4] su po kriterijumu kvaliteta markera koji se prepoznaje, kvaliteta konfiguracije uređaja sa kojima se vrši testiranje kao i rastojanja uređaja od markera koji se prepoznaje i veličine markera, dati primeri testiranja ovog tipa. Takođe, Martin Hirzer je u svom radu [5] predstavio testiranje prepoznavanja markera pod različitim uslovima, kao što su: položaj markera, dimenzije, prisutna količina svetlosti.

Ostatak rada ima sledeću strukturu. U Sekciji 2 predstavljeni su Vuforia i Metaio SDK alati i date njihove uporedne karakteristike. Eksperimentalna postavka i komparativna analiza dati su u Sekciji 3. U poslednjoj sekciji sumirani su rezultati i razmatrani mogući pravci daljeg istraživanja.



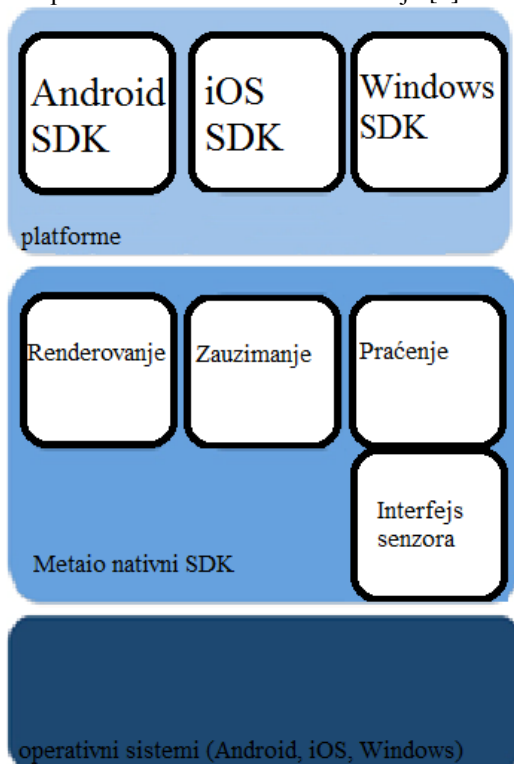
Slika 1. Primer proširene stvarnosti.

## 2. TEHNOLOGIJE PROŠIRENE STVARNOSTI

Tehnologije koje su korišćene prilikom realizacije aplikacija proširene stvarnosti u svrhu ovog testiranja su *Metaio SDK* i *Vuforia SDK*.

### a. *Metaio Mobile SDK*

*Metaio SDK* se upotrebljava za izradu mobilnih aplikacija koje se pokreću na uređajima baziranim na Android, iOS i Windows operativnim sistemima. AR browser, *Junaio*, kreiran je pomoću *Metaio SDK* i danas ga koristi preko 10 miliona mobilnih uređaja [6].



Slika 2. Arhitektura Metaio aplikacije [6].

*Metaio Unifeye SDK* je implementiran na modularan način, pružajući mobilnom uređaju AR funkcionalnost

baziranu na četvoronivovskim komponentama:

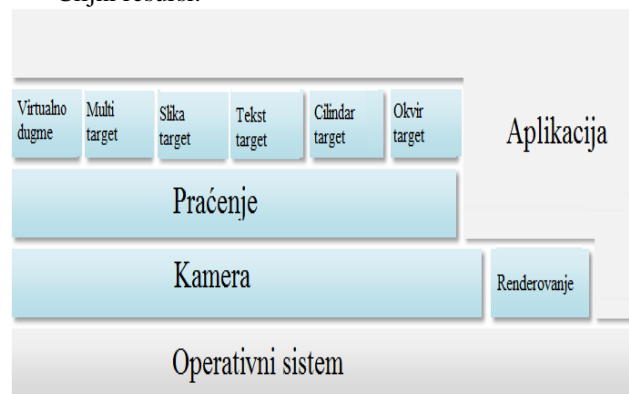
- Komponenta praćenja (Tracking),
- Komponenta zauzimanja (Capture),
- Komponenta renderovanja (Rendering),
- Interfejs senzora (Sensor Interface).

### b. *Vuforia SDK*

*Vuforia SDK* je projekat koji je razvijen od strane *Qualcomm Inc.* Objavljen je u oktobru 2010. godine. *Vuforia SDK* olakšava razvoj aplikacija iz područja proširene stvarnosti. Bazirana je na markerima dostupnim na stranicama projekta [7].

AR aplikacija koja je zasnovana na *Vuforia SDK* sastoji se od sledećih osnovnih komponenti:

- Kamera,
- Konvertor slika,
- Komponenta praćenja,
- Video Background Renderer,
- Kod aplikacije,
- Ciljni resursi.



Slika 3. Dijagram toka podataka Vuforia-e SDK u aplikacionom okruženju [7].

U Tabeli 1 date su uporedne karakteristike tehnologija proširene stvarnosti *Metaio SDK* i *Vuforia SDK*.

TABELA 1: PRIKAZ OSNOVNIH KARAKTERISTIKA TEHNOLOGIJA PROŠIRENE STVARNOSTI

KAKTERISTIKE	METAIO SDK	VUFORIA SDK
<b>Brzina izrade aplikacija</b>	Brza izrada aplikacija	Brzo prepoznavanje markera u lokalnom režimu aplikacije
<b>Multi-praćenje</b>	Omogućava korišćenje 512 različitih markera	Istovremeno praćenje do 5 markera, dok Cloud prepoznavanje omogućava do milion markera istovremeno
<b>Tip praćenja</b>	Različite vrste praćenja objekata: markeri, slike, 3D objekti	Omogućene su različite vrste praćenja: frame markera, slika, štampanog teksta, 3D objekata (kuboidnih i cilindričnih), kreiranje imagebutton-a.
<b>Platforme</b>	Aplikacije za različite platforme (Android, iOS, Windows) se nezavisno implementiraju	U sprezi sa Unity 3D Game Engine-om moguć je izvoz (export) aplikacije za Android i iOS bez dodatnog programiranja, kao i kreiranje animacija.
<b>Verzije alata</b>	Postoji besplatna verzija alata koja ima svoja ograničenja i ne može se koristiti u komercijalne svrhe. Pro verzija alata se plaća.	Vuforia SDK alat je besplatan
<b>Tip objekta koji se prikazuje</b>	Postoji mogućnost korišćenja md2 animacija, kao i obj i fbx modela	Postoji mogućnost prikaza audio, video sadržaja, teksta i 3d modela

### 3. POSTAVKA SISTEMA

Jedna od bitnih karakteristika prilikom kreiranja aplikacije koja u sebi sadrži tehnologiju proširene stvarnosti je i kvalitet prepoznavanja markera.

U cilju ovog rada, izvršena je uporedna analiza karakteristika praćenja i prepoznavanja markera dobijenih nakon testiranja dve aplikacije čija se osnovna funkcionalnost zasniva na tehnologiji proširene stvarnosti. Aplikacije su razvijene kako bi se obogatila postavka arheološkog parka Medijana u Nišu. Lokaliteti na Medijani su radi zaštite prekriveni peskom i na njihovim mestima postavljeni su crno beli markeri i slike. Aplikacije prepoznaju zadate markere i na ekranu prikazuju odgovarajući računarski generisan sadržaj, u ovom slučaju fotografije mozaika koji su ispod zaštitnog nivoa.

Prva aplikacija realizovana je korišćenjem *Metaio SDK*, dok je druga kreirana korišćenjem *Vuforia SDK* i *Unity 3D*, za Android operativni sistem. Testiranjem aplikacija došli smo do rezultata koji su predstavljeni u narednom poglavlju.

### 4. TESTIRANJE TEHNOLOGIJA

Izvršeno je testiranje aplikacija proširene stvarnosti korišćenjem *Metaio SDK* i *Vuforia SDK*.



Slika 4. Testiranje *Metaio* aplikacije.



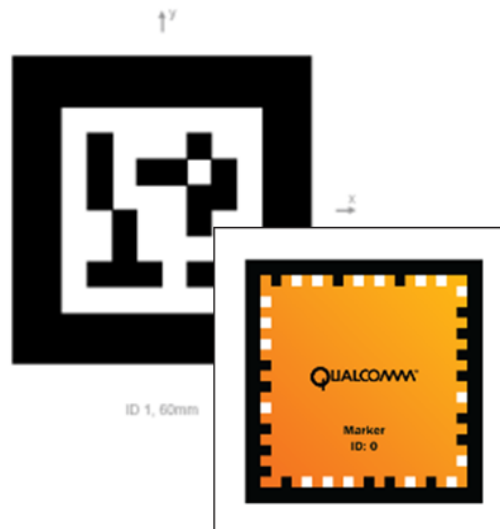
Slika 5. Testiranje *Vuforia* aplikacije na Arheološkom parku Medijana.

Različite vrste markera, veličine 5x5, 10x10 i 15x15 cm, postavljene su na različite pozicije, pri uticaju promenljivih svetlosnih izvora, tj. u:

- prostoriji sa promenljivim osvetljenjem,

- prostoriji sa pojačanom svetlošću,
- zatamnjenoj prostoriji,
- kao i van prostorije pri uniformnoj sunčevoj svetlosti.

U Tabelama 3 i 4 prikazani su rezultati testiranja, sa objašnjenjima o kvalitetu prepoznavanja markera. Prvo testiranje je izvršeno na tri mobilna telefona: *Sony Xperia Ion*, *Sony Xperia Sola*, *Asus Transformer Eee pad*, čije su karakteristike date u Tabeli 2.



Slika 9. ID marker i frame marker [6,7].

TABELA 2: UREĐAJI ZA TESTIRANJE

Model uređaja	Kamera	Procesor	Android OS
Asus Transformer Eee pad	5.0 Mpx	Dual Core 1.0 Ghz	4.03
Sony Xperia Sola	5.0 Mpx	Dual Core 1.0 Ghz	2.3.7
Sony Xperia Ion	13.0 Mpx	Dual Core 1.5 Ghz	4.0.4

U eksperimentima su, za određivanje kvaliteta prepoznavanja markera korišćeni različiti intenziteti osvetljenja, veličina markera i vrednosti za rastojanje korisnika od markera.

#### a. Intenzitet osvetljenja

Za intenzitet osvetljenja upoređeni su sledeći parametri: pojačana svetlost, mračna prostorija i promena intenziteta svetlosti.

Na osnovu promene količine svetlosti u prostoriji izvršena su nova testiranja. Stepenn osvetljenosti prostorije izražen je u luksima, jedinici osvetljenja. Na četiri različite lokacije, sa osvetljenošću od 51, 70, 119 i 440 luksa, prikazanih u Tabeli 3, dobijeni su različiti rezultati. Stepenn osvetljenja dobijen je kreiranjem Android aplikacije u ove svrhe, koja na osnovu senzora Android uređaja očitava količinu osvetljenja, izraženu u luksima.

### b. Veličina markera i rastojanje

Aplikacije su testirane na tri različite veličine markera istog kvaliteta (600 dpi, dots per inch). Testiranje je izvršeno izmenom uslova osvetljenja. Konačni rezultati predstavljaju prosečnu vrednost svih dobijenih vrednosti tokom testiranja, u zavisnosti od veličine markera, vrste markera i tipa uređaja kojim je izvršeno testiranje. Najbolji rezultat nakon testiranja dobijen je za marker veličine 15x15 cm, detektovanim uređajem *Sony Xperia Sola*, na prosečnom rastojanju od 275 cm, korišćenjem *Metaio* tehnologije. Najbolji rezultat za aplikaciju kreiranu pomoću *Vuforia SDK* dobijen korišćenjem *Asus Transformer Eee pad* uređaja, na prosečnom rastojanju od 262 cm, markera veličine 15x15 cm. Najslabiji nivo prepoznavanja uočen je prilikom testiranja *Vuforia* aplikacije, korišćenjem telefona *Sony Xperia Ion*, za marker veličine 5x5 cm, kada je marker prepoznat na rastojanju od 62 cm. U slučaju aplikacije realizovane *Metaio* tehnologijom, zabeležen je za veličinu markera od 5 cm, prepoznatog na rastojanju od 75 cm.

TABELA 3: REZULTATI TESTIRANJA NA OSNOVU RAZLIČITIH VELIČINA MARKERA, PRIKAZANE SU VREDNOSTI RASTOJANJA U CENTIMETRIMA, ZA 3 RAZLIČITA MOBILNA UREĐAJA, AT-ASSUS TRANSFORMER, SXI-SONY XPERIA ION, SXS- SONY XPERIA SOLA

Tip uređaja Vrsta markera	Sxs	Sxi	At
Metaio Marker 15 cm	275	247.5	241.5
Metaio Marker 10 cm	179.5	183	167.5
Metaio Marker 5 cm	87	81.5	75
Vuforia Marker 15 cm	221.5	258	262
Vuforia Marker 10 cm	200.5	149.5	136.5
Vuforia Marker 5 cm	63.5	62	63

Rezultati testiranja prikazani su u Tabeli 3. Testiranje je izvršeno sa markerima veličine 15x15 cm.

TABELA4: REZULTATI TESTIRANJA NA OSNOVU RAZLIČITIH VREDNOSTI KOLIČINE SVETLOSTI, AT-ASSUS TRANSFORMER, SXI-SONY XPERIA ION, SXS- SONY XPERIA SOLA

Količina osvetljenja (luks)	Rastojanje (cm)					
	Metaio			Vuforia		
	At	Sxi	Sxs	At	Sxi	Sxs
51	125	131	135	145	150	148
70	135	140	145	130	125	130
119	147	139	141	120	121	117
440	119	117	121	101	108	110

### c. Zaključci i preporuke za praktične primene

Nakon testiranja i analize rezultata prikazanih u Tabeli 3, na osnovu vrednosti rastojanja mobilnog uređaja od markera, veličine markera i uslova osvetljenja u prostoriji gde je testiranje izvršeno, došlo se do zaključka o idealnim uslovima rada aplikacije i prepoznavanja markera, što u slučaju *Metaio* tehnologije predstavlja:

- Crno beli marker,
- Veličina: 15x15 cm,
- Prepoznavanje idealno na rastojanju do 250 cm.

Idealni uslovi za prepoznavanje markera korišćenjem *Vuforia SDK*:

- Frame Marker,
- Veličina: 15x15 cm,
- Prepoznavanje idealno na rastojanju do 220 cm.

Na osnovu rezultata iz Tabele 4 zaključujemo da su najbolji rezultati testiranjem aplikacije koja koristi *Metaio* tehnologiju dobijeni pod uticajem osvetljenja od 119 luksa na rastojanju od 147 cm, dok su testiranjem aplikacije koja koristi *Vuforia SDK* i *Unity 3d* dobijeni najbolji rezultati pod uticajem količine osvetljenja od 51 luksa, na rastojanju od 145 cm. Testiranja su izvršena korišćenjem *Asus Transformers* tableta.

Testiranja su izvršena u zatvorenoj prostoriji i na otvorenom prostoru kako bi se domonstrirali realni uslovi korišćenja aplikacija.

Nakon testiranja, korišćenjem dobijenih rezultata, razvijena je aplikacija koja računa osvetljenost prostorije gde se vrši prepoznavanje i određuje distancu uređaja do markera. Implementirana je korišćenjem *metaio* tehnologije u cilju unapređenja rada aplikacije, tako što korisniku nudi dodatne informacije o tome kako najbolje prepoznati marker na osnovu dobijenih rezultata merenja osvetljenja i rastojanja, ispisivanjem poruke. Aplikacija je obogaćena skupom pravila, zadovoljenjem određenog uslova korisniku se štampa odgovarajuća poruka na ekran mobilnog uređaja.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeni su rezultati testiranja aplikacija proširene stvarnosti kreiranih pomoću *Vuforia SDK* i *Metaio SDK*, a nakon toga upoređen je nivo prepoznavanje markera. U zavisnosti od tipa uređaja kojim smo vršili testiranje dobili smo različite rezultate. Najbolji nivo prepoznavanja dobijen je korišćenjem uređaja *Sony Xperia Sola*, gde je marker veličine 15x15 cm prepoznat na rastojanju od 275 cm, korišćenjem *Metaio* tehnologije. Takođe, došli smo do zaključka da pri velikom uticaju normalne sunčeve svetlosti u otvorenim uslovima, aplikacija zasnovana na *Vuforia SDK* tehnologiji ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Na osnovu rezultata dobijenih testiranjem i istraživanjem, kreirana je aplikacija koja korisniku ispisuje poruku sa sugestijama o unapređenju prepoznavanja. Ova ideja biće osnova naših budućih istraživanja, a sastoji se u realizaciji i primeni algoritama za obradu ulaznih podataka, tj. signala koji preko kamere uređaja dospevaju do algoritma za obradu koji će se primeniti prilikom korišćenja kreiranih aplikacija.

**ZAHVALNICA**

Ovaj rad je podržan od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti ON174026 i III44006).

**LITERATURA**

- [1] A. Cassidy. (2013). "AR Wows Chicago auto show.". dostupno na: <http://www.t-immersion.com/blog/feb-19-2013/ar-wows-chicago-auto-show>, poslednja poseta 18.1.2014.
- [2] T. Suthau, M. Vetter, P. Hassenpflug, H. P. Meinzer, O. Hellwich, "A concept work for Augmented Reality visualization based on a medical application in liver surgery", Technical University Berlin, Commision V, WG V/3.
- [3] B. Jimenez, A.Rizzi, F. Nex, "Progress in Cultural Heritage Preservation," in *Springer Berlin Heidelberg*, 2012, str. 181–190.
- [4] A. S. Ibanez, J. P. Figueras. "Vuforia v1.5 SDK: Analysis and evaluation of capabilities", Master thesis, University of Catalunya, Spain 2013.
- [5] M. Hirzer. "Marker Detection for Augmented Reality Applications", Technical Report ICG-TR-08/05, Graz, October 27, 2008.
- [6] Metaio SDK, dostupno na: <http://docs.metaio.com>, poslednja poseta 16.1.2014.
- [7] Vuforia SDK, dostupno na: <https://developer.qualcomm.com/mobile-development/add-advanced-features/augmented-reality-vuforia>, poslednja poseta 16.1.2014.



# INTEGRACIJA SaaS SERVISA U CLOUD TELEKOMA SRBIJA

## SaaS SERVICE INTEGRATION IN THE TELEKOM SRBIJA'S CLOUD

Vladan Nešić, dipl.inž.elektrotehnike, PMP

Preduzeće za telekomunikacije „Telekom Srbija“ a.d. Beograd

**Sadržaj** – Cloud computing predstavlja novi trend u informacionim tehnologijama koji savremena telekomunikaciona kompanija želi da implementira i ponudi krajnjim korisnicima. U ovom radu dat je pregled osnovnih cloud servisa, prikaz cloud platforme Telekom Srbija i integracija SaaS servisa upotrebom odgovarajućeg API.

**Abstract** - Cloud computing represent new trend, which telecommunications companies wants to implement and offer to end users. This document presents basic cloud services, overview of Telekom Srbija cloud platform and integration of SaaS service using appropriate API.

### 1. UVOD

Cloud computing predstavlja novi trend u informacionim tehnologijama koji savremena telekomunikaciona kompanija želi da implementira i ponudi krajnjim korisnicima. Cloud možemo posmatrati kao skup hardvera, mreža, skladišta podataka, servisa i interfejsa koji zajedno čine uslužnu delatnost. U osnovi to je outsourcing IT servisa i usluga u skladu sa potrebama i zahtevima korisnika.

Smanjenje troškova je prva dobra osobina cloud-a. Druga važna osobina clouda je nezavisnost uređaja i lokacije. Odnosno, mogućnost korisnika da pristupi sistemu i podacima sa bilo kog uređaja (telefon, prenosni računar, radna stanica) i bilo kog mesta. Održavanje cloud aplikacija i opreme je jednostavnije jer ne zahteva instalaciju na svakom korisnikovom uređaju. Korišćenjem API (Application Programming Interface) omogućena je olakšana interakcija između softvera na različitim platformama sa softverom na Cloud platformi na isti način kao što korisnički interfejs olakšava interakciju između čoveka i računara.

### 2. VRSTE I OSOBINE CLOUD-A

Postoje četiri vrste cloud-a.

- Javni Cloud,
- Privatni Cloud,
- Zajednički Cloud,
- Hibridni Cloud.

Javni Cloud je onaj u kome provajder omogućava javni pristup resursima kao što su aplikacije, skladišta za podatke i drugi resursi, nezavisno da li se radi o pojedincima ili organizacijama, putem Interneta. Usluge mogu biti besplatne ili se koristi model plaćanja po korišćenju (pay-per-usage).

Privatni Cloud je napravljen isključivo za upotrebu jednog klijenta, koji može biti unutar organizacije ili hostovan od strane Cloud provajdera. Organizacije koje poseduju privatni Cloud imaju potpunu kontrolu nad strukturom Cloud-a.

Zajednički Cloud je Cloud koji deli nekoliko organizacija. Infrastruktura podržava posebne zajednice koje imaju zajedničke potrebe, misije, zahteve sigurnosti i slično.

Strukturu hibridnog Cloud-a čine dva ili više različitih Cloud-a (privatni, zajednički ili javni), koji mogu biti hostovani kod različitih provajdera. Svaki od ovih Cloud-a ostaje jedinstveni entiteti, a u isto vreme su međusobno povezani tako da je omogućen efikasan prenos podataka ili upotreba aplikacija između njih. Jedan od primera ovakvog Clouda je slučaj kada organizacija koja ima privatni Cloud koristi javni Cloud u slučaju kada je potrebno kratkotrajno i značajno povećanje kapaciteta (cloud bursting). Glavna prednost cloud bursting-a i hybrid cloud modela je da kompanija plaća proširanje resursa samo u vremenu kada im je to potrebno.

Jedna od karakteristika Cloud-a je pružanje mogućnosti korisnicima da po potrebi, najčešće putem web pretraživača pristupaju i upravljaju računarskim resursima. Ovaj proces je potpuno automatizovan.

Cloud resursi postaju dostupni preko mreže korišćenjem standardnih protokola, HTTP, HTML, XML, Java, SOAP ili drugih. Ovo omogućuje široku upotrebu heterogenih platformi.

Udruživanjem računarskih resursa, bez obzira gde se nalazili, omogućeno je opsluživanje većeg broja korisnika. Cloud korisnici mogu pristupiti skupu servera koji se percipiraju kao jedinstvena celina, i što je još važnije, korisnici nisu svesni konfiguracije fizičkih servera koji omogućuju uslugu.

Elastičnost Cloud-a omogućava dinamičku promenu ili preraspodelu računarskih resursa zavisno od korisničkih zahteva

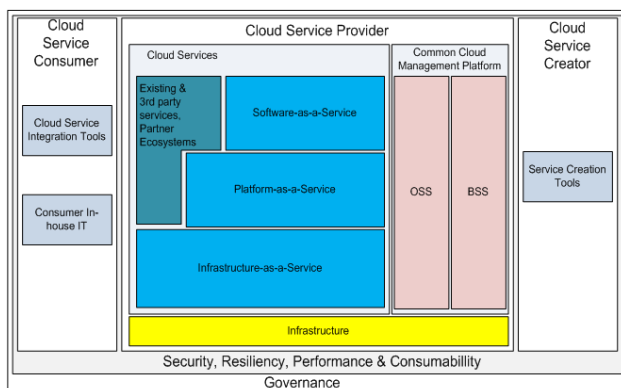
Praćenjem usluge, Cloud resursi mogu biti nadgledani, kontrolisani i dati na uvid i korisniku i administratoru. Cloud korisnici prate svoje pojedinačne usluge dok administratori nadziru ukupne performanse. Na ovaj način mogu se obračunavati i troškovi po korisniku ili po odeljenju/organizaciji.

Ceo sistem mora da bude tako dizajniran da korisniku omogući pristup računarskim resursima bez obzira na

moguće hardverske otkaze i otkaze komunikacione opreme.

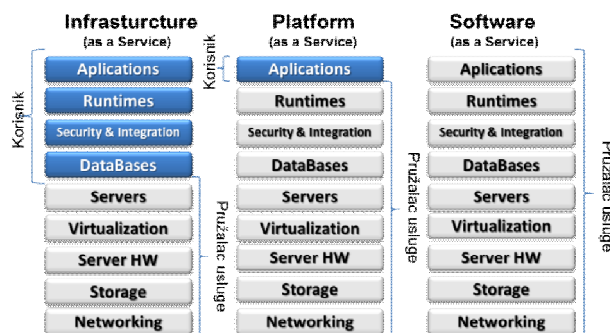
### 3. CLOUD COMPUTING SERVISI

Za realizaciju Cloud computing rešenja potrebno je obezbediti efikasnu, visoko skalabilnu i fleksibilnu arhitekturu (Slika 1.).



Slika 1. Referentna arhitektura

Pružaoци usluga Cloud computing nude svoje usluge u skladu sa nekoliko osnovnih modela: Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) i Software-as-a-Service (SaaS). Razlike između ova tri servisna modela su prikazane na Slici 2.



IaaS, PaaS i SaaS se implementiraju na elastičnoj, skalabilnoj i visoko performantnoj arhitekturi zasnovanoj na virtuelnoj serverskoj infrastrukturi i redundantnom mrežnom okruženju SP-a.

Infrastructure-as-a-Service treba da omogućiti iznajmljivanje infrastrukturnih resursa, kao što su računarska mreža, storage i virtuelna serverska infrastruktura. IaaS kao i svi ostali servisi treba da bude bazirana na virtuelnoj infrastrukturi. Izborom predefinisanih paketa korisnik će biti u prilici da kroz automatski provisioning locira određene hardverske resurse, na kojima kasnije može podići svoj operativni sistem, bazu, aplikaciju. Korisnik u svakom trenutku mora imati uvid svoju potrošnju, odnosno iskorišćenost resursa (CPU, memorija,..) kao i materijalne troškove korišćenja servisa.

Platform-as-a-Service (PaaS) je skalabilan, elastičan i visoko dostupan servis na cloud computing infrastrukturi. PaaS je samo jedan od servisa koji će biti ponudjeni u cloud okruženju kao samostalan servis. Korisniku treba omogućiti da pored infrastrukturnih servisa, koje nudi pružalac usluge, odabere odgovarajući operativni sistem (Windows, Linux,..), aplikativni server, bazu podataka (Microsoft's SQL, MySQL, Oracle...), Database management systems (DBMSs), messaging i mnogi drugi oblike aplikativne infrastrukture. PaaS može prvenstveno biti namenjen za razvoj i testiranje aplikacija, gde su baze uglavnom male, a security zahtevi i deljeni resursi od strane velikog broja korisnika nisu od posebnog značaja. Posebnu pažnju treba posvetiti OS koji su izuzetno interesantni na klijentskom tržištu u kombinaciji sa novim klasama uređaja kao što su web knjige i media tableti.

SaaS rešenja moraju biti zasnovana na multi-korisničkom okruženju. Ista verzija aplikacija, na istoj konfiguraciji (hardver, mreža, operativni sistem) se koristi za sve registrovane korisnike. Da bi se obezbedila skalabilnost, aplikacija se instaliraju na više mašina (horizontalni scaling). U nekim slučajevima, druga verzija aplikacije može biti postavljena i ponudjena odabranoj grupi korisnika koji imaju pravima pristupa beta verzijama aplikacija, aplikacijama namenjenih testiranju. Dakle, SaaS treba da bude koncipiran za centralizovan pristup, za razliku od tradicionalnih rešenja, gde se više kopija softvera – potencijalno različitih verzija, sa različitim konfiguracijama kustomizuju i instaliraju na lokacijama klijenata. S obzirom da će se SaaS update-ovati mnogo češće nego klasični softveri, nedeljno ili mesečno potrebno je ispoštovati osnovne postulate servisne arhitekture na kojima će se bazirati SaaS ponuda:

- Hostovanje aplikacija je centralizovano, svaki novi release se instalira bez potrebe za bilo kakvom aktivnošću (denstalacija postojećeg/instalacija novog software) na strani korisnika.
- Jedno aplikativno rešenje zasniva se na jednoj verziji software-a, što omogućava jednostavniji razvoj i testiranje.
- Vendori aplikacija imaju jednostavniji pristup korisničkim resursima, što ubrzava i olakšava testiranje i promene u dizajnu rešenja.
- Provider aplikacije mora imati uvid u aktivnosti korisnika na samoj aplikaciji, što olakšava lociranje problema i omogućava dodatna unapređenja na aplikaciji.

Pružanje IaaS/PaaS/SaaS je prilično kompleksno i zahteva dizajniranje, implementaciju i integraciju Cloud computing rešenja u postojeće okruženje servis provider-a.

### 4. CLOUD PLATFORMA TELEKOMA SRBIJA

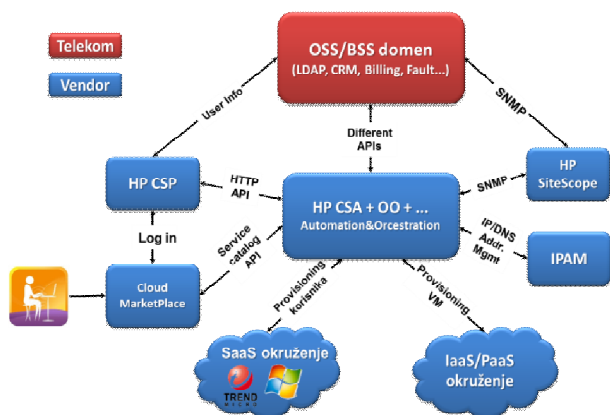
U okviru Telekoma Srbije Cloud usluge postoje od 2007. godine (WEB hosting i Hosting Virtuelnih servera).

Najveći nedostatak u pružanju navedenih usluga je odsustvo automatizacije u procesu prodaje, orkestracije i integracije sa postojećim IT platformama. Telekom Srbija je krajem 2012. godine raspisao tender za unapređenje postojećih Cloud usluga. Glavni motiv nabavke je unapređenje procesa prodaje, automatizacija i integracija SaaS servisa kroz automatizaciju procesa. Pobjednik tendera je konzorcijum koji čine kompanije Teri Inženjering i HP Solutions.

Telekom Srbija se opredelio za multi-tenancy strategiju koja omogućava krajnjim korisnicima rad u izolovanom i nezavisnom okruženju baziranom na najnovijim tehnologijama. S druge strane Telekom Srbija je prepoznao potrebe tržišta za sve većim brojem aplikativnih rešenja koja bi mogla biti interesantna malim i srednjim preduzeća kao krajnjim korisnicima.

Takodje, sve veći broj nezavisnih software-skih kuća prilagodjava svoje postojeće aplikacije multi-tenancy okruženju. Na ovaj način se između ostalog postiže kvalitetno pružanje IT servisa uz sniženje cena i opstanak na IT tržištu. U tom slučaju vendor-i traže pouzdanog partnera sa distribuiranom infrastrukturom, što Telekomu Srbija pruža ogromne mogućnosti na IT tržištu.

Uprošćeni prikaz cloud platforme i njene integracije sa postojećim sistemima Telekoma Srbija prikazan je na Slici 3.



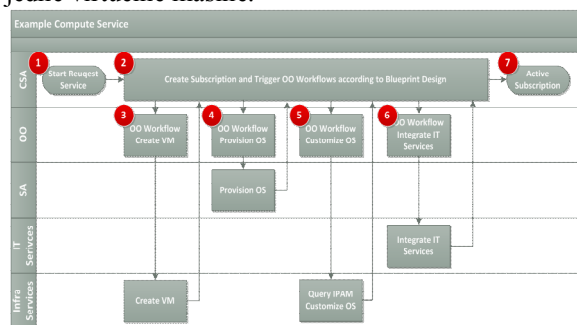
Slika 3. Cloud platforma Telekoma Srbija

U okviru platforme postoje dva dela Cloud portala: Cloud MarketPlace portal kompanije Teri (FrontEnd portal) i Cloud SelfCare portal kompanije HP (BackEnd portal). Oba portala preko HTTP API-ja imaju vezu sa katalogom servisa koji se nalazi u okviru HP CSA platforme. BackEnd portal pruža korisniku mogućnost on line upravljanja svojom infrastrukturom i kupovinu dodatnih elemenata sistema, po potrebi.

Komponenta koja omogućava sinhronizaciju i automatizaciju svih aktivnosti tokom aktivacije servisa je HP Orcestrator. Telekom Srbija koristi HP CSA + OO rešenje kao glavni deo automatizacije procesa orkestracije i kao tačku integracije sa ostalim OSS/BSS sistemima.

Orkestrator poseduje komponentu dizajnera servisa koji u grafičkom alatu omogućava kreiranje algoritma aktivacije. Koristi CMDB bazu u kojoj se nalaze informacije o svim raspoloživim resursima koji se mogu koristiti za aktivaciju servisa. Omogućava postavljanje određenih polisa po standardima i verifikaciju procesa aktivacije u skladu sa standardima. Orkestrator ima adaptore za automatsku konfiguraciju sledećih elementarnih komponenti: Vmware, Hyper-v, Linux KVM, Linux XEN, Cisco switches, Cisco Routers, Cisco firewall, EMC Clariion storage, HP Proliant server, IBM x server, MS AD, MS Exchange, (MS Lync), LDAP,...

Na Slici 4 je prikazan primer automatskog konfigurisanja jedne virtualne mašine.

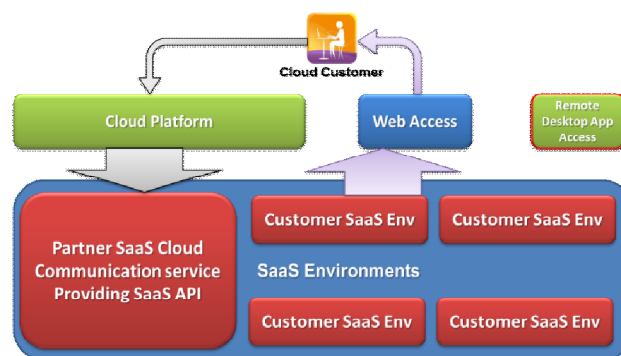


Slika 4. Primer automatskog konfigurisanja virtualne mašine

## 5. INTEGRACIJA SAAS SERVISIA

SaaS treba da bude koncipiran kao distribuirani software-ski model u kom se aplikacije hostuju na strani servis provider-a, administriraju od strane partnera, a dostupnost obezbeđuje preko Internet-a. Software-as-a-Service će u prvo vreme biti ponudjen u saradnji sa partnerima.

API o kojem će ovde biti reč je namenjen za korišćenje od strane partnera Telekoma Srbija koji imaju nameru da svoj softver prodaju koristeći cloud infrastrukturu. Pošto različiti softverski servisi funkcionišu na različite načine, Telekom Srbija je pokušao da standardizuje SaaS API koji se koristi u cloudu kako bi novi servisi mogli da budu implementirani jednostavno i efikasno. Na slici 5. je prikazana arhitektura i pregled procesa upotrebe SaaS servisa.



Slika 5. Arhitektura i upotreba SaaS servisa

Kada korisnik priđe Cloud Marketplace Portalu u okviru Cloud Platforme i želi da koristi SaaS, cloud platforma koristi standardni SaaS API za upravljanje SaaS servisom. Partner treba da implementira SaaS Cloud Communication Service u okviru ovog API-ja. Partnerova SaaS platforma, na osnovu korišćenih API metoda, može da vrši provisioning novog korisničkog okruženja. SaaS platforma treba korisniku da obezbedi web pristup samoj aplikaciji, odnosno aplikativnom okruženju. U slučaju apostoji dovoljan broj zahteva za korišćenjem servisa, pristup se može realizovati upotrebom Remote Desktop pristupa. Ova vrsta pristupa se još koristi kod Windows baziranih aplikacija koje nemaju web pristup.

Svaki SaaS partner treba da definiše:

1. SaaS komunikacioni srervis
2. SaaS okruženje

SaaS komunikacioni servis može da bude servis koji obezbeđuje REST API interfejs koji definiše sve potrebne metode definisane SaaS API-jem. Kao zamena REST API može da se koristi CLI. Svaki partner mora da obezbedi sledeće informacije kako bi komunikacija između Cloud platforme i SaaS platforme partnera mogla da bude uspostavljena:

1. Pristupna tačka
  - a. REST API, definiše server sa kojim je potrebno ostvariti komunikaciju (primer: <https://SaaSAPIAccessPoint:443/soap/api/v1>)
  - b. CLI API, ime servera koji ima dostupne CLI komande za komunikaciju upotrebom SSH ili RDP (primer: `ssh://CLIAPAccessPoint:22/Cloud_Command`)
2. Korisničko ime i lozinku

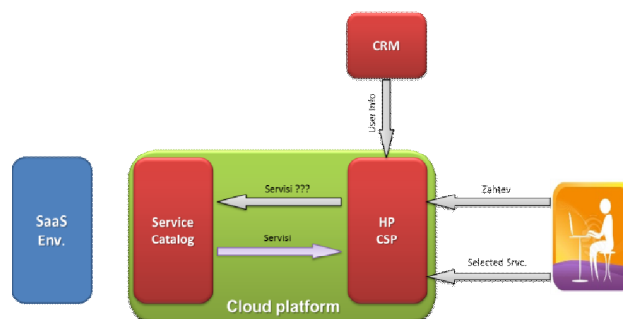
SaaS Environment predstavlja samu aplikaciju koja ima posebno okruženje za svaku kompaniju. SaaS Environment treba da obezbedi Web pristup gde se korisnici mogu logovati i koristiti aplikaciju. Preporuka je da svaka kompanija ima drugačiji access point, a da kao username budu korišćenje email adrese korisnika pošto su email adrese jedinstvene. U pogledu sigurnosti koja će biti primenjena u partnerskoj aplikaciji, separacija okruženja je moguća na nekoliko nivoa. Na nivou baze podataka, servera, storage-a.

Sve komande u okviru SaaS API-ja možemo podeliti u 5 kategorija. To su: Utility API, Service API, Company API, Licence API, User API.

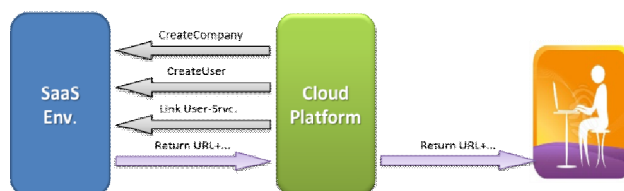
Sve funkcija SaaS API mogu se svrstati u 2 scenarija. Prvi je provisioning krajnjeg korisnika koji vodi računa o njegovom menadžmentu i menadžmentu licenci. Drugi je prijava korisnika kod koga vodimo računa o njegovoj

autentifikaciji i povratnoj informaciji koja ide od sistema ka korisniku. To ne mora biti samo URL za pristup aplikaciji već može biti i neko korisničko uputstvo, link za dodatni download i slično.

Na Slici 6. i Slici 7. su prikazani koraci prilikom kreiranja korisnika na SaaS platformi.



Slika 6. Primer kreiranja korisnika – portal info



Slika 7. Primer kreiranja korisnika - deploying

Preduslov ovom scenariju je da je korisnik poznat, odnosno da CRM ima podatke o korisniku. U prvom koraku korisnik šalje zahtev za nekim SaaS servisom. Cloud platforma komunicira sa CRM i dobija informacije o korisniku. Nakon toga Cloud platforma šalje upit ka katalogu servisa i traži servise koje dati korisnik može da kupi. Servisni katalog šalje tražene informacije ka Cloud platformi koja to prezentuje korisniku. Pošto se korisnik odluči za kupovinu nekog od mogućih SaaS servisa, Cloud platforma šalje ka SaaS platformi komande za kreiranje kompanije, usera i informaciju o tome koji servis je korisnik tražio. SaaS platforma vraća URL koji može biti link za download software-a, link do informacije o licenci ili link do web pristupa aplikaciji. U opštem slučaju to može biti link do bilo kog sadržaja koji je relevantan za upotrebu servisa. Korisnik dobija email-om link koji je Cloud platforma dobila od SaaS platforme. Cloud platforma u taj email može da ubaci i adekvatno uputstvo za korišćenje aplikacije ili bilo koji drugi dokument.

## 6. LITERATURA

- [1] MI SANU, Dokumentacija za projekat unaprđenja IT bezbednosti i zaštite ICT servisa, Beograd, 2013.
- [2] Telekom Srbija, HP, Teri Engineering, Dokumentacija za Cloud projekat Telekoma Srbija, Beograd, 2013.

[3] Weekipedia, Cloud Computing, dostupno na:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing).

# Primena OPNET simulacionog softvera za izradu PKI simulacionog modela OPNET simulation software application for creating a PKI simulation model

Aleksandar Mišković<sup>1</sup>, Mladen Veinović<sup>2</sup>

Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac<sup>1</sup>  
Univerzitet Singidunum, Beograd<sup>2</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu predstavljen je postupak izrade simulacionog modela PKI sistema u OPNET IT Guru Academic Edition virtuelnom mrežnom okruženju i predstavljeni su rezultati simulacije. Simulacioni model PKI sistema je metodološki uprošćen, elementi PKI sistema su predstavljeni odgovarajućim modelima, a njihove interakcije su simulirane uz pomoć odgovarajućih mrežnih aplikacija i profila.

**Abstract** -This paper shows the method of making a PKI system simulation model in OPNET IT Guru Academic Edition virtual network environment and displays the results of the simulation. The PKI system simulation model is methodologically simplified, the PKI system elements are represented in corresponding models, and their interactions are simulated with the help of adequate applications and profiles.

## 1. UVOD

U današnje vreme sigurnost na internetu postaje sve ugroženija, a jedan od učestalijih problema je lažno predstavljanje. Upotreba digitalnih sertifikata sigurnosne rizike svodi na minimum, a problem sa lažnim predstavljanjem, uz pravilnu upotrebu digitalnih sertifikata, gotovo da više i ne postoji.

Složeni sistem kojim se obezbeđuje sigurna komunikacija preko nesigurnog komunikacionog kanala naziva se Infrastruktura javnih ključeva (*Public Key Infrastructure - PKI*). PKI sistem predstavlja kombinaciju hardverskih i softverskih elemenata koji povezuju korisnike, digitalne sertifikate, sertifikacioni autoritet (*Certification Authority - CA*), bazu važećih i nevažećih sertifikata i sve njihove međusobne interakcije u jednu celinu.

OPNET IT Guru Academic Edition predstavlja virtuelno mrežno okruženje koje omogućava modelovanje, simulaciju rada i analizu prikupljene statistike, kao i grafički prikaz dobijenih rezultata različitih mrežnih topologija, uz izbor odgovarajućih mrežnih uređaja, protokola i aplikacija.

## 2. UTICAJ PRIMENE SIGURNOSNIH MERA NA MREŽNI SAOBRAĆAJ

U ovom radu analizirana je i modelom predstavljena razmena *e-mail* poruka. Korisnici razmenjuju tri tipa *e-mail* poruka i cilj ove analize je da se prikaže uticaj primene sigurnosnih mera kao što su digitalno potpisivanje *e-mail* poruke, sa ili bez šifrovanja iste, na mrežni saobraćaj i server koji opslužuje klijente.

Činjenice koje su iznete u radu [2], kao i od strane Microsoft-a [6], da veličina *e-mail* poruke raste ukoliko se

ista digitalno potpiše ili šifruje i da se veličina *e-mail* poruke znatno uvećava upotrebom oba procesa istovremeno, su primenjene u ovoj uvodnoj simulaciji.

Ovo povećanje mereno u kilobajtima nastaje zbog promena u načinu kodiranja koji se koristi kada se *e-mail* poruka digitalno potpiše ili šifruje i dešava se zbog dodatnih informacija koje moraju biti priključene *e-mail* poruci prilikom slanja iste.

Jedan od servisa PKI sistema je sigurna razmena elektronske pošte. Da bi učesnici u komunikaciji koristili ovaj servis moraju da koriste digitalne sertifikate izdate od strane CA tela PKI sistema. Učesnici u ovakvoj komunikaciji moraju biti uvereni da partneri s kojima komuniciraju nisu uljezi koji se lažno predstavljaju. Pošiljalac digitalno potpisuje *e-mail* poruku svojim digitalnim sertifikatom čime se garantuje autentičnost i integritet *e-mail* poruke. Da bi se obezbedila tajnost, pošiljalac poruku šifruje svojim privatnim ključem, a primalac takvu poruku dešifruje uz pomoć javnog ključa pošiljaoca.

## 3. SIMULACIONI MODEL

Prvi korak pri kreiranju ovog simulacionog modela bio je odabir arhitekture PKI sistema. Arhitektura koja je predstavljena simulacionim modelom u ovom radu podrazumeva da PKI sistem ima CA telo koje se koristi za izdavanje, preuzimanje i opoziv digitalnih sertifikata kreiranih po standardu X.509 v3 [1], registraciona tela koja služe za registrovanje novih korisnika i bazu opozvanih sertifikata preko koje će korisnicima biti distribuirana CRL lista

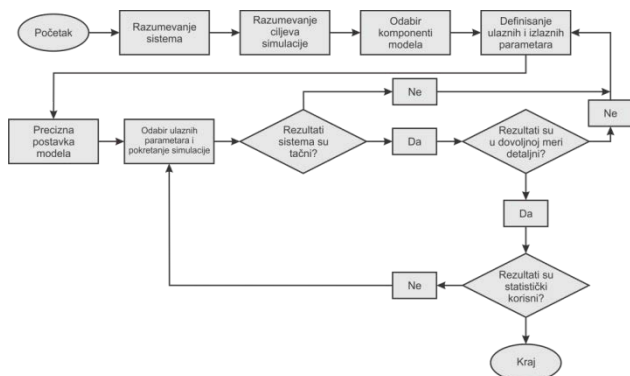
Zbog softverskih ograničenja koja su implementirana u OPNET IT Guru Academic Edition, koja se odnose na 50 miliona simulacionih događaja, broj simuliranih korisnika PKI sistema i vreme trajanja simulacije je moralo da bude prilagođeno ovom parametru.

Pri kreiranju i ispitivanju svog simulacionog modela vodio sam se modelima opisanim u radovima [2] i [3] i simulacionom metodologijom prikazanoj na slici 1.

Kreirana su tri simulaciona scenarija:

- Scenario 1: razmena običnih *e-mail* poruka;
- Scenario 2: razmena potpisanih ili šifrovanih *e-mail* poruka;
- Scenario 3: razmena potpisanih i šifrovanih *e-mail* poruka.

Sva tri scenarija su simulirala rad ovog sistema u trajanju od 60 minuta i jedini parametar koji je menjan za svaki scenario je veličina *e-mail* poruke.

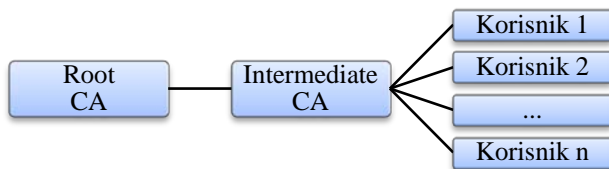


Slika 1. Simulaciona metodologija

Na brojna pitanja koja se odnose na izradu simulacionog modela, kao što su odabir ulazno izlaznih parametara simulacije i prikazivanje rezultata, odgovore sam potražio u stručnoj literaturi [4] i [5]. Jedno od najvažnijih pitanja na koje sam morao da nađem odgovor bilo je: "Koje su to bazične komponente za ovakvu simulaciju?".

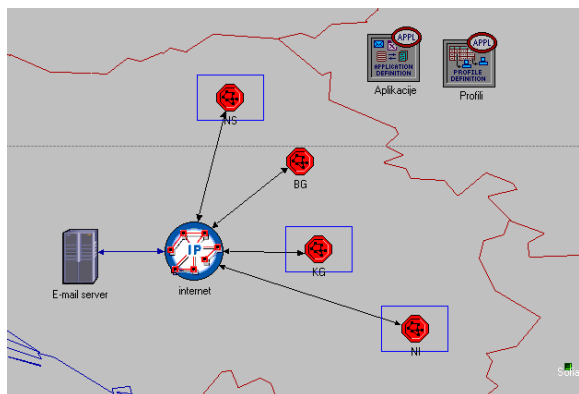
#### 4. POSTAVKA GLAVNOG SIMULACIONOG MODELA

Simulacioni model koji je predstavljen u ovom radu predstavlja *PKI* sistem koji je šematski ekvivalentan *PKI* sistemima koji se koriste u našoj zemlji. Radi se o hijerarhijskim *PKI* sistemima koji međusobno nisu povezani i šematski prikaz ovakvog *PKI* sistema dat je na sledećem dijagramu:



Dijagram 1. Dijagram hijerarhijskog modela *PKI* sistema

Osnovno metodološko pitanje, koje sam postavio na kraju prethodnog poglavlja, tj. kako stvarni problem preslikati u problem koji je moguće rešiti simulacijom, ako ne u potpunosti onda barem u određenoj meri, sam rešio na sledeći način:



Slika 2. Simulacioni model *PKI* sistema

Simulacioni model *PKI* sistema je metodološki uprošćen i sveden na izvršavanje odgovarajućih servisa i korišćenje odgovarajućih aplikacija. Odgovarajući elementi *PKI* sistema su predstavljeni odgovarajućim modelima u simulaciji, a ponašanje entiteta je predstavljeno i simulirano uz pomoć odgovarajućih mrežnih aplikacija i profila.

Sa slike 2. se vidi da su napravljene četiri podmreže koje su nazvane po gradovima u kojima su raspoređeni korisnici i drugi elementi ovog *PKI* sistema. Sve pod mreže su preko interneta spojene sa udaljenim *e-mail* serverom, koji se može nalaziti bilo gde na svetu. Na slici 2. se takođe mogu uočiti i konfiguracioni objekti kojima su definisane aplikacije i profili korisnika ove mreže. Analogija simulacionog modela sa geografskim područjem odabrana je kako bi se što vernije preslikalo stanje koje vlada u našoj zemlji, a simulacioni model maksimalno je pojednostavljen i prilagođen ostvarivanju cilja zadatog na početku ovog rada. U tabeli 1. navedeni su objekti koji su korišćeni za postavku modela na slici 2.

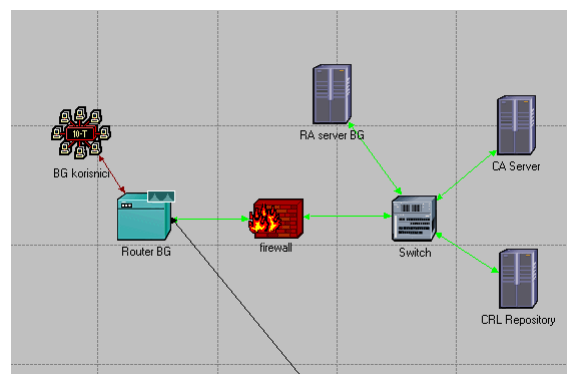
Ime objekta	Model objekta
E-mail server	<i>ppp_server</i>
internet	<i>ip32_cloud</i>
NS, BG, KG i NI	<i>subnet</i>
linkovi	<i>ppp_DS1 i ppp_DS3</i>
Aplikacije	<i>Application Config</i>
Profili	<i>Profile Config</i>

Tabela 1. Pregled glavne mrežne topologije

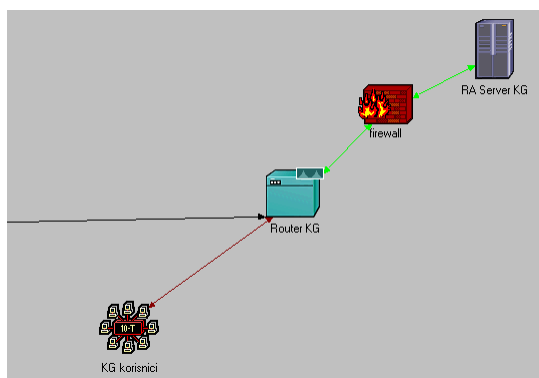
*E-mail* server u ovoj simulaciji ima ulogu da opslužuje korisnike *PKI* sistema koji periodično šalju *e-mail* poruke na *E-mail* servera i periodično ih preuzimaju sa *E-mail* servera.

Sa stanovišta simuliranog *PKI* sistema pod mreža koja je označena imenom BG sadrži glavne elemente jednog *PKI* sistema kao što su *CAServer*, *CRL Repository* i lokalni *RAServer*, dok pod mreže koje su označene sa imenima NS, KG i NI sadrže lokalni *RA Server*.

Izgled pod mreže BG i ostalih pod mreža, koje su identične po pitanju modela objekata koji su sadržani tim pod mrežama, prikazan je na slikama 3. i 4.



Slika 3. BG subnet



Slika 4. KG subnet

U tabeli 2. navedeni su objekti koji su korišćeni za postavku modela na slikama 3. i 4.

Ime objekta	Model objekta
Serveri	<i>ethernet_server</i>
Korisnici	<i>10BaseT_LAN</i>
Ruteri	<i>CISCO 7000</i>
Svičevi	<i>ethernet16_switch</i>
Firefall	<i>ethernet2_slip8_firewall</i>
linkovi	<i>10BaseT i 100BaseT</i>

Tabela 2. Pregled subnet topologije

Korisnici simuliranog *PKI* sistema su grupisani u *LAN* objekte koji koriste *10Baseethernet* linkove, dok su entiteti *PKI* sistema s ostalim objektima u mreži povezani putem *100BaseT* linkova. Ostali objekti pripadaju grupi standardnih mrežnih objekata i nemaju uticaj na rezultate ove simulacije.

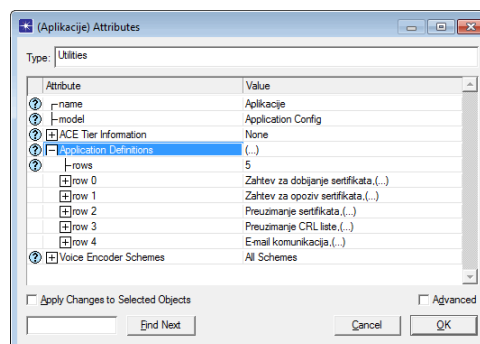
## 5. MREŽNI SERVISI - APLIKACIJE I PROFILI

Primena *Application Config* objekta se koristi za specifikaciju aplikacija koje će se koristiti za konfigurisanje profila korisnika.

*OPNET* standardni model aplikacije za razmenu *e-mail* poruka podrazumeva dvostepeni komunikacioni model, tj. razmenu *e-mail* poruka između *e-mail* klijenta i *e-mail* servera. *E-mail* klijent periodično preuzima svoje *e-mail* poruke sa *e-mail* servera, a takođe, periodično, šalje nove *e-mail* poruke ka *e-mail* serveru. Podrazumevano, model ove aplikacije koristi *TCP* protokol kao svoj transportni protokol.

Ovaj standardni model je moguće modifikovati i primeniti višestepeni komunikacioni model za razmenu *e-mail* poruka, koji je zapravo i približniji modelu u stvarnom životu. Međutim, modifikacija podrazumevane *OPNET* aplikacije za razmenu *e-mail* poruka je veoma kompleksan poduhvat, koji zahteva korišćenje naprednije verzije *OPNET* simulacionog softvera tj. *OPNET Modeler-a*, uz pomoću koga bi se menjao izvorni kod modela procesa aplikacije za razmenu *e-mail* poruka.

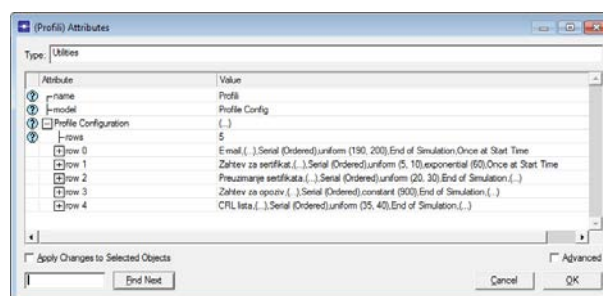
U ovom radu primenjen je standardni *OPNET* model aplikacije za simulaciju razmene *e-mail* poruka između *PKI* klijenata.



Slika 5. Izgled Application Config objekta

Sa slike 5. se vidi da je pored standardnog modela aplikacije za razmenu *e-mail* poruka dodato još četiri modela aplikacija koje opslužuju korisnike *PKI* sistema.

Objekat *Profile Config* opisuje obrasce aktivnosti korisnika ili grupe korisnika u odnosu na aplikaciju koju koriste tokom određenog perioda. Pre nego što se započne sa konfigurisanjem profila korisnika moraju se definisati aplikacije koje će da se koriste u mreži.



Slika 6. Izgled Profile Config objekta

Na slici 6. se vidi da su napravljena 5 profila za korisnike simuliranog *PKI* sistema. Svaki od ovih profila je konfigurisan posebno i tačno je definisano kada će koji profil da se pokrene u toku simulacije, koliko dugo će vremenski da se izvršava, da li će da se ponavlja tokom simulacije itd.

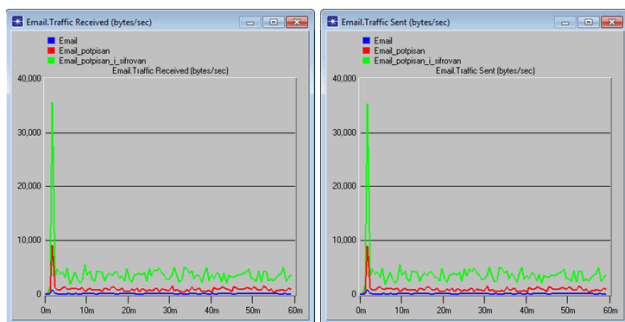
Aktivnosti korisnika definisanih u *E-mail* profilu koje su i bitne za ovaj rad ogledaju se u sledećem: Aplikacija se pokreće nakon 190-200 sekundi od početka simulacije, što predstavlja vreme potrebno da korisnici preuzmu sertifikate i CRL listu, i izvršava se do kraja profila.

## 6. ANALIZA REZULTATA SIMULACIJE

Analiza rezultata simulacije obavlja se na osnovu prikupljene statistike za odabrane mrežne uređaje i aplikacije koje se izvršavaju u tom mrežnom okruženju.

Prosečna vrednost dolaznog i odlaznog saobraćaja generisanog na mreži, na transportnom sloju uz korišćenje *TCP* protokola, korišćenjem *e-mail* aplikacije prikazana je na slici 7. na kojoj se uočava da je generisani saobraćaj najveći prilikom preuzimanja i slanja digitalno potpisanih *e-mail* poruka koje su istovremeno i šifrovane.



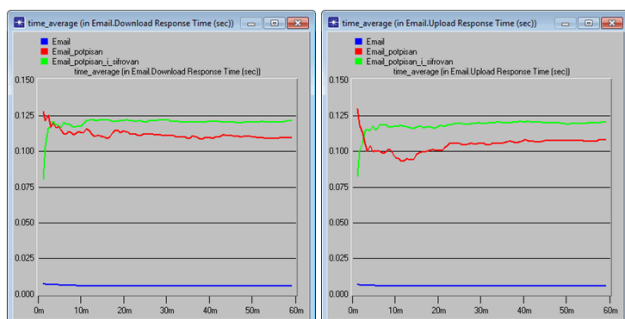


Slika 7. Preuzimanje i slanje e-mail poruka

Vreme koje je potrebno za slanje i preuzimanje *e-mail* poruka predstavljeno je pomoću funkcija *Download Response Time (sec)* i *Upload Response Time (sec)*, koje predstavljaju vreme, tj. odgovor na zahtev klijenta, koje je potrebno da *e-mail* poruka stigne sa *e-mail* servera, odnosno vreme koje je potrebno za pristizanje pozitivne potvrde (*positive acknowledgment - ACK*) *e-mail* servera kao odgovor na poslatu poruku od strane *e-mail* klijenta.

Podaci na slici 8. su prikazani korišćenjem filtera *time\_average* koji predstavlja tekući stalni prosek statističkih vrednosti za odabranu statistiku, tj. svaka vrednost je ponderisana količinom vremena za koje je statistika imala tu vrednost i koja se izračunava na sledeći način:

$$time\_average(i) = \frac{\sum_{j=0}^{i-1} (V_j^k \times (T_{j+1}^k - T_j^k))}{\sum_{j=0}^{i-1} (T_{j+1}^k - T_j^k)} \quad (1)$$



Slika 8. Vreme potrebno za preuzimanje i slanje e-mail poruka sa e-mail servera

Sa slike 8. se uočava da je generisani saobraćaj takođe najveći prilikom preuzimanja i slanja digitalno potpisanih *e-mail* poruka koje su istovremeno i šifrovane.

## 7. ZAKLJUČAK

Rezultati koji su predstavljeni u ovom radu nisu reprezentativni u realnom svetu i namenjeni su da predstavljaju tehniku modeliranja i simulacije jednog *PKI* sistema. Simulacioni model koji je predstavljen u ovom radu je maksimalno pojednostavljen i prilagođen predmetu istraživanja. Sam *PKI* sistem je znatno složeniji i moguće ga je detaljno analizirati upotrebom naprednije verzije *OPNET Modeler* softvera.

Za dalje istraživanje i rad s ovim simulacionim softverom potrebno je proširiti simulacioni model *PKI* sistema, predstaviti sve protokole po kojima on funkcioniše i promenom načina na koji se izvršavaju doći do kompleksnijih rezultata.

## LITERATURA

- [1] D.Cooper, S.Santesson, S.Farrell, S.Boeyen, R.Housley, W.Polk: RFC5280: Internet X.509 Public Key Infrastructure Certificate and CRL Profile, 2008.
- [2] Kelley R. Klepzig: Modeling and Simulation of Public Key Infrastructure Applications, SANS Institute, 2003.
- [3] Jun Wang, Bill Yurcik, Zahid Anwa, Suvda Myagmar: Secure Large-scale Network Systems: Key Management Scalability Modeling & Simulation, NCSA Security Research, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2006.
- [4] Adarshpal S. Sethi, Vasil Y. Hnatyshin: The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation, CRC Press, 2012.
- [5] Zheng Lu, Hongji Yang: Unlocking the Power of OPNET Modeler, Cambridge University Press, 2012.
- [6] Information about why the size of a digitally signed or encrypted e-mail message increases in Exchange2003, <http://support.microsoft.com/kb/927469>, online access: 15.03.2013

# PROBLEM USPEŠNOSTI - RETROSPEKTIVAN POGLED NA SOPSTVENO ISKUSTVO U RAZVOJU INFORMACIONIH SISTEMA

## A PROBLEM OF PERFORMANCE - A RETROSPECTIVE VIEW ON PERSONAL EXPERIENCE IN INFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT

Mila Mitić

*Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin u Beogradu*

**Sadržaj** – Sposobnost autorke rada da formira uspešan rezultat smanjivala se sa rastom njenog iskustva, uprkos stalnom profesionalnom učenju. Uspešnost rada zavisi, ne samo od iskustva i znanja da se posao uradi, već i od motivisanosti i sposobnosti organizacionog i društvenog okruženja da prihvati ostvaren rezultat. U cilju objašnjavanja problema sopstvene uspešnosti, autorka koristi okvir Cynefin za pripisivanje značenja svom radnom iskustvu. Retrospektivni pogled otkriva da je autorka radila u različitim domenima znanja i da se, prema dinamici okvira Cynefin, uglavnom pravilno kretala po njima, dok okruženje nije prihvatilo složenost i nove načine rada koje složenost zahteva.

**Abstract** – The author's ability to form a successful result is decreased with the increase of her experiences, despite her permanent professional learning. Job performance depends, not only on actor's experience and knowledge to perform the job, but on motivation and ability of organizational and social environment to accept the result. In order to explain the problem, the author uses the Cynefin framework to make sense of her work experience. The retrospective view indicates that the author has worked in different knowledge domains, and that, according to the Cynefin dynamics, mainly properly moved across it, while the environment hasn't accepted complexity and new work approaches required by it.

### 1. UVOD

Jubilarne godišnjice rada su dobar povod za osvrt na lično profesionalno iskustvo. Posle 30 godina rada u oblasti razvoja softvera i informacionih sistema (IS), autorka ovog rada (u daljem tekstu, autorka) smatra da se sa rastom iskustva, uprkos stalnom profesionalnom učenju, smanjivala njena sposobnost da formira uspešan rezultat tj. rezultat koji služi potrebama njegovih korisnika.

Uspešnost je višedimenzioni koncept i na najosnovnijem nivou ima dva aspekta: proces i ishod ([1]). Prvi aspekt se odnosi na aktivnost koja se obavlja, a drugi na motivisanost i sposobnost okruženja da prihvati ostvareni rezultat. Autorka u svom radu prepoznaje problem spremnosti okruženja da prihvati složenost razvoja IS i nove načine rada koje složenost zahteva.

U cilju osvetljavanja i objašnjavanja uočenog problema, autorka formira retrospektivan pogled na svoje radno iskustvo korišćenjem multi-ontološkog okvira Cynefin za pripisivanje značenja i modela njegovih domena znanja. Retrospektivni pogled ukazuje, s jedne strane, da je autorka radila u različitim domenima znanja (oblastima

koje zahtevaju različita znanja i primenu različitih pristupa u radu kako onih koji razvijaju IS tako i onih za koji se taj IS razvija) i da se, prema dinamici okvira Cynefin, uglavnom pravilno kretala po njima, a da je, s druge strane, okruženje skloni starim načinima rada.

Način rada u organizacijama i na projektima na kojima je autorka bila angažovana, stečeno iskustvo i postignuti rezultati prikazani su u sekciji 2. Prikaz okvira Cynefin dat je u sekciji 3 kombinovanjem više izvora njegovog opisa i objašnjenja ([2]-[6]). Sekcije 2 i 3 obuhvataju samo one aspekte koji su potrebni za prikaz retrospektivnog pogleda autorke na sopstveno iskustvo, prikazano u sekciji 4, i za objašnjenje uočenog problema, dato u sekciji 5<sup>1</sup>.

### 2. LIČNO RADNO ISKUSTVO I REZULTATI

Autorka je radno iskustvo sticala u tri različite organizacije, kao i na projektima od strateškog značaja za zemlju na kojima je bila angažovana kao ekspert za IS.

**ORGANIZACIJA 1.** Razvoj IS u ovoj organizaciji bio je zasnovan na standardima i strogo hijerarhijski uređen. Projektant je, na osnovu zahteva klijenta utvrđenih u saradnji sa njim, formirao projekat sistema, koji je dalje dorađivao organizator programiranja. Organizator programiranja je određivao potrebne programe i detaljno specificirao zadatke za izradu programa. Programer je, na osnovu dobijenog zahteva za izradu programa, pisao i testirao kod u utvrđenom roku. Programer je mogao da razjasni eventualne nejasnoće sa organizatorom programiranja i da ukaže na eventualnu neadekvatnost roka po upoznavanju sa zadatkom.

Autorka se sa načinom rada u organizaciji i usvojenom, godinama korišćenom najboljom praksom upoznala pre početka rada, kao stipendista organizacije. Autorka je u ovoj organizaciji radila manje od 3 godine, na poslovima programera i organizatora programiranja i to, prema oceni rukovodilaca, veoma uspešno. Želja za kreativnijim poslom bila je razlog promene radne organizacije.

**ORGANIZACIJA 2.** Oblast rada druge organizacije bila je složenija. Informacioni sistem firme imao je jedinstvenu bazu podataka i tri podsistema. Bazu podataka formirao je projektant baze, koji je imao i ulogu

<sup>1</sup> Radno iskustvo i retrospektivni pogled prikazani su bez navođenja referenci koje bi bile brojne i, osim projektne dokumentacije, obuhvatile ličnu dokumentaciju autorke, nastale njenim internim beleškama, prepiskama i usmenim razgovorima u toku rada i, kao takve, one ne bi mogle da zadovolje stvarnu svrhu citiranja.

administratora baze. Svaki podsistem IS gradio je poseban tim. Članovi tima su imali uloge projektanta i programera.

U razvoju podsistema i jedinstvene baze podataka korišćene su dobre prakse. Tim je analizirao šta treba da se uradi, kako i ko bi to mogao da uradi. U rad tima se po potrebi uključivao projektant baze podataka. Zadaci su se izvršavali prema postignutom dogovoru, uz saglasnost ostalih timova i rukovodioca računskog centra.

Autorka je počela da radi u ovoj organizaciji u toku razvoja projekta IS, na podsistemu za podršku osnovnim poslovnim funkcijama. Razvijen podsistem je zadovoljavao potrebe organizacije. Međutim, neadekvatne upravljačke odluke i osipanje projektnog tima bili su pretnja mogućnosti daljeg uspešnog rada i autorka je napustila organizaciju posle nepune tri godine rada u njoj.

**ORGANIZACIJA 3.** Treća organizacija se bavi razvojem IS za različite klijente, na osnovu ugovora i projektnog zadatka. U radu se, po pravilu, koriste usvojeni standardi i dobra praksa razvoja IS.

Autorka je, u toku skoro 25 godina rada, angažovana na projektima različite složenosti na kojima je imala različite uloge, od programera do strateškog planera. Rezultati rada na projektima na kojima je koristila dobru praksu su dobro ocenjivani, mada ne uvek korišćeni. Zbog složenosti situacija u kojima je radila, autorka je prepoznala ograničenja korišćenja dobre prakse. Okruženje je različito prihvatilo iste rezultate rada.

**OSTALO ISKUSTVO.** Autorka je, kao ekspert za IS, radila i na dva projekta od strateškog značaja za zemlju koje su finansirale inostrane institucije, kao i na recenziji jednog strateškog projekta.

Rad na oba projekta bio je timski, prema postavljenom projektnom zadatku. Na njima se, prema viđenju autorke, težilo pre svega zadovoljenju forme i stvaranju slike uspešnog rada. Oba projekta su ocenjena kao uspešna, ali njihovi rezultati nisu vidljivi.

Autorka je osporavala pristup radu na oba projektu, zbog čega je sa jednog prećutno isključena. Na drugom projektu njeno mišljenje uglavnom nije prihvaćeno, mada joj je zvanično zahvaljeno na velikom doprinosu.

### 3. OKVIR CYNEFIN I MODELI DOMENA

Okvir Cynefin<sup>2</sup> je multi-ontološki okvir za pripisivanje značenja, a može da se koristi i kao model za kategorizaciju domena znanja. Okvir razlikuje 5 domena: jednostavan, komplikovan, složen, haotičan i metež. Jednostavan i komplikovan su domeni reda, a složen i haotičan predstavljaju domene ne-reda. Ne-red ne znači nedostatak reda, već drugačiju vrstu reda – red koji iskršava. Metež obuhvata dva stanja: neautentičnost i tranziciju. Neautentičnost je stanje neznanja u kom se

domenu nalazimo i nepoželjno je, a tranzicija je stanje kretanja ka drugom domenu da bi se ostvarila promena (npr. pričanje o inovaciji predstavlja stanje tranzicije).

U osnovi okvira Cynefin je ideja da ontologija, epistemologija i fenomenologija (tj. kakve su stvari, kako ih saznajemo i kako ih opažamo) treba da budu usklađene da bi naše akcije bile prikladne situaciji. S obzirom da svaki domen okvira karakteriše drugačiji odnos između uzroka i efekta, svaki domen zahteva drugačiji model ponašanja, drugačiji pristup rukovođenju, drugačiji model odlučivanja i drugačije alate. Upravljanje u svakom domenu treba da omoguću učvršćivanje jakih veza i podstakne slobodu i mogućnosti slabih veza.

U domenima reda odnosi uzrok-efekat su stabilni; u jednostavnom domenu ovaj odnos je lako shvatljiv, dok razumevanje ovog odnosa u komplikovanom domenu zahteva analizu i tumačenje eksperata. U složenom domenu postoji odnos uzrok-efekat, ali se zbog velikog broja uzročnih odnosa i povratnih sprega teško opaža, u stvari on može da se uoči samo unazad. U haotičnom domenu ne mora da postoji uočljiva veza između uzroka i efekta, a u metežu uzrok i efekat uopšte nisu povezani.

Zbog toga jednostavan domen predstavlja domen standardnih procedura i najbolje prakse, komplikovan domen je domen eksperata, analize i dobre prakse, složen domen je domen obrazaca i praksa koje iskršavaju, a haotičan domen je domen nove prakse. U domenima ne-reda ne dominira racionalnost, već kulturni faktori, nadahnuto liderstvo, osećaj iz stomaka i drugi složeni faktori koji nastaju iz interakcija različitih faktora kroz prostor i vreme. Ljudi u metežu vuku ka domenu u kojem se najbolje osećaju i teško se određuje potrebna akcija.

U domenima reda, veze ka centru su jake i obično izražene strukturama koje na neki način ograničavaju ponašanje aktera. U domenima ne-reda veze ka centru su slabe i zbog toga u njima ne uspeavaju uobičajene strukture upravljanja s vrha na dole. Veze među akterima su jake u komplikovanom i složenom domenu, a slabe u jednostavnom i haotičnom domenu.

Prema Cynefin dinamici, osnovno kretanje je između složenog i komplikovanog domena. Ideje iskršavaju i istražuju se u složenom domenu. Kada se formira dovoljno dokaza o valjanosti ideje i dostigne visok stepen njenog prihvatanja, struktuiraju se i ograničavaju aktivnosti koje omogućavaju korišćenje te ideje i predvidivo ponašanje aktera, odnosno prelazi se u komplikovan domen. U cilju nastanka novih ideja prelazi se iz komplikovanog u složen domen slabljenjem ograničenja i smanjenjem upravljanja iz centra.

Postojan materijal prelazi iz komplikovanog domena u jednostavan i, zbog velikih promena u savremenom svetu, ne ostaje u njemu zauvek. Kretanje između jednostavnog i komplikovanog domena je inkrementalno poboljšanje.

Iz domena reda može namerno da se pređe u kaos u cilju napuštanja ustaljenih načina razmišljanja i podsticanja

<sup>2</sup> Cynefin (izgovor kun-ev'in) je velška reč; znači mesto rođenja i odrastanja, okruženje u kojem se živi i na koje se priviklo.

novih. Greške u radu dovode do neplaniranog ulaska u haos, odakle može da se izađe postavljanjem ograničenja i povratkom u jednostavan ili složen domen (u zavisnosti od veličine potrebne promene u sistemu).

Za jednostavan, komplikovan, složen i haotičan domen razvijeni su pojedinačni modeli. Svaki model ima dve dimenzije i 3 vrednosti duž svake dimenzije tj. predstavlja matricu 3X3, odnosno ima 9 oblasti. Oblasti modela domena olakšavaju objašnjavanje dinamike domena.

Nedavno je objedinjavanjem modela domena, rotiranih za 45°, formiran Cynefin v45°, koji olakšava objašnjavanje Cynefin dinamike. Pravilna putanja kretanja unutar domena je horizontalna linija (ne obavezno duž celog domena). Isklizavanje sa nje zahteva upravljačku akciju koja omogućava povratak na pravilnu putanju. U suprotnom, može da se isklizne u metež ili haos. Krajnje levo i krajnje desno polje modela domena (u v45°) predstavljaju polja tranzicije ka drugom domenu.

Dimenzije modela jednostavnog domena su *stav o prirodi ograničenja* i *reakcija aktera*. Reakcija aktera može da bude od *ispitivanja*, preko *pragmatičnog prihvatanja* (čak i ako se oni ne slažu sa ograničenjima) do *nekritičkog zadovoljstva* (bez obzira na posledice). Stav o prirodi ograničenja se kreće od *predstavljaju kompromis* (cenu koja treba da se plati da bi se postigla veća efikasnost, konzistentnost, itd.) preko *očigledna su* (predstavljaju pravu stvar) do *nemaju veze sa stvarnošću*.

Pravilna putanja kretanja u jednostavnom domenu obuhvata dve oblasti levo na horizontalnoj liniji. Najpre se ograničenja posmatraju kao kompromis i akteri ispituju njihovu opravdanost. Kada shvate opravdanost ograničenja, akteri ih brzo, pragmatično prihvataju kao očigledna. Oni tako ulaze u oblast najbolje prakse.

S obzirom da se najbolja praksa prihvata u jednom kontekstu, potrebno je da se pri promeni konteksta proveri njena prikladnost. Oblast provere opravdanosti ograničenja predstavlja zonu tranzicije u komplikovan domen. Međutim, značajna promena konteksta zahteva prelazak u složen domen, preko domena meteža.

Isklizavanje sa putanje pravilnog kretanja zahteva upravljačku akciju. Na primer, ako se ukazuje da ograničenja nemaju veze sa stvarnošću, potrebno je da se ispita njihova opravdanost. U suprotnom se kliza u haos.

Dimenzije modela komplikovanog domena su *strateški fokus* i *angažovanje*. Strateški fokus (fokus aktivnog angažovanja) može da bude od *formiranja* ideje (inicijative), preko *zatvaranja opcija* do *korišćenja* ideje. Angažovanje može da bude od *uključenja ključnih igrača*, preko *izgradnje konsenzusa* do tačke u kojoj je *potrebna saglasnost*.

Pravilno kretanje je duž horizontalne linije u oba smera. Ključni igrači (mali broj ljudi sa različitim pogledima) se usredsređuju na formiranje strategije (to je oblast

usredsređivanja na mogućnosti, koja predstavlja zonu prelaska iz i komplikovanog u složen domen). Kada gledišta ključnih igrača počnu da konvergiraju, zatvaraju se opcije i proširuje angažovanje. Proverava se postojanost ideje. Određuje se dalji smer kretanja. Strateška inicijativa može da stvori uslove za dalje istraživanje, a time i prelazak na složen domen. Ako ne postoji potreba za daljim istraživanjem, organizacija se fokusira na korišćenje ideje i angažuje na formiranje saglasnosti sa inicijativom. Ograničava se operativan proces tj. određuju pravila ponašanja i prelazi na operativnu realizaciju inicijative, u jednostavan domen.

I u ovom modelu svako isklizavanje sa horizontalne linije zahteva akciju. Na primer, usredsređenje samo ključnih igrača na korišćenje ideje (bez šireg razmatranja, sa pretpostavkom da je ideja dobra i će je akteri prihvatiti i koristiti) predstavlja oblast gubljenja vremena. Nepravovremena akcija dovodi do pada u metež.

Dimezije modela složenog domena su *dokazni materijal* i *stepen prihvatanja*. Dokazni materijal može da bude od *osećaja iz stomaka*, *intuicije*, preko *induktivnog*, *na slučajevima zasnovanog* (što obuhvata i predloge koji nikada nisu ni dokazani ni opovrgnuti) do *van razumne sumnje* (postoji empirijski dokaz ili dokaz koji je u određenom smislu dovoljan). Stepent prihvatanja se kreće od *uverenja male grupe*, preko *važjećeg uverenja* (dominantan pogled, koji može da bude i negativan ako nije podržan dokaznim materijalom) do *uverenja svih*.

Fokus u ovom domenu treba da bude na eksperimentima koji mogu da propadnu a ne na projektima koji sigurno uspevaju. Pravilno kretanje je duž horizontalne linije u oba smera. Što je više dokaznog materijala, stepen prihvatanja ideje je veći. Kada se ne sumnja u dokazni materijal a ideja je skoro univerzalno prihvaćena, prelazi se na njeno korišćenje. Formiranjem novih problema, uvođenjem novih podataka, povećavanjem izazova i sl. omogućava se kretanje u drugom smeru.

U ovom domenu se često počinje od središta domena, iz oblasti ozbiljnog ulaganja. Time se zanemaruje oblast paralelnih proba koje mogu da propadnu, koja je na ivici haosa, dozvoljava najviše kreativnosti i omogućava da se izgradi razumevanje šta zaista može da se uradi.

Oblast visokog rizika u ovom domenu je oblast grupnog razmišljanja, u kojoj se ideja prihvata bez ikakvog dokaza. To je oblast zadržavanja prošle prakse koja više nije primenljiva.

Oblast jeretika i otpadnika je zona u kojoj mala grupa ljudi veruje u ideju suprotnu široko prihvaćenom uverenju. Stepent prihvatanja ideje u tom slučaju može da se poveća samo uz pomoć rukovodstva.

Haotičan domen se mnogo razlikuje od ostalih domena. Stanje haosa je prelazno stanje ka drugom domenu ili se iz njega potpuno propada. U ovom domenu je važno da se brzo postavi ograničenje koje omogućava uspostavljanje

nekih veza i prelazak u drugi domen, bez obzira da li je ulazak u haos bio nameran, očekivan ili iznenađan.

#### 4. PRIMENA OKVIRA ZA PRIPISIVANJE ZNAČENJA LIČNOM RADNOM ISKUSTVU

**ORGANIZACIJA 1.** Autorka se na samom početku svog profesionalnog rada našla u središtu jednostavnog domena jer je, nakon upoznavanja sa načinom rada u organizaciji, prihvatila godinama korišćenu najbolju praksu s obzirom da se ona slagala sa njenim (teorijskim) znanjima.

Autorka je počela da radi kao programer, poštujući pravila sistema. U cilju prihvatanja dobijenog zadatka za izradu programa ispitivala je njegovu razumljivost, konzistentnost, kao i prihvatljivost postavljenog roka i, u slučaju bilo kakvog problema, razrešavala ga sa organizatorom programiranja. To je omogućavalo i inkrementalno poboljšanje zadatka (ako je bilo potrebno). Nakon prihvatanja zadatka pisan je i testiran program.

Stečena iskustva i dodatna obuka su omogućavala programerima, koji su uglavnom radili u jednostavnom domenu, da u sopstvenom profesionalnom razvoju lako preuzmu ulogu organizatora programiranja, koji su, kao i projektanti, uglavnom radili u komplikovanom domenu.

U stvari, projektant se sa klijentom unutar organizacije usredsređivao na mogućnosti primene IT za zadovoljenje potrebe klijenta, predlagao rešenje i dalje radio sa organizatorom programiranja na njegovoj formalizaciji. Time se utvrđivao način operacionalizacije i prelazilo u jednostavan domen. Prema tome, rad na razvoju IS se kretao pravilnom putanjom po uređenim domenima, pa je, i autorka, poštujući to uređenje, tako radila. Upravo joj je tako razvijena sposobnost u radu omogućila promenu organizacije u kojoj je posao bio kreativniji i izazovniji.

**ORGANIZACIJA 2.** Autorka je počela da radi kao projektant na razvoju podsistema IS u vreme kada je ideja o IS i njegovim podsistemima bila oformljena. U timu je građen konsenzus oko načina razvoja podsistema. Razmatrani su mogući programi, njihova svrha, međusobna povezanost, očekivani ulazi i izlazi, kao i ko bi mogao da ih uradi. Nakon dobijanja saglasnosti na predloženo rešenje nastavljao se operativan rad.

Saglasnost postignuta u komplikovanom domenu predstavljala je ograničenje za samostalan operativan rad članova tima na razvoju programa u jednostavnom domenu. U retkim slučajevima, kada je bilo potrebno da se preispita postavljeno ograničenje, vraćalo se u komplikovan domen. Problem su, u zavisnosti od njegove prirode, rešavali članovi jednog ili više timova i, nakon obezbeđenja saglasnosti na novo rešenje, prelazilo se ponovo u jednostavan domen. Informacioni podsistem je razvijan pravilnim kretanjem po uređenim domenima.

Pokazalo se da razvijeni podsistem zadovoljava potrebe organizacije. Međutim, zbog komplikovanog poslovanja unos podataka je bio zahtevan. Saradnik zadužen za unos podataka za jednu organizacionu jedinicu pravdao je

svoju nedovoljnu predanost poslu (prema oceni autorke i njenih kolega) komplikovanošću programa, što je nekritički preraslo u stav te organizacione celine. Vršilac dužnosti rukovodioca računskog centra nije dozvoljavao organizacionu raspravu o toj primedbi. (U kratkom neformalnom razgovoru autorke sa članom rukovodstva organizacione jedinice podnosioca primedbe potvrđen je stav autorke da je primedba neosnovana.)

Onemogućavanje ispitivanja primedbe o neopravdanosti ograničenja za unos podataka, autorka je videla kao velik rizik za mogućnost uspešnog rada, koji je inače povećan i odlaskom najznačajnijih članova tima na godišnja odsustvovanja odnosno iz organizacije, a bez ikakve reakcije rukovodstva i ostalih kolega. Autorka je shvatila da zbog nedostatka podrške rukovodioca i nemogućnosti organizovanja u timu ne može da izbegne stanje haosa i zbog toga napustila organizaciju.

**ORGANIZACIJA 3.** Na početku svog rada u trećoj organizaciji autorka je radila na modeliranju dela IS, na osnovu specifikacije zahteva, koju je dobijala od rukovodioca projekta (izvan firme), i usvojenog načina modeliranja (ne znajući kako je rad organizovan na čitavom projektu). Kada se broj dobijenih zahteva vremenom povećao, autorka je smatrala da korišćeni način modeliranja ne doprinosi razumevanju čitavog modela tj. njegovom kvalitetu. Međutim, rukovodilac projekta je insistirao na njegovoj primeni s obzirom da je to bio usvojen način rada na projektu. Drugim rečima, autorka je i na ovom projektu radila u jednostavnom domenu i pokušavala da se pravilno kreće u njemu.

Na reviziji projekta utvrđeno je da je projekat dobro urađen, ali da je projektni zadatak bio loš. U realizaciju projektnog zadatka ušlo se, prema saznanjima autorke rada, na osnovu dobre prakse u svetu i zahteva ključnih igrača u oblasti, tj. iz oblasti gubljenja vremena u komplikovanom domenu. "Robovanje" postavljenim ograničenjima onemogućilo je povratak na pravilnu putanju kretanja u komplikovanom domenu.

Na drugom projektu, u istoj oblasti problema, autorka je, u sličnoj organizaciji rada na projektu, formirala model relacione baze podataka prema pravilima normalizacije, koje je smatrala očiglednim ograničenjem. Projekat je usvojen kao uspešan (njegova realizacija prekinuta je raspadom SFRJ; projekat je rađen za tri njene republike).

Na projektima razvoja softvera primenom novih IT, autorka se, zajedno sa kolegama, usredsređivala najpre na mogućnosti tih tehnologija da zadovolje poznate zahteve korisnika, a zatim formirala konačnu ideju o načinu primene te tehnologije i ulazila u njenu realizaciju. Radilo se pravilnim kretanjem u domenima reda. Međutim, rešenja nisu primenjivana u praksi jer potencijalni klijenti nisu imali stvarnu potrebu za njima. Ocenjivali su ih kao odlične, ali ih nisu uveli u rad.

Pripisivanje značenja tom iskustvu pomoću okvira Cynefin doprinosi razumevanju da primena novih IT ne treba da se posmatra kao komplikovan već kao složen

poduhvat. Softver podržan novim IT ne treba da se razvija na osnovu implicitne pretpostavke da su ulaganja u primenu tehnologije čija je uspešnost dokazana u nekom drugom kontekstu opravdana već opravdanost ulaganja treba da se proveru u lokalnom kontekstu.

Prema tome, autorka je i ovoj organizaciji dosta vremena radila u domenima reda. Njeni rezultati su bili dobro ocenjivani, ali ne uvek i primenjivani.

Međutim, na jednom projektu se otkrilo da ne postoje uslovi za rad u komplikovanom domenu. Klijent nije prihvatao obavezu kojom bi zadovoljio osnovno očekivanje eksperata za razvoj IS. On je odbio da učestvuje u određivanju zahteva za IS i očekivao da dobije IS po sistemu "ključ u ruke". Pokušaj promene projektnog zadatka nije uspeo jer je recezent, ne znajući za okvir za razvoj IS na osnovu kojeg je predlog formiran, a koji je u svetu bio poznat oko 10 godina u to vreme, ocenio predlog kao "neprimeren informatičkoj praksi". Prema modelu složenog domena autorka se našla u oblasti jeretika i otpadnika, a na projektu je prevladalo grupno razmišljanje tj. verovalo se u primenljivost starih metoda razvoja IS. S obzirom da autorka nikada nije dobila mišljenje o svom odgovoru na recenziju, projekat je vrlo brzo iskliznuo u haos.

Iz tog haotičnog stanja izašlo se sa idejom da se u timu istraže mogućnosti zadovoljenja osnovnog zahteva klijenta za projektom IS. Na taj način započeo je rad na razvoju IS u složenom domenu. Istraživane su različite mogućnosti za razrešenje problema, izgrađivano znanje za delovanje u neuređenom svetu i tim je doneo odluku da formira projekat sistema, ali prema značenju mekog a ne tvrdog sistemskog pristupa. Ozbiljnim radom, sa mnogo učenja o neuređenom svetu, tim je ponudio svoje viđenje problematike, kao osnovu za razmatranje i podsticanje razmišljanja šta je potrebno da se uradi. Istaknuto je da rezultat ne odgovara projektnom zadatku jer njegova realizacija u postojećim uslovima nije moguća i da predstavlja mek projekat – jedan pogled na moguć razvoj IS. Rezultat je trebalo da doprinese stvaranju uverenja da razvoj IS zahteva ozbiljno ulaganje u promenu načina rada, da IS i organizacija treba da se razvijaju istovremeno, što zahteva dalja istraživanja.

Klijent nije zvanično ni prihvatio ni odbacio ponuđeno rešenje, tako da je taj projekat iskliznuo u haos i zauvek propao. Šta više, zbog velike dominacije tradicionalnog pristupa razvoju IS (u to vreme i u svetu), tim nije imao podršku ni u sopstvenoj organizaciji i ponovo se našao u oblasti jeretika i otpadnika.

Međutim, na osnovu rezultata rada na tom projektu druga organizacija je donela plansku osnovu za razvoj svog IS, odnosno odlučila da ozbiljno ulaže u takav pristup. U radu na implementaciji te osnove nastali su problemi jer klijent ipak nije bio spreman na aktivno učešće i stanje složenosti. Bez dovoljno razumevanja problema, čak i pored ukazivanja projektanta na svu njegovu složenost, organizacija je smanjila obuhvat projekta razvoja IS verujući da time smanjuje njegovu komplikovanost.

U stvari, značajno je smanjen obim projekta ali je on i dalje bio veoma složen. Zbog toga su se brzo pojavili problemi i u nastavku rada. Klijent nije dovoljno učestvovao u radu, pa se projektni tim, koji nije poznavao predmetnu materiju, sam organizovao u pokušaju otkrivanja šta zaista može da se uradi i kako. Pokušaji da se ponovo promeni projektni zadatak nisu uspeali jer deo organizacije klijenta, u strahu od optužbe za loše planiranje, nije želeo da ponovo umanjuje postavljeni cilj.

Drugim rečima, radilo se u domenu meteža. Projektni tim je krenuo iz složenog domena pokušavajući da nađe put ka komplikovanom, a klijent je uglavnom bio u uređenom domenu. Rezultat rada projektnog tima je ocenjivan veoma različito. Jedni su smatrali da je rezultat od neprocenjivog značaja jer doprinosi razumevanju problematike složenosti rada organizacije koje ona uopšte nije bila svesna. Drugi su, bez obzira na neuređenost poslovanja, očekivali "konkretno" IT rešenje.

Rad na tom projektu prekinut je početkom izgradnje odgovarajućeg IS od strane inostranog investitora i promenom direktora organizacije i rukovodioca odeljenja za IS, koji je osporavao tekući pristup razvoju IS. (S obzirom da je novi rukovodilac imao iskustva u razvoju IS u banci tj. u dosta uređenoj oblasti poslovanja, teško da je mogao da shvati neprikladnost tradicionalnih pristupa razvoju IS u situaciji u kojoj se našao jer su i oni koji su u njoj radili naginjali tradicionalnim pristupima.)

OSTALO ISKUSTVO. Projekti od strateškog značaja za zemlju finansirani od strane inostranih institucija na kojima je autorka radila kao ekspert za IS obuhvatali su veoma složene oblasti.

Pretpostavke prvog projekta su ukazivale na složenost i značaj konteksta za razvoj IS. Međutim, u praksi se to brzo zanemarilo. Projektant (iz inostrane firme) se usredsredio, umesto na otkrivanje mogućnosti u datom kontekstu, na mogućnost korišćenja rešenja razvijenog u drugom kontekstu (drugu zemlju) i u radu prećutkivao organizacione i društvene probleme sa kojima se sretao. Na taj način projektant je, u stvari, pokušavao da radi u komplikovanom umesto u složenom domenu.

Međutim, radeći u komplikovanom domenu projektant nije proširio stepen angažovanja na projektu. Iako je ponudom zahtevao aktivno učešće klijenata, projektant je, procenivši da ono nije moguće, uveravao klijente da mogu da dobiju IS bez mnogo sopstvenog učešća (a oni su to nekritički prihvatili uprkos činjenici da su i sami ukazivali da su u radu sa domaćim projektantom shvatili neophodnost svog učešća). S druge strane, iako je najpre isticao značaj lokalnih eksperata, projektant ih je, kada je u njima prepoznao smetnju brzom korišćenju postojećeg rešenja, prećutno udaljio sa projekta.

Predlog lokalnih eksperata da se promeni projektni zadatak sponzor nije prihvatio tvrdeći da je projektant obavezan da ga ispuni jer se na njega obavezao svojom ponudom. Šta više, i pored iskustava da rezultati projekata na kojima se čvrsto poštuje postavljen zadatak često ne

zadovoljavaju potrebe korisnika, on je zahtevao strogo poštovanje projektnog zadatka. Sponzor je kontrolisao rizike projekta štrikliranjem kućica za formalno dostavljene rezultate. I on se ponašao kao da je u uređenom a ne u složenom domenu.

Prema tome, na ovom projektu je prepoznata složenost, ali je prevagnuo tradicionalan pristup radu u uređenim domenima. Udaljenjem autorke, koja je ukazivala da je rad u složenom domenu neizbežan, uklonjena je prepreka stvaranju utiska da može da se radi u komplikovanom domenu. Skriveni su problemi i koristilo se rešenje nastalo u drugom kontekstu. Projekat je završen kao uspešan, ali očekivani rezultati nisu vidljivi. Međutim, njegove posledice su još veće jer je on, bar delimično, doprineo prekidu razvoja IS angažovanjem domaće organizacije stvaranjem lažnog uverenja u mogućnost dobijanja rešenja na lakši način.

Na drugom projektu, uprkos velikoj složenosti oblasti problema, težilo se brzom podeli zadataka, utvrđivanju pravila u cilju stvaranja uslova za pisanje pojedinačnih ekspertskih mišljenja. Uprkos tome što je mali deo tima osporavao takav pristup, rukovodstvo projekta je smatralo da je održavanje nekoliko sastanaka tima dovoljno da se odrede zadaci i propišu pravila rada eksperata. Problem u integraciji ekspertskih mišljenja (bar onaj koji je poznat autorki) razrešen je novim zahtevom, bez omogućavanja rasprave o neopravdanosti takvog zahteva.

Prema tome, sve vreme se radilo u uređenom domenu, ali kretanje nije bilo po pravilnoj putanji. Autorka je pokušavala da osvetli složenost problematike i ospori sam pristup i predloge. I u svom ekspertskom mišljenju autorka je ukazala na neophodnost promene pristupa primeni IT. Takvo gledište je, iako prihvaćeno i ocenjeno kao velik doprinos, zanemareno u završnom dokumentu. Šta više, ono je promenjeno bez saglasnosti autorke. Nepravilnom kretanju u toku rada na projektu kao celini doprineo je, u stvari, pokušaj rukovodstva projekta da jednostrano reši problem društvene složenosti.

Mada je projekat završen kao uspešan, osporavana je priroda njegovog rezultata. Ukazano da rezultat nije trebalo da bude plan već proces stalnog prilagođavanja.

Autorka je, u ulozi recezenta jednog strateškog projekta, otkrila da je reč o projektu razvoja IS na kojem je ona radila pre 20 godina. Nov projekat je rađen bez ikakve reference na njega i bez prepoznavanja složenosti situacije (uključeno 3 bivše jugoslovenske republike). Sa iskustvom o razvoju IS stečenim u međuvremenu, autorka je ukazala na problematičnost takvog pristupa, ali odgovorni nisu bili spremni da reaguju.

## 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Autorka je formalno obrazovana za rad u uređenim domenima i na početku svog profesionalnog rada veoma uspešno radila u tim domenima. Primenljivost ostvarenih rezultata umnogome je zavisila od valjanosti postavljenih ograničenja i opravdanosti ulaganja u razvoj IT rešenja.

Autorka se kasnije u svom radu suočila sa situacijom u kojoj svoje znanje nije mogla da primeni. Njeno lično opredeljenje za samo-organizovanošću i društvenom odgovornošću doprinelo je izgradnji svesti o postojanju drugih domena znanja, koji zahtevaju teže pristupe razmatranju i rešavanju problema. Drugačiji kontekst rada i potreba za drugačijim znanjima svakako su umanjili sposobnost autorke da uspešno razvija IS. Prema tome, bez obzira na veće iskustvo, zbog promene domena rada, umanjena je njena sposobnost uspešnog rada.

Šta više, novostečene sposobnosti se ne priznaju ili se malo cene zbog nerazumevanja i nespremnosti drugih da prihvate neizbežnost neuređenih domena. Oni koji su spremni da rade u ovim domenima postaju jeretici i otpadnici, bez političke i/ili stručne pomoći ljudi koji imaju moć, mada njihovi rezultati često predstavljaju veći doprinos za klijenta od neprimenljivih ili nekorišćenih rezultata eksperata nastalih u komplikovanom domenu.

Ovaj rad predstavlja još jedan pokušaj autorke da podstakne kritičko razmišljanje u oblasti razvoja IS i o sposobnostima potrebnoj u ovoj oblasti. Osvetljavanje uočenog problema uspešnosti trebalo bi da podstakne razmišljanje o promeni pristupa razvoju IS kako stručnjaka i istraživača tako i korisnika, kao i značaja okvira Cynefin kao jednog od malobrojnih alata koji pomažu stručnjacima za IT u borbi sa složenim i haotičnim okruženjima (Gartner, prema [6]).

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva nauke Republike Srbije, u okviru projekta TR 36005 – Nove tehnologije u inteligentnim transportnim sistemima – primena u gradskim i prigradskim uslovima (2011- 2014).

## LITERATURA

- [1] Sonnentag, S., J. Volmer, and A. Spsychala, "Job Performance", in J. Barling, and C. Cooper (Eds.), *The SAGE handbook of organizational behavior: Volume I - micro approaches*, London: SAGE Publications Ltd, pp 427-449, 2008.
- [2] Kurtz, C. F. and D. J. Snowden, "The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world", *IBM Systems Journal*, Vol. 42, No. 3, pp 462-483, 2003.
- [3] Snowden, D.J. "Complex Acts of Knowing: Paradox and Descriptive Self-awareness", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 6, No. 2, pp 100-111, 2002
- [4] Snowden, D.J. "Summary Article on Origins of Cynefin", <http://www.cognitive-edge.com>, 2010
- [5] Snowden, D. Blog on [www.cognitive-edge.com](http://www.cognitive-edge.com), entries: 6149, 6086, 6081, 6078, 6076, 6074, 6040, 6039, 6038, 6044, 5989, 5820, 5818, 5792, 5667, 5666, 3234
- [6] Snowden, D. "Making Sense of Complexity", Keynote, 5<sup>th</sup> Lean, Agile & Scrum Conference, Zurich, September 2013, <http://www.cognitive-edge.com>

# EFEKTI IMPLEMENTACIJE INFORMACIONOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE IMOVINOM U ODS U KORPORATIZACIJI POSLOVANJA

## EFFECTS OF THE IMPLEMENTATION OF ASSET MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS IN ODS IN CORPORATISATION

Zoran N. MIŠKOV<sup>1</sup>, Dr Tihomir S. SIMIĆ<sup>1</sup>, Boško B. MILOSAVLJEVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) PD Elektrovojvodina doo, Bul. Oslobođenja 100, Novi Sad

<sup>2</sup>) ION Solutions, Laze Kostića 7, Novi Sad, Serbia

**Sadržaj** – U aktuelnim uslovima uticaja negativnih makroekonomskih i mikroekonomskih trendova na poslovanje privrednih subjekata u našoj zemlji i regionu jugoistočne Evrope, preduzimanje mera za unapređenje ekonomike poslovanja postavlja se kao jedan od najznačajnijih poslovnih ciljeva, ali istovremeno i kao neophodnost prevazilaženja konzervativnog načina praćenja tekuće dinamike radnih procesa, koji za posledicu ima generisanje troškova kompanije. Najnovije potenciranje značaja uspešnosti poslovanja privrednih društava u javnom sektoru u Republici Srbiji, je posebno fokusirano kao ključni kriterijum za definisanje buduće sudbinske odrednice nacionalne politike restrukturiranja i privatizacije u javnom sektoru.

Posledice sporosti u praćenju rezultata sopstvenog poslovanja – zaduživanje po osnovu nekontrolisanih troškova, budžetski manjak za popunu već nastalih i nagomilanih finansijskih obaveza, imperativno nalaže uvođenje tehnološki unapređenih metodologija, operativno i informatički brzo primenjivih, kao instrumenta za kontrolu troškova, promenu subkulture zastarelog načina poslovanja i uvođenje elemenata korporatizacije javnog sektora.

Upravo iz navedenih razloga, poslovni rezultati koji su postignuti u poslovanju PD za distribuciju električne energije „Elektrovojvodina“ d.o.o. Novi Sad, uvođenjem tehnologije rada koja je preuredila radne procese u nominalno najvažnijem delu kompanijske aktivnosti i troškova – održavanju elektroenergetskog sistema za skoro milion kupaca električne energije na teritoriji Autonomne Pokrajine Vojvodine, predstavljaju najreferentniji primer unapređenja poslovanja od 2011. godine do danas u srodnim kompanijama elektroenergetske delatnosti u Srbiji.

Naš rad potencira i analitički korelira upravo neophodnost uvođenja novih tehnologija i standarda sa budućom korporatizacijom javnog sektora. Odgovornost za radne procese, praćenje stanja imovine i troškova u realnom vremenu i njihova validacija u odnosu na planirane efekte poslovanja, može se smatrati osnovom buduće korporativne organizacije i odgovornosti menadžmenta za postignute rezultate kompanija u vlasništvu države. Prepoznavanje ovog aspekta i niza drugih podjednako operativno važnih, koji se nalaze u pratećem korpusu efekata koje u ovom radu analitički predstavljamo, može biti sjajan primer kako se mogu

postići zapaženi poslovni rezultati primenom tehnologije rada koja je već dala rezultate.

**Abstract** – In current conditions of the negative impact of macro-economic and micro-economic trends on business operations of companies in our country and the region of Southeast Europe, taking measures for improvement of economics of operations is set as one of the most important business goals, but at the same time, as the necessity of overcoming the conservative ways of labor process management that results in the generation expenses for the company. Emphasizing the importance of business performance of companies in the public sector in the Republic of Serbia endorse it as a key criteria in national policy of restructuring and privatization of the public sector.

The consequences of delay in monitoring the results of the operations – indebtedness caused by uncontrolled expenses, the budget deficit to cover accumulated financial obligations, imperatively require the introduction of technologically advanced, quickly applicable methodologies, as a tool for expense control, change of outdated subculture of doing business, and introduction of corporative management in public sector.

Therefore, the business results achieved in the power distribution company PD "Elektrovojvodina" d.o.o., Novi Sad, by the implementation of technology that redesigned working processes in the most important part of business operations and expenditures – maintenance of the power distribution system which is supplying nearly one million customers in the territory of the Autonomous Province of Vojvodina, are the strongest example of improving business since 2011 to date, in electrical power sector companies in Serbia.

Our work emphasizes and analytically correlates precisely the necessity of implementation of new technologies and standards with future corporatisation of the public sector. Responsibility for work processes, monitoring of assets and costs in realtime and its validation with the planned effect of operations, will be the basis of future corporate organizations and management responsibility for the results of a state-owned company. Recognizing this aspect, and a number of other equally important side effects, that we are presenting analytically in this paper, can be a great example of how to achieve outstanding business results by implementing the technology and methodology that has already yielded results.



## UVOD

Imovina i vrednost ostvarena iz nje je osnova bilo koje poslovne organizacije. Bez obzira da li je u pitanju privatni ili javni sektor, i da li je imovina fizička, finansijska, „ljudska“ ili „neopipljiva“, dobro upravljanje imovinom maksimizuje vrednost dobijenu za novac i zadovoljstvo svih zainteresovanih strana. To uključuje koordinirano i optimizovano planiranje, izbor opreme (imovine), nabavku/izradu, upotrebu, održavanje (brigu) i odlaganje ili završavanje<sup>[6]</sup>.

**Upravljanje imovinom** (*asset management*) se definiše na više načina i sa više aspekata. Teorijski, to su sistematske i koordinisane aktivnosti kroz koje organizacija optimalno i održivo upravlja svojom imovinom, njenim učinkom, rizicima i troškovima u toku životnog ciklusa (imovine) u svrhu ispunjenja strateškog plana te organizacije<sup>[6]</sup>. Da ublažimo teoriju, to je kombinacija upravljačkih, finansijskih, ekonomskih, inženjerskih i drugih postupaka primenjenih na imovinu sa ciljem ostvarenja potrebnog nivoa usluge sa što manjim troškovima. To je veština i nauka pravljenja pravih odluka i optimizacije radnih procesa. Uobičajeni cilj je minimizacija troška životnog veka imovine, ali u obzir se moraju uzeti i drugi faktori kao što je rizik ili kontinuitet poslovanja<sup>[5]</sup>.

Poslovni Informacioni sistem za upravljanje imovinom (*Enterprise asset management – EAM*) je termin koji se koristi za softverske proizvode koji obezbeđuju rukovodiocima celovit pogled na imovinu kompanije<sup>[8]</sup>. Njihov cilj je da menadžerima obezbede kontrolisanje i proaktivnu optimizaciju kvaliteta i efikasnosti posla. On uključuje mnogo funkcija koje podržavaju operativne zadatke planiranja, održavanja, praćenja aktivnosti sa tehničkog, organizacionog, finansijskog i ekonomskog aspekta i daje obilje konzistentnih, uporedivih i merljivih informacija prikupljenih iz operativnih procesa što omogućava donošenje odluka operativnog i strateškog menadžmenta u cilju ostvarenja što boljih performansi i rezultata organizacije. Ovi informacioni sistemi predstavljaju standardni alat kompanija i organizacija koje posluju u okruženjima tržišno orjentisanih društava.

Operateri elektroenergetskog distributivnog sistema u Srbiji u odnosu na slične zapadne kompanije, funkcionišu u tranzicionoj privredi, proizašli su iz drugačije poslovne koncepcije, sa nešto drugačijom poslovnom praksom, kadrovskom strukturom, nivoom tehničke i tehnološke opremljenosti. Predmet ovog rada je praktično iskustvo stečeno u Elektrovojvodini, na implementaciji softverskog sistema TotalObserver za upravljanje imovinom, finansijama i održavanjem. U radu sa raznim kategorijama korisnika, pokazali su se i neki aspekti koje ne treba zanemariti pri odluci o uvođenju ovakvog alata i smatramo da njihovo sagledavanje može da pomogne i drugim subjektima u našem okruženju.

### 1. PRISTUP I PODRŠKA PROCESU

Softver je podrška procesu. Uvođenje reda u neku organizaciju i maksimizacija učinka se obično oslanja na usaglašavanje postojećeg načina rada sa opšte

prihvaćenim (standard) kroz formulisanje i verifikaciju procesa. Na tržištu su u opticaju već dugi niz godina, za različite oblasti, mnogi procesi koji definišu kako nešto treba da se radi (SixSigma, Lean, Unified, itd.). Radi se o preporukama o tome kako postaviti organizaciju, komunikacione i komandne kanale, da bi se popravila efikasnost neke organizacije. Mnogi softverski alati implementiraju podršku za neke od ovih procesa.

Drugi pristup koji je dobio na značaju poslednjih 20 godina je pristup koji favorizuje korišćenje "najbolje prakse" do koje je došla predmetna organizacije. Radi se o potrebi da se organizacija okrene sama sebi i kroz analizu svog poslovanja, sama identifikuje najbolje formulacije procesa. Ovaj pristup je posebno značajan u vremenima krize, kada postojeći standardni modeli nisu u stanju da pruže odgovore, a novi još nisu formulisani. Kako su se ciklusi smenjivanja stabilnog i kriznog poslovanja skratili, to je značaj "samoanalize" sve veći. Ovo dalje implicira i potrebu da softver koji prati identifikovani ili revidirani proces bude u saglasju sa njim.

U kontekstu ovog rada, posmatramo upravljanje materijalnim resursima (imovinom i sredstvima za rad), kao i ljudskim resursima koji se angažuju na poslovima održavanja<sup>[2]</sup>. Upravljanje u klasičnom smislu podrazumeva sledeće faze:

1. Planiranje
2. Kadrovanje
3. Delegiranje na realizaciju
4. Praćenje realizacije

Informacioni sistemi koji tretiraju oblast menadžmenta, pa tako i AEM, u sebe moraju da integrišu alate za sve navede faze i da omoguće praćenje hronologije dešavanja vezano za njih.

### 2. OPŠTA SLIKA

Elektrovojvodina je kompanija za distribuciju električne energije, posluje kao jedan od pet ODS u Srbiji, u sklopu Javnog preduzeća Elektroprivreda Srbije.

Sve kompanije u Srbiji koje se bave ovom delatnošću možemo okarakterisati kao izrazito tehnički orjentisane. U dugoj tradiciji rada bez tržišnog imperativa, profilisala se tehnološki dobro definisana praksa. I pored godina tranzicije u kojima je tehnološko zaostajanje uzelo danak, generacije inženjera i tehničara su podigli i nastavili da unapređuju elektroenergetski sistem koji može da odgovori na zahteve privrede, domaćinstava i društva u celini. Modernizacija postojećih i uvođenje novih tehnologija je jedan od bitnih ciljeva EPS-a i njegovih distributivnih preduzeća. Održavanje elektroenergetskih objekata i opreme je u skladu sa svetskim standardima struke. Postoje dobro razrađene procedure koje se poštuju. Ipak, u okolnostima tržišne privrede neophodna je transformacija i redefinisavanje misije i težišta poslovnih aktivnosti.

Upravljanje imovinom je još uvek prevashodno u domenu održavanja opreme i objekata. Softverska podrška ovih procesa je različita na nivou kompanija. U nekima je gotovo i nema – sprovođenje definisanih procedura

(planiranja i praćenja održavanja) je na dokumentacionom nivou. To znači da su podaci nestrukturirani i distribuirani po raznim dokumentima, da je njihovo prikupljanje i analiza teška i dugotrajna, i omogućava samo pogled u „daleku prošlost“.

U nekima distribucijama se koriste komercijalni alati opšte namene (*MS Excell, MS Access*) koji omogućavaju nešto strukturisanije informacije. Ovaj pristup obično pokriva samo pojedine operativne segmente. Podaci su objedinjeni na nivou (manjih) organizacionih jedinica i ponekad teško međusobno uporedivi. Operativni rukovodioci su dosta efikasniji u kontroli i upravljanju ali je koordinacija između jedinica otežana. Objedinjavanje podataka je obično na nivou „prikupljanja izveštaja“ koji nemaju jednostavnu sledljivost do izvornih podataka pa se nameće problem verodostojnosti. Sublimacija informacija za viši nivo rukovođenja je komplikovana, odnosno „neko to mora da uradi“ a rezultati analize su jako zavisni od kvaliteta polaznih podataka, njihove međusobne poredivosti i veštine „uređivača“, i daju pogled u „skoriju prošlost“.

Neke kompanije koriste interno razvijene aplikacije koje su prilagođene podršci pojedinih operativnih procesa (kalendar održavanja, izdavanje naloga za rad i sl.). Podaci su obično dobro strukturirani, objedinjeni na višim organizacionim celinama i proverivi sa nivoa izveštavanja koje je ugrađeno u softver. Operativnost, kontrola i upravljanje su takođe mnogo bolji (u odnosu na prethodna dva slučaja) ali je sve uglavnom skoncentrisano po pojedinim poslovnim procesima ili njihovim segmentima pa je koordinacija između njih teška kao i sublimacija podataka za više nivoe rukovođenja.

Međusobnom integracijom interno razvijenih aplikacija ili nabavkom (i integracijom) namenskih komercijalnih softverskih rešenja, neke od distributivnih kompanija, kao što je uradila Elektrovojvodina, su dostigle ozbiljan nivo podrške upravljanju imovinom. To omogućava dobro strukturirane, proverive i poredive podatke iz različitih organizacionih celina i poslovnih procesa. Integracija sa drugim informacionim sistemima (ekonomski, finansijski, tehnički ...) omogućava pregled trenutnog stanja sa više aspekata i menadžerima omogućava proaktivno upravljanje poslovnim procesima, dobru koordinaciju i optimizaciju.

### 3. OBEĆANJA IZ BROŠURA

Svi ozbiljni informacioni sistemi za upravljanje imovinom proklamuju slične ciljeve. U osnovi je to uvek maksimiziranje povrata vrednosti investirane u imovinu.

Ključna obećanja su<sup>[7][8]</sup>:

- Smanjenje troškova i rizika
- Poboljšanje efektivnosti imovine.
- Povećanje produktivnosti
- Podizanje kvaliteta odluka vezanih za imovinu
- Podrška usklađivanju sa važećom regulativom.
- Manje koštanje vlasništva nad imovinom.

Pokazatelji kod kojih se očekuju poboljšanja su razni a ponegde se pominju i procenti<sup>[10]</sup>:

- Smanjenje troškova rada na održavanju (do 50%).
- Smanjenje ugovornih troškova vezanih za održavanje (do 50%).
- Smanjenje troškova materijala za održavanje (do 20%).
- Manje prekida u proizvodnji (do 20%).
- Povećanje spremnosti opreme (do 10%).
- Smanjenje cene nove opreme (do 5%).
- Smanjenje troškova procedure nabavke nove opreme (do 50%).
- Povećanje isplativosti ulaganja u proizvođačke garancije (do 50%).
- Čak i ušteda energije (i preko 20%).

Elektrovojvodina je 2011. izvršila nabavku i punu integraciju aplikativnog rešenja TotalObserver.

*TotalObserver je integrisano softversko rešenje namenjeno efektivnom upravljanju imovinom, održavanjem i troškovima, sa ciljem optimizacije korišćenja materijalnih i ljudskih resursa. Cilj je uspostavljanje kvalitetnog procesa i generisanje ušteda.*

#### Imovina

*Zavođenje imovine koja je u vlasništvu, koja se održava i koja generiše troškove je prvi korak u procesu uspostavljanja efektivnog upravljanja održavanjem. TotalObserver omogućava upravljanje kompletnom imovinom u sistemu distributivnih i drugih objekata:*

- Elektroenergetski objekti (trafo stanice, razvodna postrojenja, vodovi, transformatori, polja, i druga oprema).
- Zgrade i objekti.
- Vozila.
- Rezervna oprema, oprema koja je na remontu.
- Ostala EEO.

*Softver omogućava povezivanje imovine i korisnika, definisanje vlasništva i praćenje upotrebe u vremenu.*

#### Planiranje

*Planiranje je inicijalna aktivnost u procesu održavanja. TotalObserver omogućava kreiranje složenih, hijerarhijskih planova održavanja, po organizacionim jedinicama, sa mogućnošću agregiranja planova nižih jedinica u one više, kao i kreiranja integrisanog plana redovnog održavanja na nivou celog privrednog društva.*

#### Realizacija održavanja

*Kroz organizovanje procesa održavanja, od početnih faza planiranja, preko definisanja resursa (materijal, vozila, ljudi, alat, itd.), vođenja i kontrole, do praćenja realizacije u realnom vremenu, TotalObserver omogućava kompletan menadžment održavanja. Centralni dokument u procesu je Radni nalog.*

*TotalObserver omogućava kreiranje strateških godišnjih planova, kao i njihovu razradu kroz detaljne, terminske planove. Stavke terminskih planova se izvode iz stavki godišnjih planova, a Radni nalozi se referišu na stavke terminskih planova. Na ovaj način se omogućava praćenje celokupnog procesa realizacije planova i upotrebe resursa, u realnom vremenu.*

#### Izveštaji

*Kroz logičko povezivanje imovine i održavanja putem Radnog naloga, omogućeno je uspostavljanje analitike koja pruža detaljnu analizu upotrebe imovine, održavanja i troškova sa ciljem dobijanje lične karte objekata.*

*Pregledom konkretnog Radnog naloga, kao i kroz sumarne izveštaje, moguće je pratiti kompletnu realizaciju u realnom vremenu. Radni nalog, između ostalog omogućava: praćenje korišćenja resursa po objektu i po organizacionoj jedinici; analizu trošenja materijala i delova tokom održavanja; analizu kvarova na određenom tipu opreme; itd.*

*Analiza troškova koji nastaju kao posledica aktivnosti održavanja, mogu se u TotalObserveru analizirati kroz cross-context izveštaje. Ako se sem troška preuzetog iz pogonskog knjigovodstva, kao informacija u izveštavanju identifikuje i objekat na kome se radi, korišćenje ljudskih, materijalnih i drugih resursa, kao i troškovi vezani za anagažovanje eksternih izvođača, može se dobiti kompletna slika trošenja i jasno se mogu identifikovati mesta gde se mogu generisati uštede.*

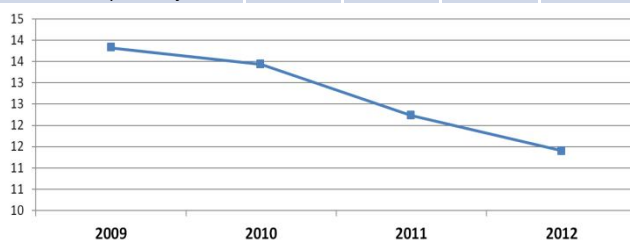
Prethodni tekst je prenet sa internet prezentacije proizvoda<sup>[9]</sup>, i u potpunosti odgovara onome što je Elektrovojvodina dobila kao funkcionalnost uvođenjem ovog softvera u sve procese održavanja.

Efekti njegove upotrebe bi se mogli izvući iz sledećih poslovnih pokazatelja:

	2009	2010	2011	2012
Broj neplaniranih prekida	4251	5061	3320	3520
SAIDI Trajanje prekida po kupcu [min]	419	540	264	281,2
SAIFI Broj prekida po kupcu	7,05	7,96	4,96	5,16
CAIDI Prosečno trajanje prekida [min]	59,5	67,8	53,24	54,46
ENS Neisporučena električna energija [MWh]	6918	8776	3752	4311

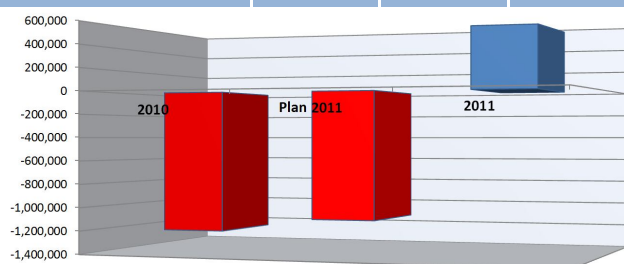
*Pokazatelji pogonske spremnosti*

	2009	2010	2011	2012
Tehnički gubici i neovlašćena potrošnja	13,82	13,44	12,23	11,40



*Trend gubitaka u distribuciji električne energije*

U 1000 RSD	2010	Plan 2011	2011
Ukupan prihod	42.582.678	46.904.034	49.033.720
Ukupan rashod	43.903.847	48.009.139	48.596.514
Dobitak (gubitak) pre opozivanja	-1.321.169	-1.105.105	437.206
Efekti odloženih rashoda i prihoda perioda	98.842	0	90.081
<b>Ukupan neto finansijski rezultat</b>	<b>-1.222.327</b>	<b>-1.105.105</b>	<b>527.287</b>



*Finansijski rezultat Elektrovojvodine*

Naravno da se primetno poboljšanje rezultata poslovanja Elektrovojvodine ne može pripisati samo uvođenju novog softvera, ali je vrlo ilustrativno. Deo rezultata je i indirektni efekat promena koje su pratile njegovo uvođenje a koje su istaknute u daljem radu.

#### 4. POSVEĆENOST MENADŽMENTA

Uvođenje svakog novog informacionog sistema ima za cilj podršku postojećim poslovnim procesima, ali ih istovremeno i menja pošto dovodi do veće strukturiranosti podataka, podiže transparentnost procesa i menja način operativnog rada izvršilaca.

Koliko god da promena donosi poboljšanje, uvek postoji otpor organizacije u njenom sprovođenju. On je uobičajen i sa njim se mora računati, bilo da je u pitanju uobičajeni ljudski strah prema novom, strah izvršilaca od veće količine posla, nepoverenje prema pravim ciljevima promene, strah od otkrivanja postojeće loše prakse ili čak lični interes da sve ostane „po starom“. Ovaj otpor se može naći kod svih „zainteresovanih strana“, i prema teoriji upravljanja projektom, sa njim se upravlja kao i ostalim rizicima projekta<sup>[1]</sup>. Osnovno sredstvo u prevladavanju ovog otpora je posvećenost visokog menadžmenta koja treba da bude nedvosmisleno demonstrirana.

Uvođenje softvera za upravljanje imovinom je izuzetno ozbiljan projekat i zahteva veliki rad cele organizacije uključujući i kompletno rukovodstvo. Zato je neophodno da bude sponzorisan (pod pokroviteljstvom) od strane nekog od najviših rukovodilaca kompanije – to ne znači da neko od direktora treba da vodi projekat, naprotiv. To mora da radi menadžer projekta. Neko iz srednjeg, u ovom slučaju tehnološkog rukovodstva (zbog prirode imovine distributivne kompanije). On treba da je u stanju da komunicira sa neposrednim izvršiocima i sa direktorima direkcija bez hijerarhijskih predrasuda, ali mora da ima i dovoljna ovlašćenja da inicira, nadgleda i rukovodi svim aktivnostima koje su potrebne<sup>[4]</sup>.

U strogo funkcionalnim organizacijama, projekt menadžer „pozajmljuje“ autoritet sponzora. Formalna ovlašćenja data naredbom, rešenjem, dopisom ili bilo kojim drugim službenim dokumentom, nisu dovoljna. Na primeru Elektrovojvodine, sponzor projekta je bio direktor društva, što je idealna situacija za rukovodioca projekta. Podrška projektu je nedvosmisleno demonstrirana redovnim nedeljnim sastancima projektnog tima sa direktorom. Na svakom odboru direktora su razmatrane urađene i naredne aktivnosti. Direktor društva je prisustvovao inicijalnom (i još nekoliko narednih) sastanku projektnog tima sa operativnim rukovodiocima i izvršiocima. Povremena dodela stimulacija operativnom osoblju prema zalaganju u projektu, van uobičajene hijerarhije, dala je jasnu poruku da se „na to gleda“.

#### 5. PODIZANJE SVISTI U ODNOSU PREMA POSLU

Česta situacija u našim kompanijama je da izvršioци, pa ni operativni rukovodioci nekad nisu svesni loše prakse koju najčešće ponavljaju godinama. Kako je distribucija električne energije teritorijalno organizovana, a to prati i odgovarajuća upravljačka organizacija, takvi postupci često opstaju pošto se na višim nivoima ne vide, a „posao ide“.

Softver za upravljanje imovinom treba da da celovitu sliku aktivnosti po čitavoj tehnološkoj oblasti održavanja. Pogled na iste aktivnosti različitih organizacionih celina otkriva razlike u praksi i omogućava poređenje. Vide se i dobri i loši primeri i na osnovu toga se donose organizacione, operativne, kadrovske i tehnološke odluke kako bi se praksa ujednačila i poboljšala<sup>[3]</sup>.

Po uvođenju TotalObserver-a u Elektrovojvodinu, iako formalno naložen, zahtev za dnevnu ažurnost nije bio „ozbiljno“ shvaćen. To se drastično promenilo samo jednim postupkom. U petak oko 9 uveče (21 čas), direktor društva telefonom daje nalog rukovodiocu projekta da odmah obavesti direktore ogranaka da imaju nezatvorenih naloga za rad, i da ga do sutra u 10 sati pre podne obaveste šta su preuzeli. Kompletan tajming naglašava hitnost, a jak naredbodavni ton ne ostavlja dilemu da će „biti posledica“.

Jednostavan menadžerski postupak koji je u konkretnom slučaju poslao izuzetno mnogo kvalitetnih poruka:

- Operativne aktivnosti su vidljive i sa najvišeg nivoa. Direktor više ne mora da gleda samo izveštaje koje su mu predali upravo oni rukovodioci koje, na osnovu tih izveštaja treba da oceni, nego ima kompletan pregled do operativnog nivoa.
- Subordinacija donosi odgovornost za nivoe ispod. Rukovodilac organizacione celine je prema nivou upravljanja iznad sebe, odgovoran za njeno kompletno funkcionisanje. Ovo naravno svi znaju ali je povremeno podsećanje dobra praksa.
- Demonstracija posvećenosti. Petak uveče, direktor društva pregleda nezatvorene naloge montera! Teško je osmisliti bolju demonstraciju. Pored toga, delegiranje ovakvog zadatka projekt menadžeru predstavlja podizanje njegovog autoriteta.

Ove poruke su veoma brzo „prostrujale“ kroz kompletnu organizaciju po dubini. Direktori su objasnili rukovodiocima da moraju da nadgledaju proces rada do kraja. Rukovodioci su objasnili svojim izvršiocima da samo izvršenje aktivnosti po nalogu za rad nije kraj njihovog posla. On **obavezno** uključuje i izveštavanje. Ovo predstavlja podizanje svesti svih učesnika u poslu da svako ima svoju ulogu i da je za nju odgovoran.

## 6. PODIZANJE SVESTI O ULOZI U POSLU

Pri uvođenju informacionog sistema za upravljanje imovinom, dolazi do strukturiranja podataka tako da se menja način evidencije aktivnosti i nivoa podataka koje se od izvršioca traže. U poslovnim procesima redovna je situacija da se neke informacije generišu u jednoj aktivnosti a koriste se u nekoj od narednih. Izvršioc, po navici, pažnju obraćaju samo na one koje su njima neophodne za rad i, ukoliko izostane insistiranje rukovodilaca, kvalitet evidencije ostalih informacija, čak i ako su formalno zahtevane, ostaje nizak. Ovde softver ima veliku ulogu. Ugrađenim mehanizmima može „naterati“ izvršioce da unose određene podatke. Sa ovim treba biti pažljiv pošto to obično donosi nezadovoljstvo korisnika koji to shvataju kao novi posao. Najbolje je u toj situaciji objasniti „opšti“ interes zbog kojih je to neophodno ali i naći „lični“ koji ih dodatno motiviše.

U praksi Elektrovojvodine imali smo zahtev da se na nalogu za rad izabere konkretan objekat (trafostanica, vod ili slično) na kome se vrše radovi. Pošto je ovo najčešće i informacija koja se u slobodnoj formi upisuje u objašnjenje zahtevanih radova, delovalo je kao dodatni posao bez očigledne potrebe. Sa druge strane, izveštaj o

radovima koji su po nalogu izvršeni ulaze u knjigu održavanja, a po njemu se vrši i trebovanje materijala. Kada je korisnicima objašnjeno da više nema potrebe za „ručni“ upis u knjigu održavanja pošto će to softver uraditi sam, našli su „lični“ interes – jedan jednostavan posao su dobili a drugi nešto komplikovaniji izbegli. Pored toga, kada su počeli da se formiraju izveštaji o troškovima po konkretnim objektima i kada su rukovodioci počeli da postavljaju pitanja na osnovu toga, kvalitet ove informacije je postao vrlo bitan. Inženjerima i tehničarima je postalo jasno da nisu knjigovođe odgovorne da „dobro“ proknjiže neki trošak nego da je informacija koju oni kreiraju presudna za to.

Generalno, nivo svesti o ulozi svakog od korisnika u čitavom poslu je podignut. Oni bolje uočavaju granice konkretnih aktivnosti i sopstvenu odgovornost za funkcionisanje kompletnog procesa.

## 7. PODIZANJE SVESTI O ZNAČAJU PLANA

Planiranje održavanja je bazična aktivnost i svaki inženjer i rukovodilac službe dobro zna da je to neophodno. U distributivnoj delatnosti nas na to primorava i zakonska i interna regulativa.

Iako je zadovoljenjem forme planiranja, lako zadovoljiti tu vrstu zahteva, to nije dovoljno u situaciji kada pogonska spremnost postane ugrožena a troškovi koji iz toga proisteknu postanu veliki. Sa druge strane, ni najbolji plan bez praćenja izvršenja (i upravljanja) ne znači puno.

TotalObserver je u Elektrovojvodini, prirodno pokrio i ovaj deo procesa. Mi pravimo godišnje planove održavanja iz kojih se formiraju mesečni planovi dok se konkretna realizacija aktivnosti vrši po nedeljnim (terminskim) planovima. Procedura je propisana i dokumentima sistema menadžmenta kvalitetom Elektrovojvodine tako da nejasnoća pri implementaciji nije bilo.

Informacioni sistem je sada prvi put dao priliku da se svi planovi sledljivo objedine i da je sa nivoa aktivnosti godišnjeg plana, moguće videti konkretne operativne aktivnosti na njenom ispunjenju. Naravno da se visoki menadžment kompanije, koji je u svakoj organizaciji pa i ovako naglašeno tehničkoj, poslovno orjentisan, izuzetno zainteresovao za praćenje realizacije plana na koji se troši ogroman deo godišnjeg budžeta. *Excell* tabele sa sumarnim podacima više nisu bile dovoljne pošto je sada sve dostupno direktno na osnovu operativnih podataka. Potpitanja u smislu „Šta si zapravo planirao u toj-i-toj stavci plana?“, „Kako je realizacija neke planske aktivnosti 90% a samo dva naloga su kreirana za taj posao?“, „Kako je moguće da je stavka plana ispunjena 50% a utrošeno je 80% planiranih sredstava?“, su postala vrlo utemeljena. Ovo podiže svest operativnog rukovodstva o potrebi kvalitetnijeg planiranja i praćenja realizacije plana.

Razlog za slabu realizaciju plana su i neplanirane aktivnosti (intervencije, havarije i sl.) pa se pooštava potreba da se i one što tačnije evidentiraju kako bi kompletna slika bila što objektivnija. Operativno rukovodstvo je u ovim alatima videlo dobru šansu da

argumentuje svoje probleme sa nedostatkom resursa i kadrova.

Sa druge strane, više nije dovoljno upozoravati na loše stanje nekih elemenata elektrodistributivnog sistema a da istovremeno ne planirate njihovo održavanje. Tako se od formalnog planiranja „po iskustvu“ menja svest i praksa prema planiranju „po potrebama“.

## 8. DOSTIZANJE SVESTI O POSLOVNOM PROCESU

Jedan stariji kolega, inače član višeg menadžmenta je duhovito primetio: „Inženjeri se brinu o tehničari i imaju potrebu da sve funkcioniše na najbolji mogući način a ne žele da vode računa o troškovima.“ Upravo u sintagmi „najbolji mogući način“ se krije najveći problem. Šta je „najbolji“ sa inženjerskog gledišta i da li postoje „dobri“ načini kada u jednačinu uđu troškovi?

Sprezanjem tehničke i ekonomsko-finansijske sfere poslovanja distribucije u okviru informacionog sistema za upravljanje imovinom, dobija se alat u kome je moguće videti poslovne efekte svakodnevnih tehničkih aktivnosti. Dinamika ostvarenja plana i trošenja budžetiranih sredstava je postala dnevno ažurna. Intervencija rukovodioca na primetna odstupanja postala je i merilo njegovog kvaliteta rada.

Na ovaj način dolazi do podizanja svesti svakog učesnika da je deo poslovnog procesa koji na kraju mora da da poslovni rezultat. Izvršiocu su postali svesni da kvalitet njihovog rada direktno utiče na mogućnost narednih učesnika u procesu da kvalitetno urade svoj posao. Svi menadžeri su vrlo brzo prihvatili činjenicu da ne može postojati ni jedan nivo rukovođenja koji ne mora da vodi računa o troškovima i da, ne skidajući naglasak sa planiranja i kontrole izvršenja, moraju da pojačaju angažovanje na upravljanju procesima. Transparentnost uzročno-posledičnih veza i odgovornosti je kod svih promenilo način vrednovanja svog i tuđeg rada koje je moguće samo na nivou ostvarenog poslovnog rezultata.

## 9. ZAKLJUČAK

U situaciji u kojoj se nalaze operateri elektroenergetskog distributivnog sistema u Srbiji, koji prolaze kroz izmenu statusa, načina organizovanja, redefinisavanja delatnosti i usklađivanja društveno odgovorne funkcije sa zahtevima tržišne ekonomije, uvođenje informacionog sistema za upravljanje imovinom nije samo odluka o implementaciji standardnog softverskog alata.

Ono što mora da nam bude jasno je da, u našim uslovima, deo svetske poslovne prakse, shvatanja i svesti zaposlenih ne može da se podrazumeva. Na tome treba vredno raditi kako bi naše kompanije najbolje odgovorile izazovima koji se pred njih postavljaju. Ulaganje u informacioni sistem za upravljanje imovinom nije samo prosta poslovna odluka u cilju poboljšanja rezultata poslovanja. To nameće i izazove koji nisu česti u zapadnim kompanijama, ali nudi i šansu.

Demonstracija posvećenosti menadžmenta ovakvom projektu, daje poruku organizaciji da je on sposoban da insistira na svakoj aktivnosti koju prepoznaje kao unapređenje poslovanja. Demonstracija efektivne kontrole nad operativnim procesima koju ovakav sistem uvodi, utvrđuje svest kod izvršilaca da je njihov rad vidljiv, i dobar i loš. Odnos prema planiranju, koje je u ovoj branši bazično tehnološki proces, menja se i pomera prema menadžerskom planiranju. Formira se svest o potrebi kvalitetnog i realnog planiranja, zasnovanog na potrebama, čijim se izvršavanjem mora upravljati u skladu sa raspoloživim resursima.

Sve ovo dovodi do podizanja opšte svesti svih zaposlenih da su deo poslovnog procesa koji se uvek mora meriti poslovnim rezultatom i mobilise ih na efikasniji i efektivniji rad. Time se podiže opšti nivo korporativne kulture i nivo zrelosti kompanije a time joj daje bolje šanse i kao tržišnom i kao društveno odgovornom subjektu.

Elektrovovodina je, kako vidite na primerima, prošla tim putem i nastavlja dalje, a iz prikazanih rezultata sa početka ovog rada može se suditi i o efektima.

## 10. LITERATURA

- [1] A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide, Project Management Institute. Bruxelles, 2004
- [2] Norman R. Howes: Successfully Integrating Project Management Knowledge Areas and Processes, AMACOM, American Management Association, 2001
- [3] RE Brown, BG Humphrey: Asset management for transmission and distribution, Power and Energy Magazine, IEEE, 2005
- [4] Peter Ferdinand Drucker: People and Performance: The Best of Peter Drucker on Management, Routledge, 2011.
- [5] IAMM, The Institute of Asset Management: What is Asset Management?  
<http://theiam.org/what-asset-management>
- [6] Wikipedia, the free encyclopedia: Asset management,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Asset\\_management](http://en.wikipedia.org/wiki/Asset_management)
- [7] SAP: Enterprise Asset Management  
<http://www54.sap.com/pc/bp/eam.html>
- [8] IBM Software: Maximo for Utilities  
<http://www-01.ibm.com/software/tivoli/products/maximo-utilities/>
- [9] ION Solutions: TotalObserver, Proizvodnja i distribucija električne energije  
<http://www.totalobserver.com/live/industrije/proizvodnja-distribucija-elektricne-energije>
- [10] Infor: The power of Infor EAM  
<http://www.infor.com/solutions/eam/>

# PROBLEMI I SMEROVI ISTRAŽIVANJA U RAZVOJU BEŽI NIH SENZORSKIH MREŽA U RUDARSTVU ISSUES AND RESEARCH DIRECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORKS IN MINING

Snežana Aleksandrović, Mihajlo Jović, Vesna Damjanović

*Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu*

**Sadržaj** – Brojna su područja primene i prednosti beži nih senzora i njihove integracije u sistem daljinskog nadzora i upravljanja rudni kog proizvodnog procesa. Neke od prednosti su: manje havarijskih ispada, o uvanje prirodnih resursa, povećana produktivnost u proizvodnji, poboljšane mere u slučaju opasnosti i povećana unutrašnja sigurnost. U ovom radu ukratko su predstavljeni problemi i smerovi razvoja vezani za primenu beži nih senzorskih mreža u rudarski podržanim rudarskim informaciono-upravljačkim sistemima.

**Abstract** - There are numerous areas of application and advantages of wireless sensors and their integration into the system of remote monitoring and management of mining production process. Some of the advantages are: less breakdown failure, preservation of natural resources, increased productivity in exploitation, improved measures in case of emergency and increased internal security. This paper briefly presents the problems and development directions regarding the application of wireless sensor networks in computer-supported mining information and control systems.

## 1. UVOD

Beži ne senzorske mreže koriste se za monitoring i upravljanje procesima u rudarskom inženjerstvu, kako u podzemnoj, tako i u površinskoj eksploataciji. Primena im je veoma široka i skoro da nema oblasti u kojoj se ne bi mogle iskoristiti [1].

Rudarstvo predstavlja niz sekvencijalno povezanih procesa, kao što su otkopavanje, odnosno bušenje i miniranje, utovar, transport, odlaganje i prerada rude. Daljinsko upravljanje i primena senzora, integrisanih u odgovarajuće konstrukcije, mašine i okruženje od posebnog značaja su za bezbednost rada, naročito u otežanim vremenskim uslovima na površinskim kopovima, za sprečavanje sudara i prevrtanja kamiona na deponijama, za sprečavanje otkaza mašina i efikasnije održavanje opreme i mašina [2].

Detekcija nagiba i praćenje stabilnosti kosina predstavlja jedan od primera primene beži nih senzorskih mreža na površinskim kopovima, a koji je direktno povezan sa povećanjem sigurnosti rada. Pokreti nestabilnih kosina mogu biti uzroci ozbiljnih šteta na mehanizaciji i infrastrukturnim objektima, kao i brojnih ljudskih žrtava. Kontinuiranim praćenjem pokreta nagiba beži nim senzorskim mrežama dobijaju se korisne informacije za procenu rizika od opasnosti, čime je omogućeno pravovremeno i pouzdano upozoravanje.

Proučavanje beži nih senzorskih mreža izuzetno je kompleksno i raznorodno. Osim isto hardverskih metoda, odnosno izbora komponenata senzorskog sistema, potrebno je izvršiti izbor operativnog sistema, izbor optimalne frekvencije i modulacije kod slanja podataka, njihove zaštite i enkripcije, izbor softverske metode za izradu mrežnih protokola, potrebnih za uspostavljanje optimalne mrežne topologije, kao i izbor protokola rutiranja za pronalaženje najboljih na putu do odredišta podataka.

Ovakvo veliko različitost problema značajno otežava analizu beži nih senzorskih mreža i jasno je da ona podrazumeva timski rad, jer se od jednog istraživača ne može zahtevati dobro poznavanje svih navedenih tehnika oblasti. Međutim, to je i prednost, jer veliki broj istraživača ima slobodu da se maksimalno iskazuje na polju svoje specijalnosti. U ovom radu objedinjeno su prikazani svi relevantni pravci istraživanja u ovoj oblasti.

## 2. BEŽI NIH SENZORSKI VOR

Beži ne senzorske mreže formiraju se od senzora koji se koriste za praćenje fizičkih ili nekih drugih parametara, kondicionera signala, kao i različitih analognih i digitalnih kola za obradu signala. Senzori različitih konstrukcija i namena, koji čine deo mernog, akvizicionog sistema ili sistema kontrole procesa, raspoređeni su prostorno, a svoje podatke preko mreže šalju centru.

Poznavanje primene i definicija problema određuju izbor optimalnih senzora i beži ne komunikacijske veze. U važne faktore za dizajniranje beži ne senzorske mreže ubrajaju se: vek trajanja baterije, njena veličina, kao i frekvencija osvežavanja podataka. Idealan beži ni senzor umrežen je i skalabilan (postoji mogućnost proširivanja zahteva i broja korisnika, bez promene aplikacije), ima malu potrošnju energije, inteligentan je i softverski programabilan, ima sposobnost brzog prikupljanja podataka, pouzdan je i tačan u dugom vremenskom intervalu jer nema kablova u procesu prenosa podataka, ima male troškove nabavke i instalacije i jednostavan je za održavanje [3].

Postoje slučajevi u kojima je neminovna upotreba beži nih senzora, kao što je nadgledanje rizika, udaljenih i nepristupačnih lokacija, što predstavlja veliki problem u rudarstvu. Prednost primene beži nih senzora je i njihova mobilnost i mogućnost postavljanja, kako u transportna vozila u cilju nadgledanja sredine u pokretu (slika 1), tako i na rotirajućem opremu u cilju merenja potrebnih radnih parametara [4].

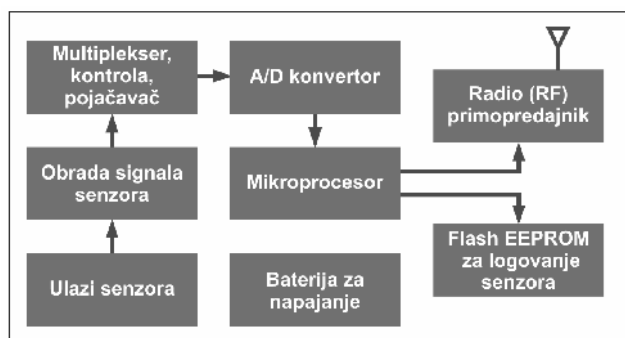


Slika 1. Nadgledanje objekata u pokretu na površinskom kopu ("Netronics - Open-pit mining Presentation")

Danas su na tržištu dostupni brojni bežični senzori pritiska, temperature, vlažnosti, udaljenosti, deformacija, pozicije, brzine i vibracija. Napredak tehnologije omogućio je integraciju ovih bežičnih senzora, elemenata radio komunikacije i digitalne elektronike u jedan integrisani (IC) sistem. Na taj način dobijene su mreže senzora vrlo niskih cena, pri čemu su senzori u mogućnosti da komuniciraju jedni sa drugima koristeći protokole usmerenih prenosa podataka male snage.

Osnovni upravljački element bežične senzorske mreže je bazna stanica koja može komunicirati sa velikim brojem bežičnih senzora putem radio veze. Podaci se prikupljaju na bežičnom senzorskom voru, komprimuju i prenose do bazne stanice direktno ili, ako je potrebno, preko drugih senzorskih vorova. Preneti podaci se tada prezentuju sistemu posredstvom konekcije sa baznom stanicom.

Bežični senzorski vorovi predstavljaju autonomne jedinice za samostalno prikupljanje podataka u realnom vremenu, analizu i prosledivanje podataka centru. Na slici 2 prikazan je funkcionalni blok dijagram bežičnog senzorskog vora. Modularni dizajn omogućava fleksibilnost i svestranost, kako bi se zadovoljile potrebe različitih softverskih rešenja, a to dalje mogu omogućiti povezivanje velikog broja različitih senzora sa senzorskim vorovima. Fleksibilna memorija omogućava udaljenim vorovima dobijanje podataka ili komandi sa bazne stanice, sa jednog ili više senzora, kao i od dograđivača registrovanog preko ulaza vora.



Slika 2. Blok dijagram bežičnog senzorskog vora

Signali generisani sa izlaza senzora, nakon kondicioniranja, dovode se na ulaz A/D konvertora i, po obavljenoj konverziji, prihvataju od strane procesora. Radio primopredajnik predaje svoje, ili prosle uje podatke koje je primio sa susjednih vorova (rutira podatke). Blok za napajanje najčešće je neka baterijska jedinica.

Mikroprocesor ima više funkcija: upravlja prikupljanjem podataka iz senzora, predstavlja interfejs između podataka senzora i radio mreže i upravlja protokolom radio mreže.

### 3. PROBLEMI KOD BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA

Senzori u sastavu bežične senzorske mreže imaju izvesna tehnička i fizička ograničenja, koja se odnose na brzinu rada, memoriju, kao i „raspon komunikacije“. Istraživači koji rade na razvoju senzorskih mreža suočavaju se sa ovim ograničenjima i njihov osnovni zadatak je pomeranje ovih granica, onoliko koliko to savremena tehnologija dozvoljava. U tom cilju, moraju se kombinovati pojedinačna senzorska rešenja, tako da se iskoriste njihove prednosti, a nedostaci svedu na najmanju moguću meru.

S obzirom da se bežična senzorska mreža sastoji od velikog broja vorova, od velikog značaja za njeno funkcionisanje je samostalna organizacija mrežnog sastava. Vorovi moraju zajedno da rade i prenose signal od izvora do željenog odredišta. Mrežni sklopovi se sami organizuju u celinu, tako što svaki vor ima ugrađeni radio sa komunikacijskim linkovima prema okolnim vorovima. On ispituje okolne vorove i aktivira ugrađene algoritme za utvrđivanje protokola po kojima se šalju informacije na susjedni vor, tako da se mreža sama prilagođava datim okolnostima.

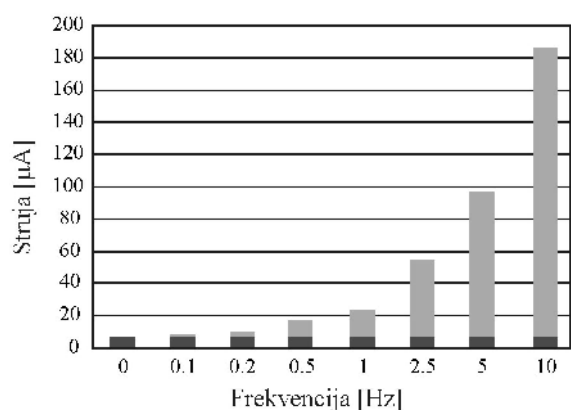
Važan zadatak pri projektovanju bežične senzorske mreže predstavlja i obezbeđenje pouzdanog rada u svakom okruženju. Kako je potrebno da kombinovana pojedinačna rešenja rade u dužem vremenskom periodu, može se očekivati da će doći do raznih negativnih pojava koje mogu poremetiti protokole po kojima mreže rade. Takvi sklopovi moraju sami sebe održavati i organizovati, jer je ručno održavanje složeno i skupo.

U bežičnim senzorskim mrežama veoma je važno snabdevanje energijom pojedinih sklopova, jer je neophodno da oni rade dugo bez obnavljanja izvora energije. Bez obzira na praktičan i privlačan izgled koncepcije senzorske mreže, ona će biti neupotrebljiva ako postoji potreba za čestim zamenama baterija za napajanje. Baterija senzorskog vora esto nije punjiva, pa potreba za produženjem životnog veka vora ima znatnog uticaja na sistemsku i mrežnu arhitekturu. S obzirom da je neophodno da senzori dugo rade bez obnavljanja izvora energije, pojedine komponente mreže najčešće će biti isključene.

Multifunkcionalni senzorski vorovi u bežičnim mrežama komuniciraju međusobno slanjem i primanjem podataka,

koji se dalje procesiraju i kao informacije šalju prema odgovarajućim odredištima. Kada senzorski vor prestane sa radom, ne samo da prestaje njegovo prikupljanje podataka, već i mreža gubi raspoloživost vorova u pogledu daljeg prosleđivanja podataka. Energetska efikasnost zato direktno utiče na uspešno funkcionisanje, kako individualnih senzora, tako i cele senzorske mreže, zbog čega je jedan od glavnih uslova pri dizajniranju senzorskih vorova, smanjenje potrošnje električne energije na minimum [5].

Minimiziranje potrošnje energije sistema bitno je za sve bežične senzorske vorove. Na slici 3 prikazan je grafik koji pokazuje šta najviše dovodi do potrošnje električne energije u jednom tipu vorova bežične mreže, u zavisnosti od uestanosti prikupljanja podataka. Sa slike se vidi da na potrošnju energije najviše utiče radio veza.



Slika 3. Potrošnja struje tipičnog bežičnog senzorskog vora

Generalno posmatrano, radio podsistem zahteva veću snagu, što znači da podatke treba slati preko radio mreže samo kada je to potrebno. Ovakav sistem rada zahteva akumuliranje podataka, pa svaki vor mora raditi po određenom algoritmu, koji određuje kada treba slati podatke bazirane na događaju koji je registrovao senzor.

Za smanjenje prosečne struje napajanja radio veze moguće je koristiti više strategija:

- smanjenje količine prenošenih podataka putem kompresije i redukcije,
- manja frekvencija i manji odnos impuls-pauza (*duty cycle*) primopredajnika pri prenosu podataka,
- smanjenje prekoračenja (*frame overhead*), odnosno vremena koje uključuje dodatne bitove i procesiranje u krajnjim stanicama i komutatorskim vorovima koji detektuju i ispravljaju greške,
- primena strogih mehanizama upravljanja napajanjem (*power-down mode, sleep mode*),
- primena strategije vezane za događaj i prenos podataka samo kada senzor registruje neki događaj.

Smanjenje snage samog senzora postiže se sledećim merama:

- napajanje senzora uključuje se samo kada on vrši uzorkovanje,

- napajanje uređaja za obradu signala uključuje se samo kada senzor vrši uzorkovanje,
- uzorkovanje se vrši samo kada se desi neki događaj od interesa i
- broja odbiraka (*sample rate*) senzora smanjuje se na minimum, do granice koju zahteva aplikacija.

Zadatak sklopa za upravljanje potrošnjom energije sastoji se u tome da, prilikom prelaska u stanje smanjene potrošnje (*sleep state*), isključi pojedine delove programa i sačuva potrebne promenjive kako bi se po povratku u aktivno stanje tok programa mogao nesmetano nastaviti, bez gubitka podataka.

Problemi vezani za sigurnost bežičnih senzorskih mreža, među najvažnijim su za istraživanje [6]. Vorovi moraju biti locirani u neposrednoj blizini fizičkog izvora događaja, a u cilju ograničenja troškova, obično nisu zaštićeni od neovlašćenih lica, pa je fizički pristup vorovima relativno jednostavan. Osim toga, na razmenu informacija može se uticati bilo kojim uređajem, jer je kanal komunikacije otvoren. Zbog toga je neophodno osigurati senzorsku mrežu, što se postiže odgovarajućim sigurnosnim mehanizmima i protokolima. Sigurnosna zaštita odnosi se na hardver, komunikacije i protokole za obradu informacija. Neželjeno spoljašnje delovanje u velikoj meri može se spremiti korišćenjem određenih podataka i kodova, koji generišu različite verzije softvera senzora za svaki vor.

I pored toga što sam vor nije moguće zaštititi, može se omogućiti drugim vorovima da proveravaju njegovo stanje. Primenom posebne procedure, moguće je dinamički proveravati da li vor radi po odgovarajućem programu. Jedan vor može, u slučaju da je to potrebno, obavljati samoreprogramiranje sa sigurnosnom kopijom kodova. Međutim, nije moguće na istom voru trenutno imati i maskiranje i overu kodova, pa ovo ostaje kao jedno od otvorenih pitanja istraživanja.

Što se tiče komunikacije, vorovi moraju koristiti osnovne mere sigurnosti, kako bi se obezbedila autentičnost drugih vorova koji učestvuju u razmeni informacija, a time zaštitili poverljivost i integritet kanala. Te mere su: simetrični ključ za šifrovanje (SKE), poruka za autentifikaciju vora (MAC) i tzv. asimetrični kriptografski sistem pomoću dva ključa, jednog tajnog i jednog javnog (PKC). Tehnika je u ovim područjima prilično napredovala, ipak, proširenje upotrebe PKC-a donosi mnoge probleme koje treba rešiti.

Zaštita komunikacionog kanala između dva vora ne garantuje u potpunosti sigurnost senzorske mreže. Temeljni protokoli mreže, koji su zaduženi za prenos blokova podataka preko mreže, takođe moraju biti sigurni od grešaka koje dolaze iz neispravnih vorova, kao i od malicioznih napada iz spoljnog okruženja i unutar same mreže. Brojna su pitanja koja treba rešiti, kao što su: sigurna lokacija za vorove, privatnost podataka, autentifikacija poruka koje dolaze iz bazne stanice, siguran kod ažuriranja i mnoga druga. Ipak, ovo područje istraživanja stalno napreduje.



Pri izboru merne opreme u rudarstvu posebnu pažnju treba posvetiti teškim radnim uslovima. Neophodno je uzeti u obzir uticaj ekstremnih temperatura, prašine, vetra i atmosferskih padavina, kao i hemijskih agresivnih gasova. U nedostatke primene radio mreže na rudarskim kopovima ubrajaju se i nekontrolisani prekidi u prenosu radio signala u slučaju diskontinualnog kretanja objekata koji se prate, u zavisnosti od vremenskih uslova i konfiguracije terena. Ono o čemu je takođe potrebno voditi računa je činjenica da pratećije pokretnih objekata nije moguće izvan oblasti pokrivanja radio mreže.

Usled svih navedenih prednosti, kao i problema vezanih za bežične senzorske mreže, a na osnovu funkcionalne strukture i tehničko-tehnološkog ambijenta sistema daljinskog nadzora na površinskim kopovima Rudnika bakra Majdanpek, predviđena se racionalno hibridno rešenje nadzora. Ovo rešenje nadzora i prenosa podataka predviđena izgradnju sopstavnog bežičnog sistema za prenos signala video nadzora sa izvesnog broja mesta na površinskim kopovima, izgradnju kablovske mreže za prenos video i drugih signala sa transportnih sistema sa trakama za rudu i jalovinu i korišćenje usluga lokalnog operatera mobilne telefonije za prenos podataka sa mobilnih mašina i rudničke opreme [2].

#### 4. PODRUČJA ISTRAŽIVANJA I TEHNOLOŠKI TRENDOVI

Postoji više područja istraživanja senzorskih mreža. Jedno od njih je slojevita arhitektura mreže, koja podrazumeva više različitih tipova vorova, u zavisnosti od njihove važnosti i funkcije. Proučava se postojanje velikog broja osnovnih (senzorskih) vorova, između kojih se nalazi drugi sloj koji prima podatke, vrši njihovu obradu i na kraju to prosleđuje poslednjem sloju koji podatke, generisane u mreži, pruža korisniku.

Na ini prosleđivanja paketa u mreži predstavljaju polje intenzivnog istraživanja. Karakteristično je da se podaci obrađuju za vreme putovanja kroz mrežu, što znatno otežava izradu odgovarajućih aplikacija.

Interesantno polje istraživanja je određivanje mešovite pozicije vorova. To je veoma važno za neke namene, ali je isto težak i složen problem. Pored određivanja pozicije, važna je i sinhronizacija vremena.

Dosta se radi na istraživanju pokretljivosti vorova u mreži, odnosno, moguće je da se njihov položaj prilagodi zahtevima. Problem je dosta složen, jer ga komplikuju energetske i mehaničke zahteve koji se postavljaju za vorove.

Poseban problem je skladištenje podataka u mreži. Senzorske mreže mogu generisati velike količine neobrađenih podataka, a moguće je i njihovog skladištenja u mreži je ograničena. Pored toga, tu je i problem pristupa uskladištenim podacima. Kod senzorskih mreža potrebna su drugačija rešenja od onih za standardne baze podataka.

Veoma je važno pitanje sigurnosti u mrežama, zbog toga što je oprema dostupna nepozvanim licima, pa postoji mogućnost da se utiče na podatke koje šalju senzori, a moguće je i razmena podataka preko nekog od senzora.

Primenom novih tehnologija, senzorske mreže mogu obavljati funkcije koje su ranije bile neizvodljive. Senzori, procesori i komunikacijske komponente postaju sve manje i jeftinije i na taj način ostvaruje se smanjenje energije po bitu informacije, potrebne za procesiranje i komunikaciju. Senzor, procesiranje i komunikacija vezani su za jedan čip, što smanjuje cenu i omogućava dalji razvoj. Predviđanja su da će razvoj tehnologije omogućiti još veće kapacitete čipova, kao i njihovu veću raznovrsnost. Tako mali i jeftini senzori mogu se široko koristiti za najrazličitije aplikacije. Pored prvih aplikacija koje su bile vezane za vojne potrebe, danas se razvija sve više i broj aplikacija vezanih za infrastrukturnu sigurnost, kao i za potrebe raznih grana privrede.

#### 5. ZAKLJUČAK

Broj otvorenih i nerešenih pitanja u vezi bežičnih senzorskih mreža nije mali. Nade se ipak polaziti u tehnološki napredak, a intenzivna istraživanja na ovom području sigurno neće ostati bez rezultata. Sve upućuje na to da će primena senzorskih bežičnih mreža u budućnosti doživeti ogromnu ekspanziju. Proizvođači razvijaju senzorske vorove i prateće sklopove sve manjeg gabarita, čime ostvaruju viziju novog načina života. Cilj je napraviti procesni vor unutar senzorske mreže, koji je veoma malih dimenzija, a ima značajnu unarsku snagu. Takvi uređaji mogu biti veoma moćni, mogu imati kamere i biti povezani sa velikim bazama podataka.

#### LITERATURA

- [1] Aleksandrović, S., Križak, L. i M. Jović, "Kontinualni nadzor i kontrola procesa na površinskim kopovima", Tehnika - časopis Saveza inženjera i tehničara Srbije, Godina LXVII 6/2012, str.975-979, 2012.
- [2] Vujić, S. Automatizacija i upravljanje procesima u rudarstvu, Akademija inženjerskih nauka Srbije, Beograd, 2012.
- [3] Chadwick J., "The Autonomous Mine", International Mining, pp. 46-57, January, 2010.
- [4] Netronics, Wireless Broadband Wireless Applications for the Mining Industry, <http://www.netronics-networks.com/documents/KnowledgeBase/>
- [5] Churchill, D.L., Hamel, M.J., Townsend, C.P., Arms, S.W., "Strain Energy Harvesting for Wireless Sensor Networks", Proc. SPIE's 10th Int'l Symposium on Smart Structures & Materials, San Diego, CA. Paper presented March, 2003.
- [6] Raghavendra, C. S., Krishna M. Sivalingam, Taieb Znati (Eds.), Wireless Sensor Networks, Part IV: Chapter 12. Security for Wireless Sensor Networks, Springer Science, 2004.

# SISTEM ZA EVIDENCIJU NEPROPIŠNO PARKIRANIH VOZILA I IZDAVANJE REŠENJA ZA UKLANJANJE U ELEKTRONSKOJ FORMI

## SYSTEM FOR RECORDING IRREGULARLY PARKED VEHICLES AND ISSUING DECISIONS FOR REMOVAL IN ELECTRONIC FORM

Dejan Dimitrijević<sup>1</sup>, Marko Janković<sup>1</sup>

*Parking servis Niš<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazan sistem za evidenciju nepropisno parkiranih vozila putem foto zapisa i izdavanje Rešenja o uklanjanju nepropisno parkiranog vozila u elektronskoj formi. Oprema za fotografisanje sa termalnim štampačem se nalazi u specijalnom pauk vozilu dok rešenje izdaje saobraćajni policajac iz dispečerskog centra.

**Abstract** - This paper presents a system for keeping records of irregularly parked vehicles by photo entries and issuance of Decision on the removal of irregularly parked vehicles in electronic form. Photographic equipment with thermal printer is in a special spider vehicle while Decision is issued by a traffic policeman from the dispatch center.

### 1. UVOD

Pristup rešavanju problema nepropisno parkiranih vozila, predstavlja izazov sa kojim se u današnje vreme suočavaju sve urbane sredine, pa samim tim i Grad Niš.

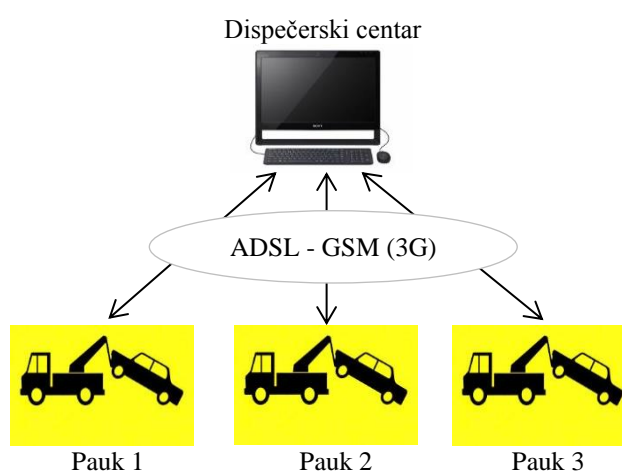
Konvencionalni način uklanjanja nepropisno parkiranih vozila u Gradu Nišu je zahtevao istovremeno angažovanje većeg broja saobraćajnih policajaca i komunalnih inspektora. Takođe, takvim načinom rada je bilo neophodno unapred definisati po čijoj nadležnosti deluje posada u specijalnom pauk vozilu, jer je broj mesta u specijalnom pauk vozilu ograničen na tri pa stoga pored vozača i pratioca (suvozača) pauka može biti samo još jedan član posade: saobraćajni policajac ili komunalni inspektor. Takav način je za posledicu imao neefikasnost u zavođenju saobraćajnog i komunalnog reda, kao i neracionalno korišćenje resursa.

Sistem za evidenciju nepropisno parkiranih vozila i izdavanje Rešenja za uklanjanje u elektronskoj formi, u daljem tekstu Video-pauk sistem, je pravno utemeljen na članu 296 Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima republike Srbije.

Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, član 296, stav 3: „Ukoliko policijski službenik ili nadležni inspekcijski organ u kontroli saobraćaja putem video nadzora ili foto zapisa utvrdi da je vozilo parkirano ili zaustavljeno suprotno odredbama ovog zakona, doneće rešenje u elektronskoj formi kojim će naložiti uklanjanje vozila u roku koji ne može biti kraći od tri minuta. Rešenje u elektronskoj formi kojim se nalaže uklanjanje vozila dostavlja se elektronskim putem licu koje vrši uklanjanje vozila i koje postavlja obaveštenje o donetom rešenju u elektronskoj formi na vidno mesto vozila, kojim

obaveštava vozača da će vozilo biti uklonjeno na osnovu tog rešenja.“[1].

Pošto postoji zahtev da se posao obavlja kvalitetnije i efikasnije i Zakon koji to podupire, stekli su se uslovi da se pristupi redefiniciji postojećeg načina rada a da se pritom iskoriste prednosti telekomunikacione infrastrukture i savremene tehnologije u cilju unapređenja procesa uklanjanja nepropisno parkiranih vozila.



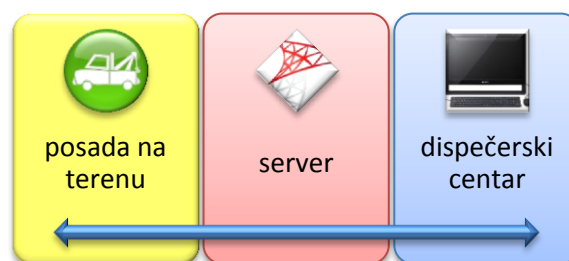
Slika 1. Skica sistema

Sistem koji je prikazan u ovom radu omogućava da jedan saobraćajni policajac i jedan komunalni inspektor, po smeni, iz dispečerskog centra izdaje naloge za uklanjanje nepropisno parkiranih vozila istovremeno za više posada u specijalnom pauk vozilu.

### 2. TEHNIČKO REŠENJE I KREIRANJE ZAHTEVA

Sistem Video pauk je baziran na Microsoft platformi i sastoji se iz tri komponente:

1. Server
2. Klijentska aplikacija za mobilni uređaj (pauk)
3. Klijentska aplikacija za dispečerski centar (OSL)



Slika 2. Blok šema aplikacije

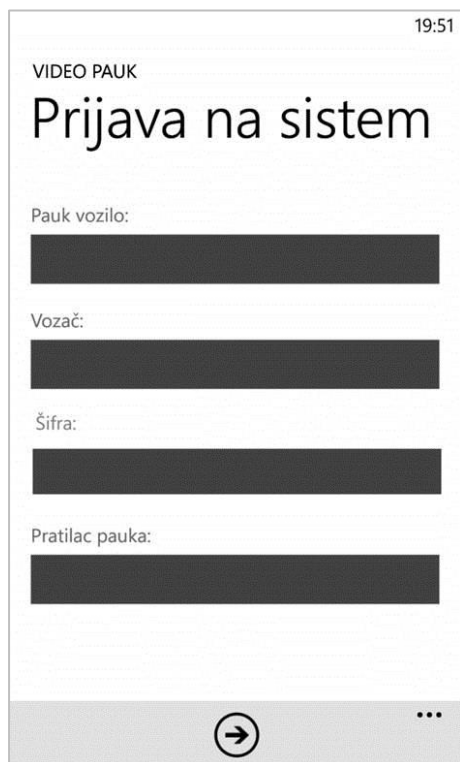
Potrebna serverska platforma je Windows server 2003 ili noviji, baza podataka Microsoft SQL server 2005 ili noviji i web server IIS 6 ili noviji. Minimalni hardverski zahtevi su: CPU  $\geq$  Intel Pentium D, RAM  $\geq$  2GB, raid HDD  $\geq$  300GB.

U pauk vozilu se nalazi mobilni uređaj sa Windows Phone operativnim sistemom na kome se izvršava klijentska aplikacija za mobilni uređaj. Minimalna verzija Windows Phone operativnog sistema je 8 [2]. Mobilni uređaj mora da zadovoljava sledeće karakteristike: CPU  $\geq$  Qualcomm S4 1 GHz, dual-core, RAM  $\geq$  512MB, ROM  $\geq$  8GB, Display  $\geq$  480x800, Bluetooth  $\geq$  v3.0.

Poželjno je da mobilni uređaj bude opremljen i GPS prijemnikom, kako bi uređaj u svakom trenutku registrovao svoju poziciju. Za prikazivanje pozicije može se koristiti neki od besplatnih servisa, kao što su: Google Maps, Yahoo Maps, Bing Maps...

Klijentska aplikacija za mobilni uređaj zahteva i Bluetooth termalni štampač na kome se štampa rešenje i nalog za uklanjanje vozila. Potrebno je da štampač podržava ESC/POS emulaciju i širinu štampe 4" (100mm).

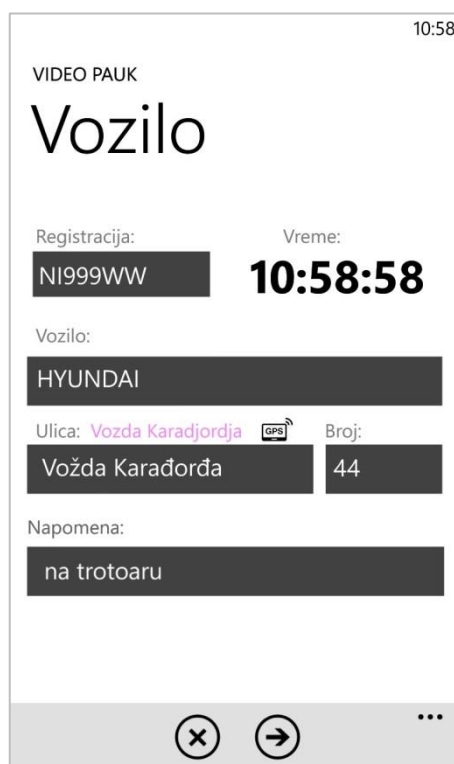
Klijentska aplikacija za mobilni uređaj je u startu osmišljena sa ciljem da se proces kompletno automatizuje i da se verovatnoća greške prouzrokovana ljudskim faktorom svede na minimum, tako da se prilikom kreiranja zahteva većina polja popunjava iz padajućeg menija: marka vozila, naziv ulice, opis prekršaja. Polja koja je potrebno ručno uneti su: registarska oznaka i broj objekta (ispred kojeg se evidentira prekršaj).



Slika 3. Logovanje na sistem

Na početku smene je potrebno da se u aplikaciju na mobilnom uređaju uloguje vozač sa pripadajućim vozilom i pratioцем pauka (slika 3.).

Kada posada sa paukom naide na nepropisno parkirano vozilo kreira se zahtev popunjavanjem neophodnih podataka o vozilu koje se nalazi u prekršaju: registarska oznaka, marka vozila, ulica i broj u kojoj se nalazi vozilo kao i napomena prekršaja (samo kao predlog). Ukoliko je mobilni uređaj opremljen GPS prijemnikom, iznad polja u kome se bira naziv ulice iz opadajućeg menija se ispisuje naziv ulice koju registruje GPS. Ovaj dijalog je prikazan na slici 4.



Slika 4. Kreiranje zahteva

Sledi fotografisanje vozila kako bi se prekršaj fotodokumentovao a potom i slanje zahteva u dispečerski centar. Ukoliko je zahtev uspešno kreiran i poslat sa pripadajućim fotografijama, na mobilnom uređaju se pojavljuje potvrdna poruka.

Kao optimalna se pokazala rezolucija fotografija 800x600 piksela, pa su fotografije prosečne veličine oko 200KB.

Prenos podataka se zasniva na internetu (ADSL, GPRS, 3G). Server i radna stanica na internetu mogu biti povezane preko ADSL ili nekim drugim tipom konekcije, dok mobilni uređaj šalje i prima podatke preko 3G mreže.

Ukoliko, usled nepredviđenih okolnosti, dođe do prekida internet veze, obezbeđena je kozištenost u radu jer server i klijentske aplikacije automatski bez problema nastavljaju sa radom odmah po otklanjanju problema i ponovnog uspostavljanja internet veze.

Ako se sa telefonom desi nešto nepredviđeno (isprazni se baterija, blokira ili se resetuje telefon) kada se korisnik uloguje po otklanjanju problema dobija sve podatke i nastavlja gde je prekinut prilikom nastanka problema.

Klijentska aplikacija za mobilni uređaj i klijentska aplikacija za dispečerski centar su pisane u programskom jeziku C# [3]. Suštinski su vrlo sličnih struktura jer je i Windows phone 8 zasnovan na kodu svog desktop prethodnika.

### 3. DISPEČERSKI CENTAR

Radna stanica, na kojoj se nalazi klijentska aplikacija za dispečerski centar (na kojoj radi ovlašćeno službeno lice) je sa Windows operativnim sistemom (XP ili noviji). Da bi aplikacija radila potrebno je instalirati Net.Framework 4.0 i ReportViewer. Pokretanjem korisničke aplikacije na radnoj stanici vrši se provera verzije aplikacije i dostupnost neophodnih komponenti, a ukoliko je potrebno automatski se vrši ažuriranje. Minimalne hardverske karakteristike radne stanice, na kojoj se izvršava klijentska aplikacija za dispečerski centar, su: CPU ≥ Intel Celeron, RAM ≥ 2GB, HDD ≥ 200GB i monitor rezolucije 1920x1080. Poželjno je da radna stanica ima zvučnik.

Klijentska aplikacija za dispečerski centar je takođe maksimalno automatizovana, tako da se zahtev odobrava pritiskom na dva tastera a odbija pritiskom na samo jedan taster, čime je mogućnost greške usled ljudskog faktora svedena na minimum

Ovlašćeno službeno lice u dispečerskom centru se na sistem loguje svojim korisničkim imenom i šifrom. Personalizovanim logovanjem je omogućeno da se u rešenju i nalogu automatski ispisuju osnovni podaci kao što su: ime i prezime ovlašćenog službenog lica, skenirani potpis, broj značke, policijska ispostava, naziv opštine... Od trenutka logovanja, aplikacija na radnoj stanici je aktivna, a kada stigne novi zahtev sa mobilnog uređaja, na računaru u dispečerskom centru aplikacija se oglašava vizuelno i zvučno i ostaje „on top“ sve dok ima zahteva na koje nije odgovoreno.

Klijentska aplikacija za dispečerski centar u svom osnovnom prozoru prikazuje pregleda svih zahteva koji su toga dana poslani, sa osnovnim podacima: registarska oznaka, marka vozila, ulica i broj, vreme, broj naloga, službeni broj specijalnog pauk vozila i status. U zavisnosti od statusa zahteva red sa podacima je u određenoj boji, zbog lakšeg pregleda, kao što je prikazano na slici 5.

Registracija	Marka vozila	Ulica	Broj	Vreme zahteva	Vreme odobrenja	Napomena	Broj referenca	Član	Stav	Tačka	Odgovorno lice	Status	Posada
42	AUDI	Branka Milkovića		17:43		na trotoaru					Policija		383
	OPEL	Nikole Pašića		17:20	17:21 (75)	5m od pešačkog pr...					Policija	NUE ODOBREN	381
	FORD	Branka Krmanovića		17:15	17:17 (112)	na trotoaru	00055	66		13	Policija	Podignuto vozilo	382
	PEUGEOT	S. Bigade	kod apoteke	17:14		na trotoaru					Policija	Pogrešno izdat zahtev	383
	VOLVO	Ivana Gundulića		16:55	16:56 (75)	5m od pešačkog pr...					Policija	NUE ODOBREN	382
	RENAULT	Josifa Pančića	3	16:35	16:36 (32)	na trotoaru	00054	66	1	13	Policija	Pojavio se vlasnik	382
	OPEL	Učitelj Milina		16:26	16:26 (54)	na trotoaru					Policija	NUE ODOBREN	382
	OPEL	Hajduk Veljkova	45	15:59	16:00 (39)	na trotoaru	00053	66	1	13	Policija	Podignuto vozilo	381
	FIAT	Stanoja Buruševića	kod Gvozdare	15:54	15:55 (28)	na trotoaru	00052	66	1	13	Policija	Podignuto vozilo	383
	VOLKSWAGEN	Skopljanska	4	15:05	15:06 (23)	na kolovozu gde je ...	00051	132	3		Policija	Podignuto vozilo	382
	CITROEN	Nikole Pašića	kod Kalže	15:04	15:05 (36)	na trotoaru sa znakom	00050	132	3		Policija	Podignuto vozilo	383
	OPEL	Skopljanska		14:50	14:52 (32)	na kolovozu gde je ...	00049	132	3		Policija	Podignuto vozilo	381
	PEUGEOT	Vojvode Tankosića	22	14:42	14:43 (72)	na pešačkom prelazu	00048	66	1	1	Policija	Pogrešno izdat zahtev	382

Slika 5. Pregled naloga sa statusima

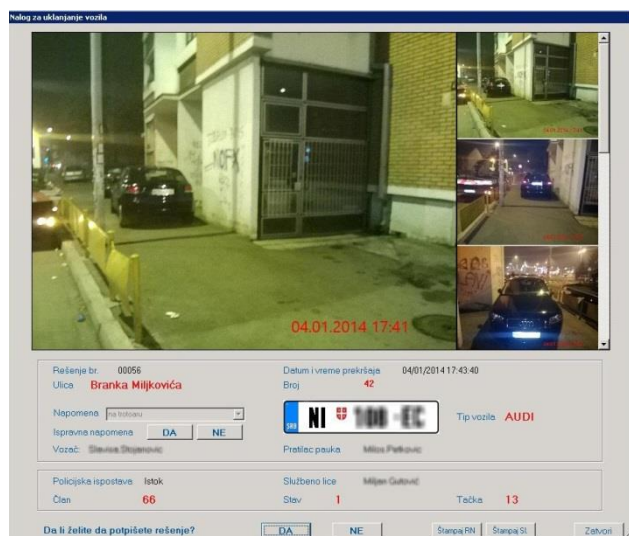
Kada ovlašćeno službeno lice potvrdi predloženi opis prekršaja ili iz opadajućeg menija izabere drugi opis prekršaja, automatski se ispisuju član, stav i tačka zakona po kome se nalaže uklanjanje nepropisno parkiranog vozila.

Pritiskom tastera DA (slika 6), ovlašćeno službeno lice potpisuje rešenje i nalog koji se automatski šalje na

mobilni uređaj u pauk vozilu putem GSM (3G) mreže. Preduslov za potpisivanje naloga je da se potvrdi definicija prekršaja (iz opadajućeg menija), čime se automatski definišu: član, stav i tačka Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima republike Srbije.

Ukoliko ovlašćeno službeno lice proceni da nema elemenata za uklanjanje vozila pritiska taster NE i time

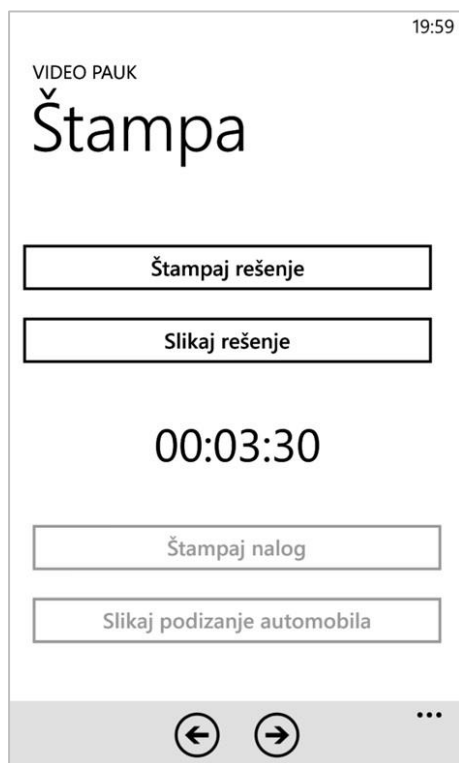
odbija zahtev. Informacija o odbijanju zahteva stiže na mobilni uređaj putem GSM (3G) mreže.



Slika 6. Detaljni pregled

#### 4. IZDAVANJE NALOGA I REŠENJA

Ukoliko je odobreno uklanjanje vozila na mobilnom uređaju stiže obaveštenje i pojavljuje se mogućnost štampanja rešenja. Posle štampanja rešenja i fotografisanja istog kako je postavljeno na automobilu aplikacija prelazi na sledeći korak u kome se štampa nalog za uklanjanje vozila, ali min 3 minuta po postavljanju rešenja (slika 7).



Slika 7. Štampanje naloga

Štampanje naloga se vrši na mobilnom, termalnom bluetooth štampaču, koji se nalazi u pauk vozilu a sa mobilnim uređajem je povezan putem bluetooth veze.

#### 5. ZAKLJUČAK

Uvođenjem u rad video-pauk sistema, Parking servis u Nišu je uposlio sva tri pauk vozila sa pratećim posadama, dok je u prethodnom periodu broj aktivnih pauk vozila u smeni direktno zavisio od broja saobraćajnih policajaca raspoređenih na poslovima uklanjanja nepropisno parkiranih vozila u toj smeni.

Takođe, izbegnuta je potreba da se pre početka smene definiše koje specijalno pauk vozilo radi na uklanjanju nepropisno parkiranih vozila po nalogu saobraćajnog policajca, a koje po nalogu komunalnog inspektora, jer u ovom slučaju se foto-zapisom dokumentuje nepropisno parkiranje, a u zavisnosti od vrste prekršaja zahtev odobrava saobraćajni policajac ili komunalni inspektor, svako iz svoje nadležnosti.

Paralelno sa održavanjem i usavršavanjem postojećeg sistema, u planu je i verzija za telefone sa Android operativnim sistemom, sa MySQL bazom podataka.

Korišćenjem tehnologije otvorenog koda, povećala bi se i paleta uređaja koji se mogu koristiti, što bi direktno za posledicu imalo ekonomičnost i uštedu, pa bi tako došlo do manjih troškova u primeni sistema.

Ostvarivanjem plana da se sistem proširi za još dve celine biće omogućen analitički pristup u zavođenju saobraćajnog i komunalnog reda na teritoriji grada, kao i olakšanje posla inkasantima automatizacijom procesa izdavanja vozila sa depoa.

#### LITERATURA

- [1] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima republike Srbije.
- [2] [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/jj206936\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/jj206936(v=vs.105).aspx)
- [3] <http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/hh341490.aspx>

## Modeliranje i implementacija procesa prijave doktorske disertacije Modeling and implementation of submission PhD dissertation process

Robert Molnar<sup>1</sup>, Dragan Ivanović<sup>1</sup>, Lidija Ivanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Pedagoški fakultet, Sombor

**Sadržaj** – Proces prijave doktorske disertacije je implementiran unutar informacionog sistema naučno istraživačku delatnost Univerziteta u Novom Sadu (CRIS UNS). Nakon prijave disertacije u CRIS UNS sistem, automatski se na sajtu Univerziteta dodaju podaci za javni uvid doktorske disertacije. Takođe se automatski posle 30 dana sklanjaju ti podaci sa javnog uvida i automatski se šalje elektronska poruka studentskoj službi da je vreme za javni uvid završeno. Nadležna veća treba da donesu odluku o daljim koracima na osnovu prigovora i zamerki predatim od strane javnosti.

**Abstract** – Dissertation submission process is implemented within the research information system of the University of Novi Sad (CRIS UNS). After submission a preliminary dissertation to the system, the website of the University is automatically updated and the entered preliminary dissertation is publically available for a month for researcher-community reviews. After 30 days the preliminary dissertation is automatically removed and an email is sent to the student services that public access period is completed. The relevant Councils should decide about next steps taking into consideration objections and remarks submitted by researcher-community.

### 1. UVOD

Rektorat Univerziteta u Novom Sadu je počeo sredinom 2012. godine sa izradom Projekta za softversku podršku svih procesa propisanih u dokumentu PRAVILA DOKTORSKIH STUDIJA koji je dostupan na sajtu [www.uns.ac.rs/sr/](http://www.uns.ac.rs/sr/). Cilj Projekta je da se elektronski vode svi podaci za evidenciju promovisanih doktora nauka kao i svi propisani podaci za digitalnu biblioteku disertacija Univerziteta u Novom Sadu (UNS). Projekat su realizovali Centar za informacione tehnologije - CIT-UNS i Centralna biblioteka UNS-a u saradnju sa razvojnim timom softverskog sistema CRIS UNS. Rezultat ovog Projekta je softverski sistem za formiranje Digitalne biblioteke disertacija i elektronsko vođenje evidencije promovisanih doktora nauka. Softverski sistem počeo je da se koristi sredinom 2013. godine.

Korisnici sistema su studentske službe za doktorske studije i biblioteke fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Ukupan posao sastoji se od sledećih segmenata:

- Pribavljanje dokumenta u fizičkom obliku (Elektronska verzija doktorske disertacije; Izveštaj o doktorskoj disertaciji; Izjava o korišćenju; Izjava o istovetnosti).
- Unos (upload) elektronskih dokumenata

- Unos podataka iz ključne dokumentacije
- Postavljanje na uvid javnosti e-disertacija
- Postavljanje e-disertacija u otvoreni pristup
- Unos podataka za Evidenciju promovisanih doktora nauka.

Prvi proces pre same odbrane doktorske disertacije je postavljanje na javni uvidi doktorske disertacije. Naime, Elektronska verzija doktorske disertacije i Izveštaj komisije o oceni urađene doktorske disertacije u elektronskoj formi su javno dostupni 30 dana na sajtu UNS-a. (<http://www.cris.uns.ac.rs/publicTheses.jsf>) Štampana verzija doktorske disertacije i štampan Izveštaj komisije o oceni urađene doktorske disertacije su takođe na javnom uvidu u biblioteci fakulteta. U ovom radu opisano je modeliranje i implementacija procesa postavljanje na javni uvid doktorske disertacije.

### 2. CRIS UNS

Implementacija procesa postavljanje na javni uvid doktorske disertacije je izvršena unutar informacionog sistema naučne delatnosti Univerziteta u Novom Sadu (CRIS UNS). CRIS UNS sistem je razvijan po preporukama neprofitne organizacije euroCRIS ([www.eurocris.org](http://www.eurocris.org)). Prilikom specifikacije i implementacije sistema dva glavna zahteva su bila:

- Da sistem zadovoljava međunarodne standarde koji su usvojeni u domenu naučno-istraživačkih podataka.
- Da sistem zadovolji sve lokalne potrebe koje su specifične za Univerzitet, za Pokrajinu Vojvodinu i za Republiku Srbiju unutar koje je Univerzitet u Novom Sadu. Unutar ovih lokalnih potreba spada i implementacija digitalne biblioteke teza i disertacija Univerziteta u Novom Sadu unutar CRIS UNS sistema. Jedan od zahteva za digitalnu biblioteku je i zahtev za implementaciju procesa postavljanje na javni uvid doktorske disertacije koji je opisan u ovom radu.

Sistem CRIS UNS je baziran na CERIF (Common European Research Information Format - [www.eurocris.org/cerif/introduction/](http://www.eurocris.org/cerif/introduction/)) kompatibilnom modelu podataka baziranom na MARC 21 formatu [1]. U ovom modelu podataka deo CERIF modela podataka koji se odnosi na rezultate istraživanja je preslikan na model podataka MARC 21 formata. MARC 21 format je standardizovani format bogat metapodacima za skladištenje bibliotečkih podataka. Ovo bogatstvo metapodacima omogućuje razmenu podataka sa raznim sistemima koji skladište metapodatke o naučno-

istraživačkim rezultatima u MARC 21 formatu. MARC 21 formatom su opisani i metapodaci o tezama i disertacijama.

Na osnovu ovog modela podataka implementiran je sistem CRIS UNS za potrebe Univerziteta u Novom Sadu. Više informacija o arhitekturi i implementaciji sistema može se pronaći u radovima [2; 3; 4].

Proširenje modela podataka za potrebe integracije digitalne biblioteke teza i disertacija unutar CRIS UNS sistema je opisano u radu [5], dok je implementacija ove integracije opisana u radu [6]. Migracija podataka iz prethodne digitalne biblioteke je opisana u radu [7].

Senat Univerziteta u Novom Sadu je u decembru 2012. godine odobrio puštanje u rad javnog servisa za pretragu digitalne biblioteke e-teza odbranijenih na Univerzitetu u Novom Sadu (<http://cris.uns.ac.rs/searchDissertations.jsf>). U ovom momentu ovaj servis je konfigurisan da dozvoljava samo pretragu doktorskih disertacija, ali bi se lako mogao konfigurisati da omogućuje i pretraživanje odbranijenih magistarskih teza kao i drugih završnih radova.

### 3. UPLOAD ELEKTRONSKIH DOKUMENATA

Za implementaciju korisničkog interfejsa korišćen je JSF framework. Pored standardnih JSF komponenti interfejsa, JSF je moguće proširiti novim komponentama. RichFaces je skup novih komponenti JSF-a koji omogućuje komunikaciju sa serverom putem AJAX tehnologije. Na ovaj način se ubrzava komunikacija između klijenta i servera i na taj način rad čini ugodnijim korisnicima aplikacije. Između ostalog RichFaces biblioteka ima i komponentu rich:fileUpload koja omogućuje jednostavnu i efikasnu implementaciju upload-a file sa klijentskog računara na serversku stranu aplikacije. Ova komponenta je iskorišćena za potrebe postavljanja na javni uvid doktorskih disertacija. Na listingu 1 je prikazan primer korišćenja ove komponente unutar veb stranice:

```
<rich:fileUpload
    fileUploadListener="#{backupManagedBean.uploadDissertationListener}"
    listHeight="50"
    listWidth="200"
    acceptedTypes="pdf"
    ontyperesjected="alert('Samo PDF fajlovi su dozvoljeni');"
/>
```

Listing 1. fileUpload komponenta

U prikazanom listingu atributom `fileUploadListener` se definiše metoda koja će biti pozvana kada se odabere fajl

iz fajl sistema korisnika koji je potrebno prebaciti na server. Ova metoda će biti pozvana samo ako je ekstenzija fajla pdf (atribut `acceptedTypes`), a ako je odabran fajl neke druge ekstenzije pojaviće se obaveštenje koje je definisano atributom `ontyperejected`. Atributi `listHeight` i `listWidth` se odnose na vizuelni aspekt ove komponente, odnosno na njenu visinu i širinu.

Ova komponenta dozvoljava upload više fajlova odjednom, ali je zbog intuitivnosti interfejsa razdvojeno upload-ovanje po pojedinačnim dokumentima. To je implementirano tako što je kod prikazan na Listingu 1 multipliciran četiri puta i definisana je različita metoda za svaki tip dokumenta za prihvatanje fajla na serveru upotrebom `fileUploadListener` atributa. Primer metoda dat je na listingu 2.

```
public void uploadDissertationListener
(FileUploadEvent event) {
    FileDTO fileDTO = new FileDTO();
    UploadedFile item =
        event.getUploadedFile();
    fileDTO.setData(item.getData());
    fileDTO.setFileName(item.getName());
    fileDTO.setType("dissertation");
    selectedDissertation.getFiles().
        add(fileDTO);
}
```

Listing 2. Metoda za prihvatanje fajla

Za prihvatanje ostalih fajlova metoda se razlikuje samo u liniji `fileDTO.setType("dissertation");` gde se stavlja drugi tip dokumenta.

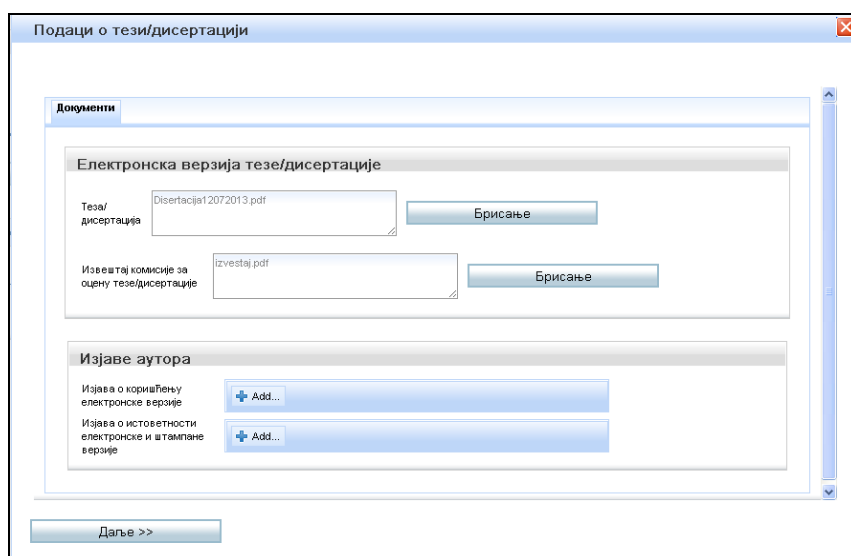
Na slici 1 je prikazan prozor za dodavanje dokumenata. Prozor se sastoji od dve celine. Prva je pod nazivom: **Електронска верзија теза/дисертација** u kojoj se dodaju elektronska dokumenta za javni uvid. To su sledeća dokumenta:

- Elektronska verzija doktorske disertacije u pdf formatu
- Izveštaj o oceni doktorske disertacije

U drugoj celini pod nazivom **Изјаве аутора** dodaju se skenirana dokumenta za potrebe digitalne biblioteke disertacija. To su sledeća dokumenta:

- Izjava doktora nauka o korišćenju Doktorske disertacije u elektronskom formatu
- Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorske disertacije

Izjava doktora nauka o korišćenju Doktorske disertacije u elektronskom format može biti pozitivna ili negativna. Ako je Izjava pozitivna onda disertacija posle odbrane dobija DOI i vidljiva je na portalima **doiSerbiaPhD** ([www.doiserbia.nb.rs/phd/](http://www.doiserbia.nb.rs/phd/)) i **DART-Europe** ([www.dart-europe.eu](http://www.dart-europe.eu)).

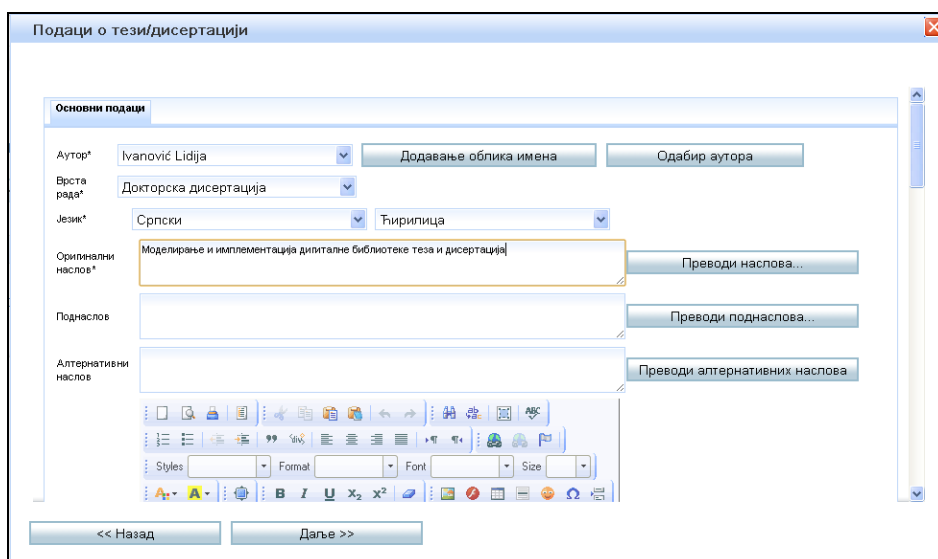


Slika 1. Prozor za upload dokumenata

#### 4. UNOS PODATAKA IZ KLJUČNE DOKUMENTACIJE

Na Univerzitetu u Novom Sadu je propisan Obrazac za Ključnu dokumentacijsku informaciju koji je dostupan na sajtu Univerziteta. Ovaj Obrazac je sastavni deo svake doktorske disertacije. To su standardni metapodaci o

disertaciji kao što su: Ime i prezime autora; Mentor; Naslov rada; Jezik publikacije; Godina; Fizički opis rada; Naučna oblast; Naučna disciplina; Predmetna odrednica, ključne reči; Izvod; Datum odbrane; Članovi komisije; i dr. Na slici 2 se može videti prozor u kojem se nalaze polja za unos osnovnih podataka o disertaciji koja se stavlja na javni uvid.



Slika 2. Prozor za unos osnovnih podataka o disertaciji

Polja kao što su *Autor*, *Vrsta rada* i *Jezik* nude već gotove podatke putem padajućih menija, s' tim što je padajući meni za polje *Autor* moguće proširiti dodavanjem novog oblika imena klikom na dugme *Dodavanje oblika imena*. Ova polja su obavezna polja i osim njih postoji još jedno

polje koje je obavezno za unos i to je polje *Originalni naslov* koje predstavlja naslov disertacije.

Pored navedenih podataka, za postavljanje disertacije na javni uvid potrebno je adekvatno popuniti formu prikazanu na slici 3.



Додатни подаци

Институција\*

Научна област

Врста титуле

Место чувања

Датум прихватања теме од надлежне институције

Датум одбране

Назив издавача  Преводи издавача

Место издавача

Држава издавача

Датум објављивања на увид јавности\*

ISBN

UDK

DOI

URI

<< Назад      Даље >>

*Слика 3. Прозор за unos dodatnih podataka*

Сликом 3 представљена је форма за unos dodatnih podataka о дисертацији као што су *Институција* тј. факултет који пријављује дисертацију на јавни увид и *Научна област* којој та дисертација припада.

Као последњи корак у unosу дисертације, неопходно је унети и податке о ментору и члановима комисије, као што је приказано на слици 4. Ови подаци су потребни за digitalnu biblioteku дисертација као и за evidenciju promovisanih doktora nauka на универзитету у Новом Саду. За завршетак unosa потребно је кликнути на дугме *Сачувај* на приказаној форми.

Ментори и чланови комисије

Ментори

Унос ментора

Лично име	Титула	Звање	Институција	Члан комисије	Промена редоследа	Брисање	Додавање другог облика имена

Чланови комисије

Унос члана комисије

Лично име	Титула	Звање	Институција	Улога	Промена редоследа	Брисање	Додавање другог облика имена

<< Назад      Сачувај

*Слика 4. Unos podataka о ментору и члановима комисије*

## 5. POSTAVLJANJE NA UVID JAVNOSTI E-DISERTACIJA

dokumentacije, korisniku se prikazuje početna strana na kojoj se vidi unešena disertacija, kao što je prikazano na slici 5.

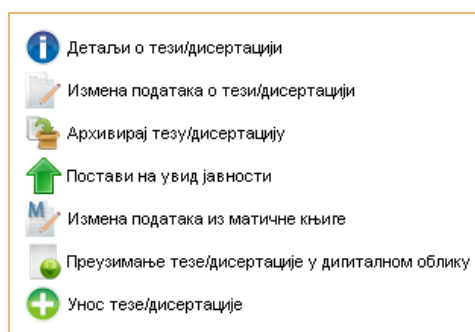
Nakon što korisnik unese sve potrebne podatke iz ključne



Slika 5. Prikaz početne strane sa disertacijom

Da bi se disertacija postavila na uvid javnosti, potrebno izvršiti akciju postavljanja na uvid iz menija akcija sa desne strane prozora. Znakovna i opisna legenda akcija je predstavljena slikom 6.

Datumi početka i isteka perioda za javni uvid se automatski određuju na osnovu trenutnog datuma. Postavljanjem disertacije na uvid javnosti, kompletan zapis o disertaciji se zaključava u narednih 30 dana i nikakve promene u tom periodu nisu moguće. Zapis se automatski otključava nakon isteka period za javni uvid. Rad može ručno da bude izmenjen ili uklonjen sa uvida javnosti jedino od strane administratora sistema koji će najpre da otključa zapis i zatim se postupak za javni uvid ponavlja (sa tačnim podacima).



Slika 6. Legenda menija akcija

Disertacije postavljene na javni uvid su vidljive na stranici <http://cris.uns.ac.rs/publicTheses.jsf> i sa te stranice ih je moguće preuzeti u elektronskom formatu, kao i izveštaje o oceni komisije, kao što je prikazano na slici 7.

Univerzitet u Novom Sadu						
Претраживање докторских дисертација одбрањених на УНС-у						
Докторске дисертације стављене на увид јавности						
<b>ВАЖНО:</b> Примедбе на докторску дисертацију доставити у штампаном облику на адресу Ректорат Универзитета у Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 5 <b>Анонимне примедбе се неће узимати у разматрање.</b>						
Презиме и име	Факултет / департман	Научна област	Наслов рада	Стављено на увид јавности у периоду	Документа за преузимање	
Ivanović, Lidija	Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu	Информатика / Информациони системи	Моделирање и имплементација дигиталне библиотеке теза и дисертација	06.01.2014 - 05.02.2014	<a href="#">Дисертација</a> <a href="#">Извештај о оцени</a>	
Milosavljević, Gordana	Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu	Раčунарске науке и информатика / Softversko inženjstvo	Prilog metodama brzog razvoja adaptivnih poslovnih informacionih sistema	10.12.2013 - 09.01.2014	<a href="#">Дисертација</a> <a href="#">Извештај о оцени</a>	
Последња измена: 06.01.2014						
АРХИВА						
Попис докторских дисертација које су биле на јавном увиду године: <a href="#">2013</a> :: <a href="#">2012</a> :: <a href="#">2011</a> :: <a href="#">2010</a> :: <a href="#">2009</a> :: <a href="#">2008</a> :: <a href="#">2007</a> :: <a href="#">2006</a> :: <a href="#">2005</a>						

Slika 7. Stranica za javni uvid disertacija

**ZAKLJUČAK**

Jezgro softverskog sistema CRIS UNS razvijeno je u saglasnosti sa preporukama euroCRIS-a ([www.eurocris.org](http://www.eurocris.org)). Ovo jezgro je iskorišćeno za različite potrebe naučne delatnosti Univerziteta u Novom Sadu, kao što su na primer digitalna biblioteka teza i disertacija, kao i evidencija promovisanih doktora nauka. Prvo javno publikovanje doktorske disertacije je upravo obavezno postavljanje disertacije na javni uvid zajedno sa izveštajem komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije.

*Sistem CRIS UNS podržava OAI-PMH protokol za izvoz i uvoz metapodatke u Dublin Core formatu. Ovim je omogućeno da doktorske disertacije sa pozitivnom izjavom za otvorenom pristupu budu vidljive na drugim portalima digitalne biblioteka. Za sada su ove disertacije vidljive na portalima **doiSerbiaPhD** ([www.doiserbia.nb.rs/phd/](http://www.doiserbia.nb.rs/phd/)) i **DART-Europe** ([www.dart-europe.eu](http://www.dart-europe.eu)).*

**NAPOMENA**

Rad je deo istraživanja na projektu finansiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja evidentiranom pod brojem III 47003.

**LITERATURA**

- [1] D. Ivanović, D. Surla and Z. Konjović, “*CERIF compatible data model based on MARC 21 format*”, The Electronic Library, Vol. 29, No. 1, pp. 52 – 70, 2011. DOI: [10.1108/02640471111111433](https://doi.org/10.1108/02640471111111433)
- [2] D. Ivanović, “*Informacioni sistem naučno – istraživačke delatnosti*”, doktorska disertacija, Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu, 2010.

- [3] D. Ivanović, G. Milosavljević, B. Milosavljević and D. Surla, “*A CERIF-compatible research management system based on the MARC 21 format*”, Program: Electronic library and information systems, Vol. 44, No. 1, pp. 229 – 251, 2012. DOI: [10.1108/00330331011064249](https://doi.org/10.1108/00330331011064249)
- [4] G. Milosavljević, D. Ivanović, D. Surla and B. Milosavljević, “*Automated construction of the user interface for a CERIF-compliant research management system*”, The Electronic Library, Vol. 29, No. 5, pp. 565 – 588, 2010. DOI: [10.1108/026404711111177035](https://doi.org/10.1108/026404711111177035)
- [5] L. Ivanović, D. Ivanović and D. Surla, “*A data model of theses and dissertations compatible with CERIF, Dublin Core and EDT-MS*”, Online Information Review, Vol. 36, No. 4, pp. 548 – 567, 2012.
- [6] L. Ivanović, D. Ivanović and D. Surla, “*Integration of a Research Management System and an OAI-PMH Compatible ETDs Repository at the University of Novi Sad, Republic of Serbia*”, Library Resources & Technical Services, Vol. 56, No. 2, pp. 104 – 112, 2012.
- [7] L. Ivanović and D. Surla, “*A software module for import of theses and dissertations to CRISs*”, Proceedings of the CRIS 2012 Conference, Prague, June 6-9, 2012, pp. 313 – 322, 2012, available at address: [http://www.eurocris.org/Uploads/Web%20pages/CRIS%202012%20-%20Prague/CRIS2012\\_34\\_full\\_paper.pdf](http://www.eurocris.org/Uploads/Web%20pages/CRIS%202012%20-%20Prague/CRIS2012_34_full_paper.pdf)

# INTEGRALNI INFORMACIONI SISTEM AGENCIJE ZA LEKOVE I MEDICINSKA SREDSTVA SRBIJE

## INTEGRAL INFORMATION SYSTEM OF MEDICAL AND MEDICINES DEVICES AGENCY OF SERBIA

dr.sci.spec. Tatjana Stojadinović, dipl.mat<sup>1</sup>, Mast.inž.maš. Igor Vanevski<sup>1</sup>  
Agencija za lekove i medicinska sredstva Srbije, Beograd<sup>1</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazan Integralni informacijski sistem Agencije za lekove i medicinska sredstva Srbije (ALIMS) sastavljen od tri kompleksna informacijska podsistema i to:

-LIMS (laboratorijski informacijski sistem), baziran na klijent –server arhitekturi, osnova Oracle 10g RDBS sa Oracle Forms and Reports 6i

-SUD (Sistem za elektronsko upravljanje dokumentacijom) baziran na 4-slojnoj arhitekturi: Oracle 11g RDBS, EMC<sup>2</sup> Documentum 6, myProcess aplikacioni server – JBoss and Apache i Internet pretraživači – Internet explorer 7 i 8

-ERP (Računovodstveni informacijski sistem) baziran na klijent –server arhitekturi, osnova Microsoft SQL database 2005.

**Abstract** - This document presents the Integral information system of ALIMS that consists of 3 complex information sub-systems:

- LIMS (Laboratory information system), based on a Client – Server architecture, Oracle 10g RDBS with Oracle Forms and Reports 6i

- SUD (Electronic Document Management System) based on a 4-tier architecture, Oracle 11g RDBS, EMC<sup>2</sup> Documentum 6, myProcess application server – JBoss and Apache and Web browsers – Internet explorer 7 i 8

- ERP (Financial information system) based on Client – Server architecture, Microsoft SQL 2005 database

### 1. UVOD

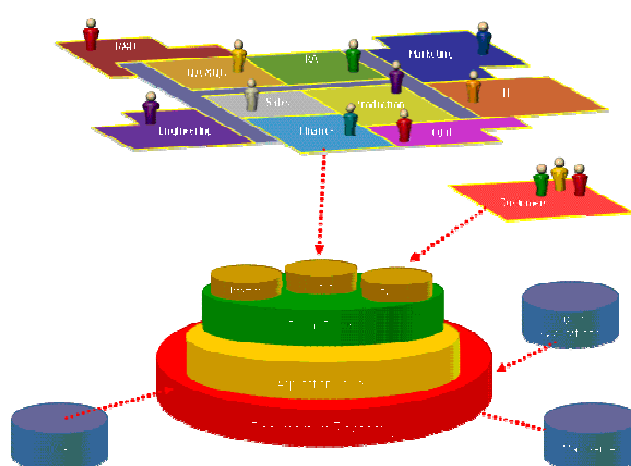
Sve veća upotreba informacionih tehnologija obezbeđuje moćne alate i stavlja ih na raspolaganje građanima, državnim organima, velikim i malim preduzećima širom sveta.

Za obavljanje osnovne delatnosti u Agenciji za lekove i medicinska sredstva Srbije (ALIMS) informacijska tehnologija ima veliki značaj, a posebna pažnja se posvećuje:

- razvoju i upravljanju informacionim tehnologijama
- razvoju, održavanju i unapređenju Integralnog informacijskog sistema ALIMS-a
- održavanju informatičke opreme, nadogradnji hardvera i rekonfiguraciji hardverskih rešenja
- obezbeđenju zaštite informacijskog sistema i računarske mreže
- obezbeđenju tehničke kompatibilnosti informatičke infrastrukture
- razvoju e-poslovanja ALIMS-a, u skladu sa projektom razvoja e-uprave RS
- razvoju Intranet i Internet prezentacije ALIMS-a

### 2. RAZVOJ, ODRŽAVANJE I UNAPREĐENJE INTEGRALNOG INFORMACIONOG SISTEMA ALIMS-A

Informacioni sistem Agencije za lekove i medicinska sredstva Srbije predstavlja osnovu za čuvanje podataka o lekovima i medicinskim sredstvima u digitalnom obliku, jednostavnije rukovanje podacima, kao i lakši pregled postojećih podataka. Osnovni cilj informacijskog sistema Agencije za lekove i medicinska sredstva Srbije je da se obezbedi jednostavno i brzo obavljanje aktivnosti vezanih za planiranje, istraživanje, odlučivanje u oblasti regulative lekova i medicinskih sredstava. Na Slici 1. je prikazana arhitektura sistema.



Slika 1. Arhitektura sistema

Informacioni sistem Agencije za lekove i medicinska sredstva Srbije je integrisani informacijski sistem koji obuhvata sledeće podsisteme:

1. Laboratorijski informacijski sistem (LIMS)
2. Sistem za elektronsko upravljanje regulatornom dokumentacijom (SUD)
3. Sistem za kadrove, računovodstvo i finansije (ERP)

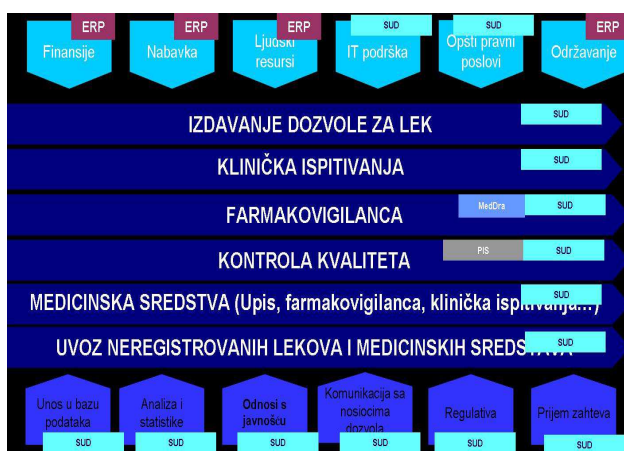
LIMS je počeo sa razvojem davne 1995. godine i do 2010. godine je obuhvatao sve poslovne procese ALIMS-a, uključujući i funkciju nabavke, finansija, računovodstva, izdavanja dozvola, obezbeđenja kvaliteta, pružanja informacija o lekovima i medicinskim sredstvima...

2011. godine su implementirani noviji sistemi i to: SUD i ERP, čime su pojedini poslovni procesi koji su bili informatički podržani u LIMS-u informatički nastavili podršku u sistemima SUD i ERP.

### 3. INTEGRACIJA PODSISTEMA SUD, PIS, ERP

2011. godine je implementirana integracija svih postojećih sistema SUD, LIMS i ERP čiji je prikaz dat na Slici 2. Integracija tri podsistema u jedan integralni informacioni sistem omogućava korišćenje jedinstvene baze podataka o lekovima i medicinskim sredstvima i partnerima ALIMS-a, kao i jedinstvene tačne, merodavne i bezbedne podatke o lekovima i medicinskim sredstvima, čija migracija podataka se obavlja i prikazuje na veb sajtu ALIMS-a.

Integracijom svih postojećih sistema je omogućeno da su svi poslovni procesi ALIMS-a informatički podržani.



Slika 2. Poslovni procesi u sistemima SUD, LIMS, ERP

Podaci o lekovima i medicinskim sredstvima za koje je izdata dozvola za lek ili medicinsko sredstvo su pre svega tačni, bezbedni i merodavni jer proističu iz jedinstvene baze podataka o lekovima i medicinskim sredstvima.

Šifarnici, tj. registri lekova i medicinskih sredstava bazirani na osnovnoj bazi podataka o lekovima i medicinskim sredstvima ALIMS-a omogućavaju i dalju upotrebu u RS i dostupni su određenim državnim organima kao što su Republički zavod za zdravstveno osiguranje i Institut za zaštitu zdravlja RS „Dr Milan Jovanović Batut”.

Baza podataka o lekovima i medicinskim sredstvima, tj. registar lekova i registar medicinskih sredstava je jedan od važnih segmenata u razvoju projekta „E-zdravlje RS” i neophodan uslov za razvoj zdravstvenog informacionog sistema RS. Sve zdravstvene ustanove, bolnice, apoteke, državni organi bi trebali da koriste osnovni registar i lekovima i medicinskim sredstvima ALIMS-a, jer on kao takav sadrži najtačnije i najmerodavnije podatke o lekovima i medicinskim sredstvima koji su registrovani u RS.

Na Sajtu ALIMS-a su postavljene veb aplikacije koje omogućavaju: pretraživanje registrovanih lekova u humanoj i veterinarskoj medicini, kao i pretraživanje registrovanih medicinskih sredstava i pretraživanje odobrenih kliničkih ispitivanja.

Aplikacije se ažuriraju najmanje jednom mesečno, sa ciljem da se u ovoj godini omogući i automatsko svakodnevno ažuriranje navedenih podataka.

Podaci koji su korišćeni u ovim aplikacijama proističu neposredno iz integralnog informacionog sistema ALIMS-a

### 4. LABORATORIJSKI INFORMACIONI SISTEM ALIMS-A

Laboratorijski informacioni sistem (LIMS) je sastavni deo sistema upravljanja kvalitetom. U njemu su razvijene aplikacije za poslovne procese Nacionalne kontrolne laboratorije, kao i Nacionalnog centra za informacije o lekovima i medicinskim sredstvima.

Navedeni sistem obuhvata i bazu matičnih podataka o lekovima i medicinskim sredstvima, kao i bazu partnera, tj. klijenata ALIMS-a. LIMS pruža potpunu informatičku podršku u svakodnevnom radu Nacionalne kontrolne laboratorije i Nacionalnog centra za informacije o lekovima i medicinskim sredstvima.

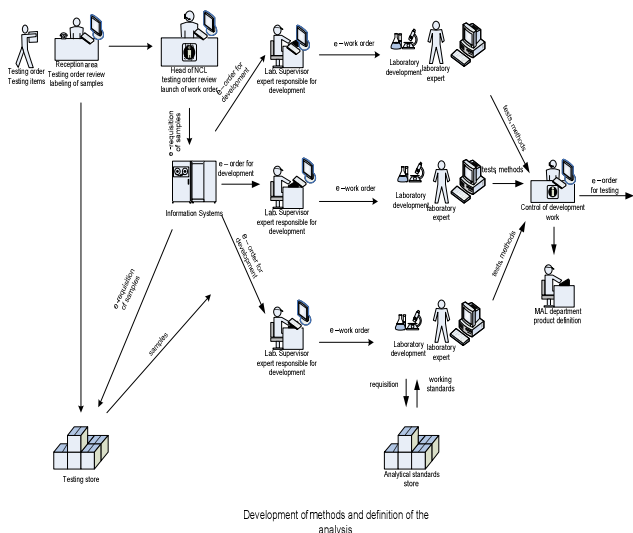
Laboratorijski informacioni sistem je baziran na relacionoj bazi ORACLE 10g, što predstavlja jednu od najpouzdanijih i najsavremenijih informacionih tehnologija u svetu kad je reč o informacionim sistemima.

Aplikacije svih poslovnih funkcija u laboratorijskom informacionom sistemu su prilagođene stvarnim aktivnostima i baziraju se na postojećim standardnim operativnim procedurama sistema kvaliteta.

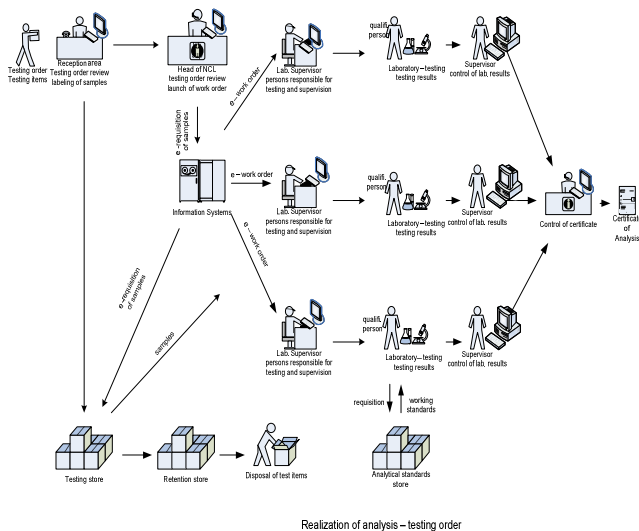
Stoga Laboratorijski informacioni sistem prati sve zahteve standarda SRPS ISO 17025:2006 i sam je deo QMS što je neophodan je faktor u daljem unapređenju kvaliteta pruženih usluga.

Kontrola kvaliteta lekova i medicinskih sredstava je informatički podržana kroz ovaj informacioni sistem i obuhvata:

- definisanje usluga i razvoj analiza (slika 3),
- realizaciju analiza (slika 4),
- kontrolu rezultata i
- izdavanje sertifikata analize.



Slika 3. Definisane usluga i razvoj analiza



Slika 4. Realizacija analiza

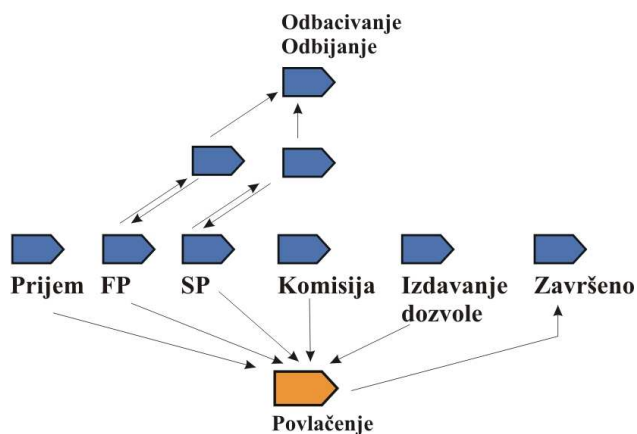
### 5. SISTEM ZA ELEKTRONSKO UPRAVLJANJE DOKUMENTACIJOM

Sistem za elektronsko upravljanje dokumentacijom (SUD) je implemetiran 2011. godine i dodatno unapređen 2013. Godine. Informatički podržava sledeće poslovne procese:

- Registracije-izdavanje dozvola za promet humanih i veterinarskih lekova
- Obnova registracija za humane i veterinarske lekove
- Izmene dozvola za humane i veterinarske lekove
- Kontrolne markice
- Uvozne dozvole
- Stručna mišljenja
- Prenos nosioca dozvole
- Prestanak dozvole
- Upravljanje kvalitetom

- Reklamacije
- Preventivne i korektivne mere
- IT podrška...

Na Slikama 5 i 6. prikazan je tok poslovnih procesa sistema SUD počev od prijema, formalne, suštinske procene, pa do izdavanja rešenja, kao i životni ciklus predmeta i dokumenta.



Slika 5. Životni ciklus predmeta



Slika 6. Životni ciklus dokumenta

Svi ulazni, izlazni i interni dokumenti vezani za jedan predmet se stavljaju u zajedničku fasciklu.

Konkretna fascikla predmeta ima odgovarajuće podfascikle koje su logički povezane sa koracima u poslovnom procesu:

- 00-Korespondencija,
- 01-Prijem,
- 02-Formalna procena,
- 03-Suštinska procena,
- 04-Komisija,
- 05-SmPC, Pil i Labeling
- 06-Rešenje (primer procesa izdavanja dozvole za lek).

Svaki dokument ima jedinstven broj koji se sastoji od broja predmeta i rednog broja dokumenta. U zavisnosti u kom trenutku je dokument nastao, isti će se naći u odgovarajućoj podfascikli samog predmeta po logičnom sledu u okvirima poslovnog procesa u kome je i nastao.

Određeni atributi i uloge se kopiraju sa predmeta na dokumente u samom predmetu. Tip dokumenta definiše attribute koji opisuju konkretan dokument. (Slika 7 i 8).

Predmeti i dokumenti imaju zajedničke i odvojene, odnosno različite atribute.

**PREDMET**

- Prijem** (Zahte, Potvrda o prijemu, Profakturna)
- Formalna procena** (ček lista, Pismo o nekompletnosti, Dopuna klijenta)
- Suštinska procena** (Pismo o clockstopu, Izveštaji procene)
- Komisija** (Pismo klijentu)
- Rešenje** (Rešenje)

Slika 7. Predmeti i dokumenti

**Standardni atributi**

- Ime
- Naslov
- Predmet
- Autori
- Status
- Oblik

**Sadržaj**

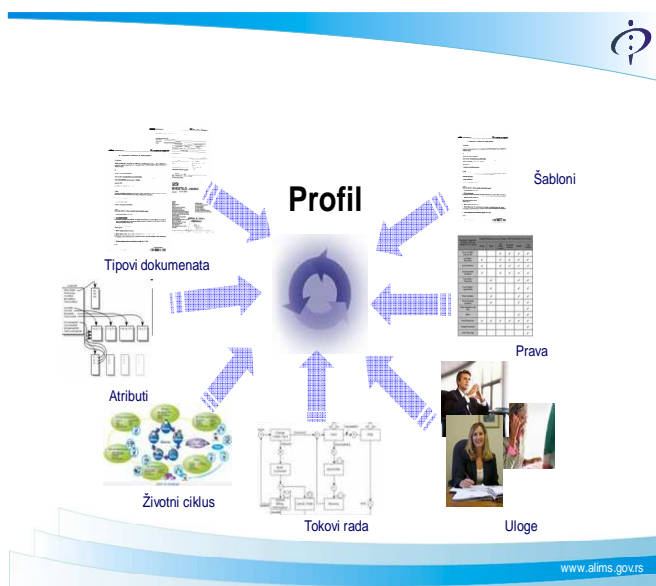


**Specijalni atributi**

- Podnosilac zahteva
- Ime proizvoda
- Farmaceutski oblik
- Jačina
- Pakovanje

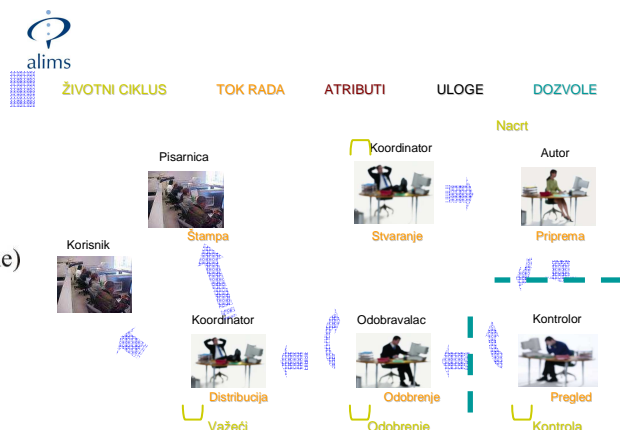
Slika 8. Atributi, predmeti i dokumenti

Sistem za upravljanje dokumentima je u svojoj poslovnoj logici zasnovan na profilima – složenim skupovima informacija koji sadrže potpune podatke o poslovnom procesu sa svih aspekata (Slika 9.).



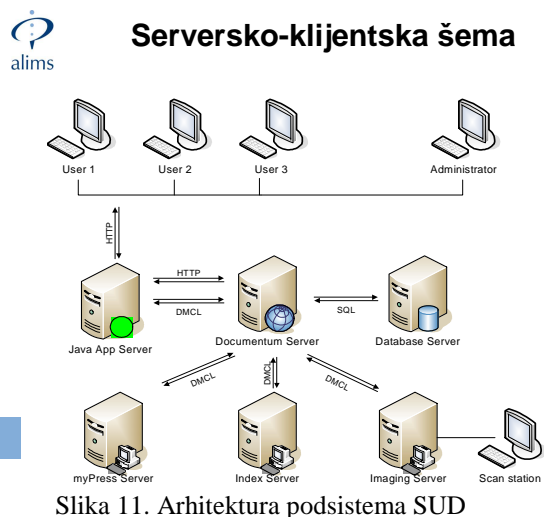
Slika 9. Profili

Jedan poslovni proces je podržan odgovarajućim profilom koji obuhvata i više uloga koje učestvuju u njemu (Slika 10).



Slika 10. Primer uloga u poslovnom procesu

Arhitektura podsistema SUD je 4-slojnog tipa, gde su zastupljeni slojevi sledeći: Oracle 11g RDBS, EMC<sup>2</sup> Documentum 6, myProcess 4.0.1 aplikacioni sloj i klijentski sloj – Web pretraživač: Internet explorer 7 ili 8. (Slika 11.)



Slika 11. Arhitektura podsistema SUD

**6. SISTEM ZA FINANSIJE I RAČUNOVODSTVO (ERP)**

Sistem za računovodstvo i finansije, kao i kadrovski sistem bazirani su na: klijent – server arhitekturi, osnova je Microsoft SQL Standard database 2005. Glavni moduli su:

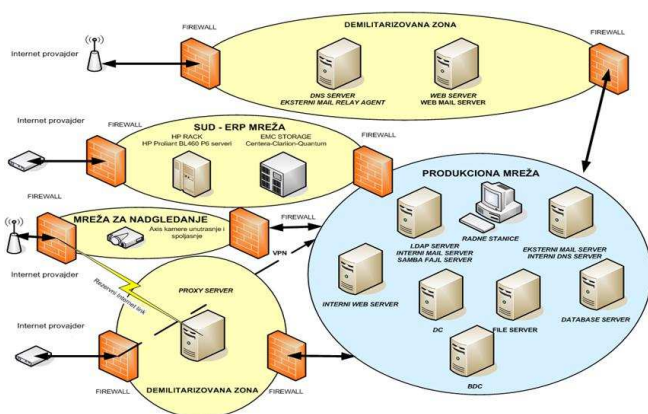
- Finansijsko-računovodstveni sistem sa podsistemima za računovodstvo, knjigovodstvo i magacinsko poslovanje;
- Kadrovski informacioni sistem sa podsistemima za kadrovsko upravljanje i evidenciju radnog vremena zaposlenih.

## 7. RAČUNARSKA MREŽA I ZAŠTITA PODATAKA ALIMS-A

Uporedno sa razvojem informacionih tehnologija u ALIMS-u raste i mogućnost zloupotreba podataka koji se tim putem prenose. Brzi razvoj hardvera i softvera, koji se koriste za prenos podataka, uslovljava česte promene i usavršavanja istih. Proizvođači često nemaju vremena za detaljno testiranje opreme, pa usled nedovoljnog testiranja, često se javljaju propusti koji čine osnovu za rad potencijalnih napadača. Napadači razvijaju sopstvene alate i tehnike pomoću kojih zaobilaze sigurnosne mere i na taj način dolaze do „važnih“ podataka. U cilju eliminisanja ovih nedostataka nameće se novi pravac istraživanja u sferi sigurnosti informacionih sistema, koji se odnosi na zaštitu podataka od neovlašćenog pristupa, modifikacija ili različitih zloupotreba. Na važnost zaštite podataka ukazuje činjenica da je ona postala jedan od najvažnijih komponenata nacionalnih bezbednosti zemalja, državnih administracija, banaka i sl. Isto tako, veliki broj kompanija sve više poklanja pažnju merama sigurnosti sopstvenih informacionih sistema i podataka kako od pristupa „spolja“, tako i od zloupotreba pristupa „iznutra“, odnosno samih korisnika informacionih sistema i podataka koje oni pružaju. Kao najzastupljeniji medijum za prenos podataka se koriste računarske mreže. Kao takve logično predstavljaju rizično mesto po pitanju sigurnosti informacija koje se tim putem prenose.

Na Slici 12. je prikazana šematski računarska mreža ALIMS-a, koja teži da kombinacijom klasičnih i proverenih rešenja kao i primenom najsavremenijih metoda i tehnika kada je u pitanju sigurnost i bezbednost podataka obezbedi maksimalnu bezbednost informacionog sistema i podataka.

GAP analiza koja se odnosi na preliminarnu usklađenost ALIMS-a sa ISO/IEC 27001:2005, sprovedena u prvoj polovini 2013. godine je imala za cilj da utvrdi koliko je postojeći sistem rukovođenja bezbednošću informacija usklađen sa zahtevima standarda. Analiza je pokazala da je ocena usklađenosti oko 63 % i da je potreban vremenski period od 18 meseci za potpuno uvođenje i pripremu uslova za sertifikaciju prema ovom standardu.



Slika 12. Računarska mreža ALIMS-a

## 8. ZAKLJUČAK

Infomacije i procesi podrške, sistemi i mreže, predstavljaju važnu poslovnu imovinu ALIMS-a. Definisanje, ostvarivanje, održavanje i poboljšavanje bezbednosti informacija imaju presudni značaj za održavanje na granici konkurentnosti, isplativosti, usklađenosti i poslovnog ugleda.

Integralni informacioni sistem ALIMS-a je projektovan da bude bezbedan korišćenjem savremenih tehničkih sredstava ali je bezbednost svakako ograničena.

Osnovna svrha integralnog informacionog sistema je da se podigne verovatnoća dostizanja cilja, da se poboljša kvalitet usluge, da se zaštiti imovina, sa se građanima RS, državnim organima, zdravstvenim ustanovama, bolnicama, apotekama obezbede tačni podaci o lekovima i medicinskim sredstvima, a navedeno se postiže poboljšanjem performansi delovanja, podrškom donošenju boljih odluka i boljim poštovanjem zakonskih obaveza.

## LITERATURA

- [1] Preliminarna ocena usklađenosti ALIMS sa ISO/IEC 27001, INFOLINK d.o.o., 2013.
- [2] Internet adresa [www.alims.gov.rs](http://www.alims.gov.rs).



# POBOLJŠANJE ERP-A PRAVOVREMENIM OBAVEŠTAVANJEM KORISNIKA NA SAMOANALIZOM UOČENA ODSTUPANJA

## UPGRADING FEATURES OF ERP BY TIMELY NOTIFICATION OF USERS ON DEVIATIONS DETECTED BY SELF-ANALYSIS

Bojan Ivetić<sup>1</sup>, Jelena Trklja<sup>2</sup>, Bojan Stanačev<sup>3</sup>

*Fabrika ulja Banat AD*

**Sadržaj** – Donošenje pravih odluka u pravo vreme zahteva pravovremenu dostupnost podataka i alarmiranje o potencijalnim nepravilnostima, tj. odstupanjima. Da bi se korisniku obezbedile informacije u trenutku kad ima smisla reagovati, neophodno je automatski aktivirati ERP sistem da izvrši potrebne obrade podataka i samoanalizom dobijenih vrednosti odluči da li treba obavestiti korisnika i to preko medija koji je korisniku stalno dostupan.

**Abstract** - Making the right decisions at the right time requires timely availability of data and alarming about potential irregularities, that is, discrepancies. In order to provide information to the user at the time when it makes sense to react it is necessary to automatically activate the ERP system to perform the necessary data processing and self-analysis of obtained values, so it can decide whether to notify the user via media that is permanently available for user.

### 1. UVOD

Enterprise resource planning (ERP) su sistemi organizovanja, definisanja i standardizacije poslovnih procesa neophodnih za efektivno planiranje i upravljanje organizacijom tako da organizacija može da koristi svoja unutrašnja znanja radi postizanja spoljnih prednosti [1].

Gable, definiše ERP sistem kao sveobuhvatno softversko rešenje - paket koje nastoji da integriše kompletan asortiman poslovnih procesa i funkcija, u cilju predavljanja kompletnog prikaza poslovanja iz jedinstvene informaciono-komunikacione arhitekture, [2]. Nešto drugačije, Rosemann definiše ERP sistem, kao prilagodljiv, standardni aplikativni softver koji uključuje integrisana poslovna rešenja za osnovne procese (npr. planiranje proizvodnje i upravljanje skladištem) i glavne administrativne funkcije organizacije (npr. računovodstvo i upravljanje ljudskim resursima), [3].

Al-Mashari i Al-Mudimigh definišu ERP sistem kao informaciono-komunikacionu infrastrukturu koja omogućava protok informacija u okviru organizacije i komunikaciju sa dobavljačima i ostalim članovima lanca snabdevanja, [4].

Davenport, Harris, i Cantrell i Laframboise i Reyes ukazuje da ERP kombinuje poslovne procese u organizaciji i predstavlja način poslovanja, a ne samo softverski paket, [5].

Kumar i Hillsgrersberg definišu ERP sisteme kao “nadogradive i izmenjive pakete informacionih sistema koji obezbeđuju integraciju informacija svih funkcionalnih delova jedne organizacije”, [6].

Iako je osnovna karakteristika jednog ERP sistema integrisano planiranje i kontrola svih relevantnih resursa jednog poslovnog sistema, zahteva se da svaki poslovni informacioni sistem poseduje sledeće osobine, da bi mogao da se kvalifikuje kao ERP rešenje:

- Fleksibilnost
- Modularnost i otvorena arhitektura
- Dostupnost
- Simuliranje realnih poslovnih okolnosti

Poštovanje definisanih poslovnih procesa, tipova i vrednosti unetih podataka kontroliše sam ERP, tj. ne dozvoljava odstupanja od predefinisanih pravila i procedura. Problem kontrole nedovršenih procesa, lista odstupanja vrednosti dobijenih obradom podataka od predefinisanih ili naučenih vrednosti, periodična izveštavanja, prikaz ekstremnih vrednosti i sl, dostupan je korisnicima kroz ERP.

Da bi korisnik dobio potrebne informacije, neophodno je da pokrene određeni izveštaj ili izvrši pregled u određenom podsistemu. Ukoliko je reč o složenim matematičkim operacijama, koje se izvršavaju nad velikom količinom podataka, moguće je i duže vreme čekanja na dobijanje željenih informacija. Često je čekanje na dobijanje ovih podataka dugo, a najčešće i nepotrebno, pošto je korisniku bitno da sazna samo vrednosti koje odstupaju, dok je nepotrebno informisanje o ispoštovanim procesima i očekivanim vrednostima. Da li će sve predefinisane kontrole biti sprovedene na ovaj način zavisilo bi od ažurnosti samog korisnika, tj. od vremena koje mu preostane od obavljanja svakodnevnih poslovnih aktivnosti. To znači, da bi svaki korisnik u zavisnosti od radnog mesta, imao dnevne, nedeljne, mesečne itd. aktivnosti koje bi se odnosile samo na analizu, tj. kontrolu, vrednosti dobijenih obradom podataka. Na ovaj način bi se deo radnog vremena

radnika trošio, iako bi većina ovih aktivnosti pokazala da je sve u redu.

Dakle, postavljaju se sledeća pitanja:

- Kako poboljšati efekat informacija dobijenih ERP-om?
- Kako smanjiti nepotrebno trošenje resursa sistema?
- Kako ERP učiniti stalno dostupnim?
- Kako naterati menadžere na reakciju?

Kako bi se ovo trošenje resursa sprečilo, javila se potreba da se sam ERP angažuje na obradi podataka i analizi dobijenih vrednosti, a da se korisnik samo obavesti o odstupanjima i nestandardnim vrednostima. Kako bi izvršavanje kontrolnih procedura bilo potpuno nezavisno od korisnika, što se tiče pokretanja i obaveštavanja, bilo je potrebno nakon automatski izvršene obrade podataka obavestiti korisnika o uočenim odstupanjima, ali ne kroz ERP. Trebalo je naći pouzdan način obaveštavanja korisnika, koji mu je stalno dostupan. Odluka je doneta da to budu obaveštenja koja će se slati putem SMS-a ili e-mail-a. Danas, kad većina korisnika ERP-a, poseduje „smart“ telefone, koji integrišu klasične servise mobilne telefonije sa servisima koju su nekad bili vezani samo sa računare, ovaj sistem slanja obaveštenja korisnicima dobija na vrednosti, kao servis koji obaveštava korisnika preko uređaja koji mu je dostupan 24/7. Osim toga, benefit je i što je moguće definisane kontrolne procedure sprovesti u tačno definisano vreme, npr. sat i minut u zavisnosti od dana u nedelji, mesecu, godini.

## 2. JEDAN NAČIN REŠENJA PROBLEMA

Rešenje definisanog problema ponudili smo izradom softvera čije se osnovne funkcionalnosti mogu svrstati u sledeće grupe:

- **Obrada podataka i samoanaliza dobijenih vrednosti od strane ERP-a** i obaveštavanje korisnika samo o neočekivanim rezultatima analize. Pod neočekivanim rezultatima analize podrazumevanju se vrednosti koje povećavaju predviđeno trošenje resursa preduzeća bez povećavanja vrednosti procesa.

ERP sistemu se kroz definisanje graničnih vrednosti karakteristike koja se posmatra, bilo da su u pitanju predefinisane ili naučene granične vrednosti, saopštava koji opseg vrednosti predstavlja dobro funkcionisanje procesa, tj. dozvoljenu vrednost karakteristike. U opštem slučaju, karakteristika ne mora imati definisane obe granične vrednosti. Tada bi za nedefinisanu donju granicu mogli staviti  $-\infty$ , tj. za nedefinisanu gornju granicu  $+\infty$ . Sistem ne šalje obaveštenja korisniku dok se vrednost karakteristike kreće u dozvoljenom opsegu, tj. između definisanih graničnih vrednosti. Kad vrednost karakteristike padne ispod donje

granice, tj. prevaziđe gornju, ERP sistem šalje korisniku odgovarajuće obaveštenje.

Praktična primena u Fabrici ulja Banat: troškove održavanja mašina poredi sa njihovom nabavnom vrednosti (kad treba razmišljati o kupovini nove mašine); iskorišćenje ulja i sačme poredi sa predefinisanim parametrima ili laboratorijskim analizama (prepoznati pad iskorišćenja i prevazići ga); odstupanja kvaliteta od predefinisanih vrednosti na analizi proizvoda (pronaći uzrok i prevazići ga); manja tara vozila na vagi pri prijemu od prethodnih za to vozilo (sumnja na tačnost količine isporučene robe); poređenje zaliha proizvoda sa predefinisanim minimalnim, optimalnim i maksimalnim vrednostima; odstupanja od normativa iz receptura (kontrola troškova repromaterijala po proizvedenoj jedinici); kontrole prijema sirovine po vozačima; učestala kašnjenja ili raniji izlasci radnika, kašnjenja u knjiženju, itd.

- **Reakcije sistema na nedovršene procedure rada.** Glavna prednost integrisanosti svih aplikacijskih područja je jednokratni unos. Ako koristite više različitih sistema, potrebno vam je mnogo vremena za ponavljajuće radnje unosa istih podataka u više sistema. To stvara niz različitih problema: gubitak vremena zbog višestrukih unosa istih podataka u različite sisteme, velika verovatnoća pojave greške, neuniformni šifarnici, nemogućnost kvalitetne analize... Ovaj problem je ERP rešio. Podatak se unosi samo jednom, a obradom prati poslovne procese preduzeća. Ipak, postavlja se pitanje koje se vreme čekanja na svaku fazu jednog procesa može tolerisati. Postoje procesi, tj. faze procesa, u kojima povećanje dužine čekanje na obradu u nekoj fazi značajno umanjuje vrednost procesa. U ovom slučaju, ERP sistemu se definišu vremena tolerancije za vremenski osetljive faze procesa. Sve dok se proces odvija u fazama na koje se čeka u okviru vremena koje se toleriše, sistem ne šalje obaveštenja korisniku. Kada se predefinisano vreme tolerancije čekanja na neku od faza procesa prevaziđe, ERP sistem šalje obaveštenje korisniku.

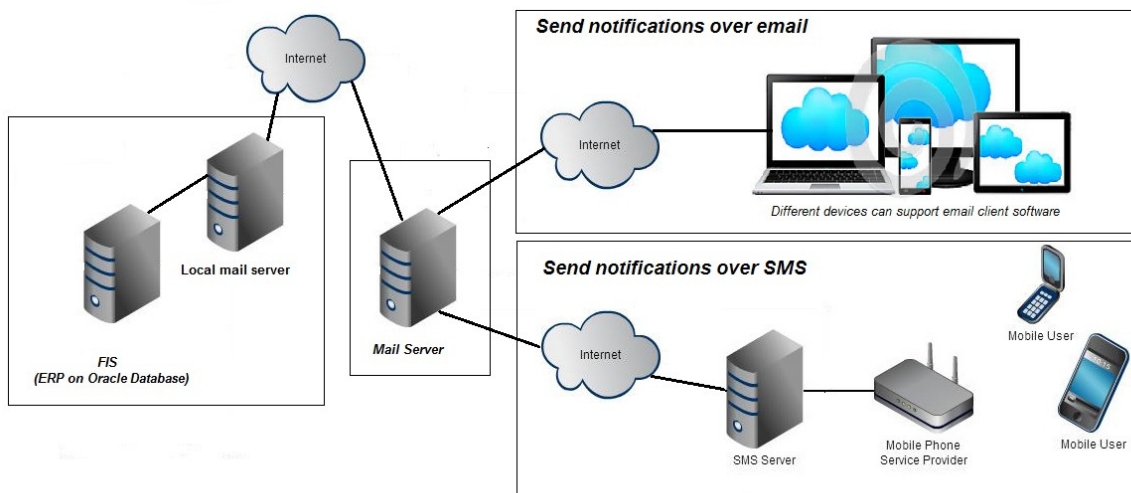
Praktična primena u Fabrici ulja Banat: trebovanja koja čekaju na izdavanje; nalozi koji čekaju na izdavanje; dokumenata koja čekaju na overu; nalozi za nabavku koji čekaju na verifikaciju; prijave kvara koje čekaju na otvaranje radnog naloga održavanja; nedovršena međuskladišna prebacivanja, itd.

- Periodično obaveštavanje korisnika sistema.**  
 Iako sam ERP omogućava korisniku dobijanje potrebnih informacija kroz pristup određenom podsystemu, ponekad se javlja potreba se korisniku dostave informacije i bez pristupa ERP-u. Ovo je od posebnog značaja u slučajevima kad treba raditi obradu podataka u tačno definisanim vremenskim intervalima i odmah obavestiti korisnika o dobijenim vrednostima obrade podataka. U ovom slučaju ERP sistem šalje obaveštenje korisniku bez obzira na vrednosti dobijenih rezultata obrade podataka.

Praktična primena u Fabrici ulja Banat: salda priliva i odliva; količine i kvalitet zaprimljene sirovine u otkupu; kvalitet i količina otkupljene sirovine po dobavljačima; količina prerađene sirovine i iskorišćenje; periodična otprema robe; poređenje plana prodaje sa realizacijom, itd.

### 3. MODEL REŠENJA

Obezbeđivanje nekih informacija korisnicima ERP-a, naročito menadžerima, ukoliko nije pravovremeno može biti beskorisno. Korisniku treba pouzadno dostaviti informaciju u vremenskom intervalu u kome je moguće da se uočena nepravilnost koriguje, tj. u kome korisnik očekuje određenu informaciju. Sistem treba postaviti tako da samoanalizom vrednosti obrade podataka može utvrditi da li treba obavestiti korisnika o dobijenim rezultatima ili ne. To se postiže definisanjem procedura, koje određuju koje su granične vrednosti karakteristika, i svako odstupanje od dozvoljenog opsega definišu kao okidač slanja obaveštenja. Da bi korisnik dobio potrebnu informaciju, kad sistem utvrdi da je potrebno poslati obaveštenje, neophodno je obaveštenje dostaviti korisniku preko stalno dostupnih medija, tj. izvestiti ga nezavisno od pristupa ERP-u. Tehničko rešenje ovog problema integriše ERP sistem sa email i sms servisima, i tako obaveštenja pouzdano dostavlja korisniku.



Slika 1 model rešenja slanja obaveštenja EPR korisniku putem e-mail/SMS servisa

Neophodno je definisati bazne procedure, koje omogućuju ERP sistemu da samoanalizom dobijenih rezultata obrade podataka može utvrditi da li treba proseliti obaveštenje korisniku.

Potrebno je automatizovati izvršavanje određene procedure u zavisnosti od obrada koje izvršava. Tako će se neke procedure izvršavati svakodnevno u definisano vreme, neke samo poslednjeg dana u mesecu itd. To je u konkretnom primeru Fabrike ulja Banat postignuto korišćenjem Job Scheduler-a u okviru Oracle Enterprise Manager-a.

Select	Name	Schema	Scheduled Date
<input type="radio"/>	JOB_OPT_ZALHE	FUBANAT	28-Jan-2014 00:00:00 +01:00
<input type="radio"/>	JOB_OTKUP_MAIL	FUBANAT	Not Scheduled
<input type="radio"/>	JOB_SMS_OTKUP_FABRIKA	FUBANAT	27-Jan-2014 20:00:00 +02:00
<input type="radio"/>	JOB_B_SIF_PROIZVOD_VRSTA	FUBANAT	27-Jan-2014 22:01:01 +02:00
<input type="radio"/>	JOB_B_ZAL_MSKL	FUBANAT	28-Jan-2014 02:43:05 +02:00
<input type="radio"/>	JOB_B_ZAL_RAZI_USKL_I_STANJA	FUBANAT	28-Jan-2014 03:39:11 +02:00
<input type="radio"/>	JOB_B_SI_I_GK	FUBANAT	20-Feb-2014 04:12:49 +02:00
<input type="radio"/>	JOB_B_KK_KB	FUBANAT	28-Jan-2014 05:50:34 +02:00
<input checked="" type="radio"/>	JOB_SMS_OTKUP_SAV_SUN_DANAS	FUBANAT	27-Jan-2014 20:36:15 +02:00

Slika 2 prikaz izgleda job schedulera

Ova aplikacija prikazuje vreme narednog izvršenja joba, poslednje vreme izvršenja, broj izvršenja, u kom je statusu job i sl. Svaki od job-ova poziva određenu Store Procedure, koja se nalazi u bazi.

Definisanje načina slanja obaveštenja i email adrese na koje treba poslati obaveštenje, tj. brojeve SIM kartica na koje se SMS prosledjuje, vrši se kroz ERP, konkretno FIS.

Naravno, pri izboru načina slanja obaveštenja korisniku, treba voditi računa o broju i vrsti karaktera koja se želi proslediti, tako da se u zavisnosti od toga bira da li će to biti obaveštenje putem e-maila ili SMS-a.

Ukoliko se želi poslati obaveštenje putem e-maila, poziva se bazna procedura, koja dobijeni sadržaj prosleđuje lokalnom mail server. Lokalni mail server zatim prosleđuje mail na navedene odredišne email adrese.

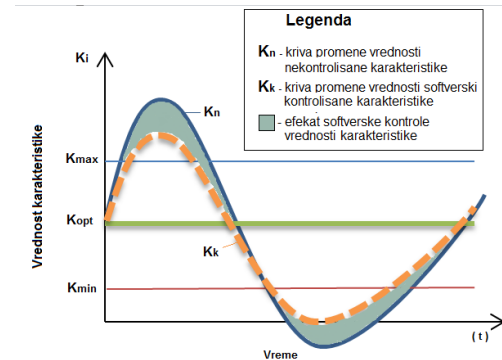
Slanje obaveštenja putem SMS-a, je nešto složenije. Pošto se pozove bazna procedura za slanje SMS-a, formatira se dobijeni sadržaj obaveštenja, svaki put sadržeći na predefinisanoj poziciji tačno jedan broj SIM kartice, na koji treba poslati obaveštenje. Taj sadržaj se u obliku maila prosleđuje lokalnom mail serveru. Lokalni mail server prepoznaje da je u pitanju mail čiji sadržaj treba proslediti na jednu predefinisanu email adresu, koja je podešena tako da sve što dobije sa lokalnog mail servera redirektuje na SMS server. Ta email adresa je registrovana kod provajdera koji omogućava prosleđivanje dobijenog sadržaja emaila na SMS. Mailovi prosleđeni na SMS server su u predefinisanim formatu, tako da servis prepozna na koji se broj prosleđuje SMS i sa kojim sadržajem. Moguće je aktivirati i izveštavanje o prispeću SMS-a na registrovanoj email adresi.

#### 4. ZAKLJUČAK

ERP sistem omogućava da se globalni ciljevi preduzeća kvantifikuju i predstave merljivim veličinama koje u svakom trenutku predstavljaju vernu i ažurnu ocenu poslovanja jednog preduzeća. Efekat implementacije ERP-a na upravljanje poslovnim procesima može se sagledati kroz povećanje produktivnosti koja se uspostavlja integracijom svih funkcionalnih celina. Na ovaj način je stvorena mogućnost kontrole i upravljanja poslovnim procesima što dovodi do: smanjenje troškova, povećanja produktivnosti, smanjenje zaliha, ubrzavanje unutrašnjih i spoljnih poslovnih procesa, standardizovanje poslovnih procesa, povećanje njihove kontrole, brži obrt obrtnih sredstava, poboljšanje usluga kupcu...

Da bi povećali benefit od implementacije ERP-a i bolje iskoristili informacije koje ERP pruža uradili smo modul koji dodatnim obradama i pravovremenim reakcijama omogućava povećanje produktivnosti kako unutrašnjih, tako i spoljnih procesa.

Predstavljeno rešenje ne meri vrednost karakteristike kontinualno, već u diskretnim predefinisanim intervalima, iako se karakteristike menjaju u vremenu. U opštem slučaju, efekat softverske kontrole jedne karakteristike procesa predstavljen je sledećim grafičkim i matematičkim modelom.



Slika 3 Grafički prikaz efekta softverske kontrole

Ako je:

- $K_n$  - kriva promene vrednosti nekontrolisane karakteristike
- $K_n(t)$  - vrednost nekontrolisane karakteristike u jedinici vremena
- $K_k$  - kriva promene vrednosti softverski praćene karakteristike
- $K_k(t)$  - vrednost praćene karakteristike u jedinici vremena
- $t_1$  - početno vreme posmatranog intervala
- $t_n$  - krajnje vreme posmatranog intervala
- $Q$  - koeficijent uticaja karakteristike na vrednost procesa
- $E_f$  - efekat softverskog praćenja vrednosti karakteristike

Imamo da je razlika vrednosti karakteristika u jedinici vremena:  $\Delta K(t) = |K_n(t) - K_k(t)|$

Dobijamo da se efekat povećanja vrednosti procesa softverskim praćenjem jedne karakteristike u posmatranom intervalu može izraziti na sledeći način:

$$E_f = \sum_{t=1}^n Q \Delta K(t)$$

Modularnost ponuđenog rešenja omogućava brzo i jednostavno dodavanje karakteristika koje se softverski prate, uvećavajući značaj prikazanog rešenja.

Temelj upravljanja i vođenja preduzeća je odlučivanje. Strateške odluke određuju ciljeve preduzeća, a sve ostale odluke se moraju njima prilagođavati. Samo jedna pogrešna odluka preduzeće može jako oštetiti, a osim toga, ako odluke nisu pravovremene odluke, preduzeće

može izgubiti svoju poziciju na tržištu. Upravo zbog toga, poslovne odluke se moraju donositi jako brzo, a ujedno moraju biti utemeljene na tačnim, pravovremenim i potrebnim informacijama. Samo takve odluke, zajedno sa iskustvenim znanjem menadžera, mogu rezultovati odlukama koje će moći odgovoriti zahtevima tržišta, [7]. Ponuđeno rešenje samostalno prepoznaje kritične tačke procesa i pravovremenim reakcijama inicira korisnika na donošenje odluke o kritičnom procesu.

## LITERATURA

- [1] APICS. The Association for Operations Management 2008.
- [2] Gable, G. "Large package software: A neglected technology." Journal of Global Information. 1998.
- [3] Rosemann, M. "ERP software characteristics and consequences." In: Proceeding of the 7th European. 1999.
- [4] "ERP implementation: Lessons from a case study. Information Technology and People." Al-Mashari, M., and Al-Mudimigh. 2003.
- [5] Davenport, T. H., Harris, J. H., and Cantrell. "Enterprise systems and ongoing process change". 2004.
- [6] Kumar, K. and Van Hillsgersberg, J. "ERP experiences and evolution. " 2000.
- [7] Borivoje Milošević, Slobodan Obradović. "Prilog data mining algoritama i tehnike" YuInfo, 2012.

# MOBILNA APLIKACIJA ZA ELEKTRONSKI RASPORED ČASOVA

## MOBILE APPLICATION FOR AN E-TIMETABLE

Andrija Karadžić<sup>1</sup>, Ognjen Letić<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorija vojnoelektronskih sistema

Vojna akademija Univerziteta odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – Vojna akademija je naučno obrazovna institucija sa dugom tradicijom, koja godinama stvara vrhunske kadrove u mnogim oblastima nauke i naučnog rada. Jedna od specifičnosti VA u odnosu na ostale visokoškolske ustanove je i to što se u njoj vrši školovanje verovatno najvećeg broja različitih smerova i modula iz različitih oblasti kako prirodnih tako i društvenih nauka. Školovanje kadrova se postiže kroz veliki broj nastavnih sadržaja u više vrsta i oblika. Sve to stavlja veliki teret na osoblje koje se bavi planiranjem nastave, i predstavlja veliki napor za organizaciju nastavnog procesa. Svrha ovog rada je da predstavi efikasniji način za vođenje evidencije o organizaciji nastave, kroz formiranje elektronskog rasporeda časova, koji bi značajno olakšao pristup potrebnim informacijama o nastavi studentima, a i nastavnicima.

**Abstract** – The Serbian Military Academy is an educational facility with a long tradition, that has been producing very skilled military staff in many areas of research and scientific work. One of the distinctive characteristics of MA is that it performs the qualification of a vast variety of study programmes and modules from different parts of both social and natural aspects of science. The education of students is achieved through a great number of educational content, all of different types and kinds. It all comes with great problems for the planning of the process, and makes the organisational tasks rather complicated. The purpose of this work is to present an efficient way to keep records of the organisation of the educational process, through the forming of an e-timetable, that would significantly simplify the access to vital information to both students and teachers engaged in the lectures.

### 1. UVOD

Organizacija nastavnog procesa na Vojnoj akademiji predstavlja kompleksan proces, usled činjenice da na istoj postoji veći broj studijskih programa na osnovnim, master kao i doktorskim studijama. Formiranje rasporeda časova mora da zadovolji uslov da ne postoje preklapanja u sistemu, kao i da se pred studente ne postave nemogući zahtevi (u određenim situacijama vreme potrebno da se pređe rastojanje između dve učionice je veće od pauze između časova). Raspored časova se

trenutno formira ručno, uz mnoštvo provera, koje se opet moraju ručno odraditi. Zatim, taj raspored se mora proslediti zainteresovanim stranama, kao što su: katedre, komanda, arhiva i svi učesnici u nastavnom procesu. Raspored se zainteresovanim stranama prosleđuje u celovitosti, što znači da svi dobijaju kompletan raspored, za sve studijske programe na svim studijama, a postoji potreba za samo jednim delom dostavljenog rasporeda. To uslovljava ogroman, a nepotreban utrošak materijala, prvenstveno papira, koje predstavlja i veliki novčani utrošak. Dalje, javlja se problem dostavljanja tog rasporeda svim učesnicima, jer treba dostaviti veliki broj kopija na veliki broj mesta. Takođe, javlja se i problem u slučaju eventualnih izmena rasporeda jer je potrebno vreme da ažurirani rasporedi stignu do korisnika.

Zahtevi koji se postavljaju pred ovaj rad su:

- mogućnost pregleda rasporeda časova po raznim kriterijumima,
- mogućnost definisanja različitih grupa korisnika,
- obezbeđenje momentalne vidljivosti svih promena u rasporedu časova,
- skraćivanje vremena za pristup rasporedu časova,
- implementacija relativno jednostavnog i vizuelno preglednog korisničkog interfejsa.

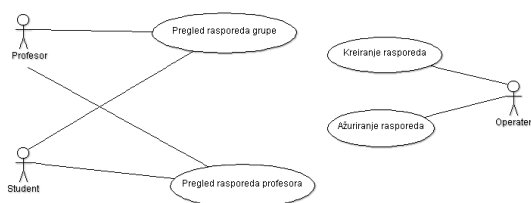
### 2. ANALIZA ZAHTEVA

Nakon razmatranja svih postavljenih zahteva i razmatranjamogućih opcija za što lakše i kreativnije rešenje kako napraviti ovu mobilnu aplikaciju, zaključeno je da bi ovaj projekat trebalo realizovati u razvojnom okruženju Eclipse, za korišćenje na Android mobilnoj platformi.

Kao sistem za upravljanje bazom podataka (SUBP) izabran je MySQL.

Za realizaciju skripti za komunikaciju na relaciji SUBP – aplikacija korišćen je jezik za skriptovanje PHP.

Aplikaciju mogu da koriste tri grupe korisnika. Na slici 1 prikazan je dijagram slučajeva korišćenja aplikacije.



Slika 1. Dijagram slučajeva korišćenja

Prvu grupu korisnika čine studenti koji imaju pristup rasporedima svojih nastavnih grupa i rasporedu profesora koji im drže predavanja.

Drugu grupu korisnika čine profesori koji imaju pristup svom rasporedu i rasporedu grupa kojima drže predavanja.

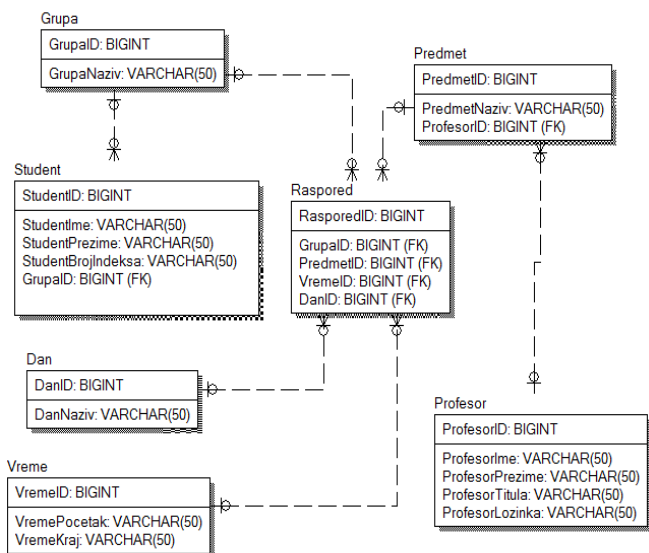
Operateri predstavljaju grupu korisnika koji su zaduženi za kreiranje i modifikaciju rasporeda časova.

Aplikacija je osmišljena tako da korisnik nemože direktno pristupiti bazi podataka, već koristi samo ono što mu je ponuđeno od opcija u aplikaciji.

### 3. DIZAJN REŠENJA

Za implementaciju aplikacije korišćeno je razvojno okruženje Eclipse, za kreiranje skripti NetBeans, a baza podataka izrađena je u SUBP MySQL [1][2][3].

U bazi podataka nalaze se podaci o svim studentima i pohađačima nastave, kao i predmetima i predmetnim profesorima. Na slici 2 prikazan je logički model podataka realizovane baze podataka sa potrebnim entitetima i ostvarenim vezama između njih.

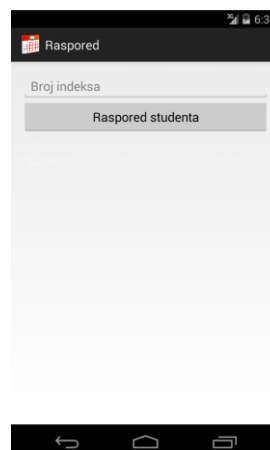


Slika 2. Logički model podataka baze podataka

### 4. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

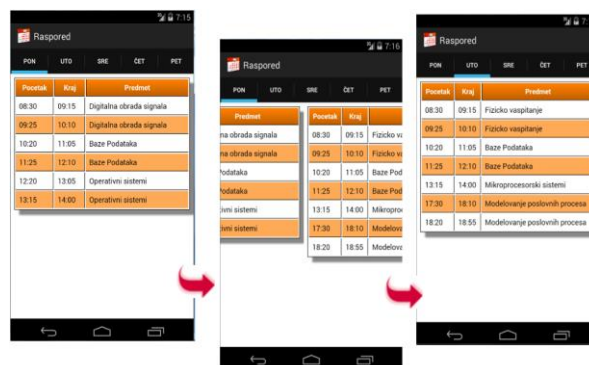
Korisnički interfejs dizajniran je tako da omogući što jednostavniji i vizuelno pregledniji pristup podacima od strane korisnika.

Rešenje je realizovano tako da korisnik pristupa početnoj stranici aplikacije na kojoj unosi podatke koji su potrebni za identifikaciju. Na primer, student koji želi da vidi svoj raspored časova unosi svoj broj indeksa, kao što je prikazano na slici 3, nakon čega prelazi na sledeću stranicu u aplikaciji, gde mu se izlistava njegov raspored.



Slika 3. Izgled stranice za unos podataka

Na slici 4 prikazan je primer izlistavanja rasporeda jednog studenta i prelazak na raspored za naredni dan.



Slika 4. Izgled rasporeda za jednog studenta

Student na ovaj način može brzo pregledati raspored na nedeljnom nivou. Aplikacija omogućava studentima da pregledaju raspored grupe kojoj pripadaju, kao i rasporede predmetnih profesora, što olakšava situacije kao što je određivanje termina za konsultacije koji bi odgovarao obema stranama.

Sa druge strane, profesori imaju mogućnost pristupa svom rasporedu i rasporedu grupa koje pohađaju predmete na kojima su oni predavači, što njima omogućava da, na primer, planiraju nadoknade časova, ili dopunsku nastavu.

Operateri iz studentske službe ažuriraju bazu podataka rasporedima svih nastavnih grupa na svim nivoima školovanja, što je odmah vidljivo na aplikaciji. Time korisnici dobijaju ažuran uvid u raspored svojih nastavnih obaveza.

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultat ovog rada je mobilna aplikacija koja bi trebalo da umnogome olakša posao svim učesnicima u nastavnom procesu - planerima nastave, studentima i profesorima. Predložena aplikacija je realizovana kao *Android* aplikacija i omogućava rad u mrežnom okruženju. Aplikacija se može prilagoditi i civilnim strukturama što može doprineti unapređenju edukativnog procesa.

Baza podataka u predloženom rešenju realizovana je tako da omogućava brzi unos i automatsku proveru podataka, što olakšava rad i smanjuje mogućnost greške operatera. U daljem radu planirano je poboljšanje bezbednosti celokupnog rešenja i razvoj za druge mobilne platforme.

## LITERATURA

- [1] Wei-Meng Lee: *Android 4 razvoj aplikacija II* izdanje, 2012. godine
- [2] <http://stackoverflow.com/>
- [3] <http://developer.android.com/training/>



## DIZAJN I IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA TEHNIČKU PODRŠKU U UPRAVI ZA ZAJEDNIČKE POSLOVE REPUBLIČKIH ORGANA

Tatjana Kovačević<sup>1</sup>, Vjekoslav Bobar<sup>2</sup>

*Micro Business Solutions doo<sup>1</sup>*

*Uprava za zajedničke poslove republičkih organa<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu je opisano na koji način je dizajniran i implementiran sistem za tehničku podršku u Upravi za zajedničke poslove republičkih organa Vlade Republike Srbije, po pitanju funkcionalnih zahteva, tehničke realizacije i implementacije.

**Abstract** - This paper describes design and implementation of system for technical support in the Administration for Joint Services of the Republic Bodies in Serbian Government, in terms of functional requirements, technical realization and implementation.

### 1. UVOD

Uprava za zajedničke poslove republičkih organa Republike Srbije (u daljem tekstu Uprava), kao organ državne uprave, obavlja stručne, tehničke i druge zajedničke poslove za potrebe Vlade, ministarstava, posebnih organizacija i drugih državnih organa u skladu sa zakonom i Uredbom o Upravi [1].

Navedeni poslovi odnose se pre svega na pružanje usluga informatičke podrške radu organa državne uprave, ugostiteljskih usluga, usluga transporta, investicija i održavanja kao i pravnih i finansijskih usluga. U toku obavljanja ovih aktivnosti pojavila se potreba za realizacijom odgovarajućeg sistema za tehničku podršku koji bi omogućio efikasniji i transparentniji rad Uprave, sa jedne strane, i olakšao komunikaciju organa sa Upravom, sa druge strane.

Upravo jedan takav sistem opisan je u nastavku ovog rada.

### 2. TEHNIČKE PRETPOSTAVKE, ZAHTEVI I ODABIR TEHNOLOGIJE

Sistem za tehničku podršku u Upravi predstavlja moderan i funkcionalan softverski sistem koji se sastoji od web aplikacije kojoj korisnici pristupaju preko web pretraživača i windows dela kome korisnici pristupaju iz intraneta. Kompletan sistem tehnološki je postavljen na Microsoft .NET tehnologiji (C#, SQL Server, WPF), uz korišćenje .NET framework 4.0 [2]. Baza podataka je postavljena na SQL Server 2008 R2, a za izveštaje se koristi Report server, koji je deo SQL server-a [3].

Za rad sistema iskorišćen je serverski računar, na kome je instalirana aplikacija i baza podataka, kao i jedan ili više računara sa kojih se pristupa toj aplikaciji putem windows interfejsa i putem web pretraživača.

Zahtevi koji su bili postavljeni pred realizaciju sistema su:

1. da sistem bude performantan zbog potencijalno velikog broja zahteva;
2. da sistem bude skalabilan zbog potencijalno velikog broja korisnika;
3. da sistem radi na starim i novim klijentskim računarima zbog situacije sa raznolikošću platformi;
4. da jedna aplikacija ima mešoviti web i windows interfejs.

Inspiracija za korišćenje tehnologije kao što je WPF (Windows Presentation Foundation) [4] dolazi od jasnog projektnog zahteva za skalabilnošću i performansama sistema koji treba da omoguće rad velikom broju korisnika koji pristupaju sa računara novijih i starijih generacija, kao i relativno specifičnog zahteva da funkcionalno jedna aplikacija ima oba interfejsa – windows i web interfejs.

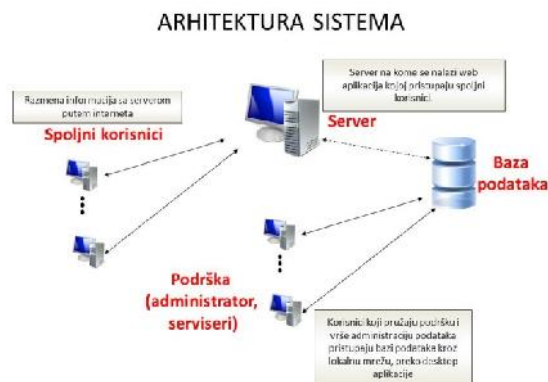
WPF je jedna od četiri nove tehnologije koje su prvi put predstavljene u .NET framework-u 3.0 i po svojoj prirodi predstavlja bogat skup biblioteka za programiranje korisničkog interfejsa koji je dostupan programerima i dizajnerima preko deklarativnog jezika nazvanog XAML („*Extensible Application Markup Language*“) [5].

Izbor je vršen između tehnologija kao što je GDI („*Graphics Device Interface*“) [6] koje omogućavaju razvijanje osnovnog korisničkog interfejsa i tehnologija kao što su DirectX i OpenGL za razvijanje sofisticiranijeg i kompleksnijeg korisničkog interfejsa. Dosadašnji način programiranja GUI-ja („*Graphical User Interface*“) uz korišćenje Microsoft-ovih tehnologija je podrazumevao Windows Forms biblioteku [7].

*Windows Forms* se oslanja na Windows API, 20 godina staru biblioteku elemenata korisničkog interfejsa kao što su prozori, buttons, check buttons, tekstualna polja i drugi. Svaki element ima svoj prikaz na ekranu i mora da čeka *Draw* event da bi se prikazao na ekranu. Proces iscrtavanja ne koristi GPU („*Graphics Processing Unit*“ odnosno „*Procesor Graficke Kartice*“), već ceo posao odraduje CPU („*Central Processing Unit*“), tako da ne postoji mogućnost iskorišćavanja prednosti modernih grafičkih kartica.

Sve opisano WPF menja na način da uvodi novi model sa drugačijom logikom koja je zasnovana na DirectX-u [8]. WPF striktno, ali s druge strane fleksibilno u smislu integracije, razdvaja korisnički interfejs i programsku logiku. Aplikacija izrađena ovom tehnologijom može biti štamena u rad i na desktop računarima ali i na webu, gde samo pomoću jednog programskog jezika mogu da se razviju aplikacije za skoro bilo koju svrhu.

Ono što čini osnovu WPF-a je njegov atraktivan izgled koji se postiže u jednom alatu i integracija svega što je potrebno za to kao npr. korisnički interfejs, manipulacija 2D i 3D slikama i mogućnost crtanja istih, manipulacija dokumentima, vektorska i rasterska grafika, 3D animacije, povezivanje na razne tipove podataka, manipulacija zvukom i video zapisom, i sl. Sve ove osobine nisu preko potrebne u projektu razvoja sistema za tehničku podršku u Upravi, ali s obzirom na korišćenje WPF-a, sistem za tehničku podršku kreiran je na način da je performantan, proširiv, skalabilan i veoma lako portabilan na različite platforme. Jednom rečju, sistem je interoperabilan.



Slika 1. Logička arhitektura sistema

Posebna prednost koja je važna za ovu implementaciju je što su klijentske instalacije izuzetno male obzirom da ovakav alat omogućava da poslovna logika bude smeštena niže - na serveru, te je pogodan za infrastrukturu sa jakim serverima i slabim klijentskim računarima.

Kao takav, sistem obezbeđuje konzistentan programski model za izgradnju aplikacija i obezbeđuje jasnu razliku između korisničkog interfejsa i poslovne logike.

### 3. LOGIČKA ARHITEKTURA SISTEMA I FUNKCIONALNI ZAHTEVI

Detaljna systemska analiza funkcionalnih zahteva sadrži jasno definisane projektne uloge učesnika u razvoju sistema i ista je izvršena prolaskom kroz sve procese koji su predmet realizacije.

Tek nakon obavljene sistem analize prešlo se na dalje faze projektovanja uz napomenu da je projektovanje obavljeno prema CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) metodologiji [9].

U sistemu postoji nekoliko tipova korisnika (videti sliku 1):

- *Regularni korisnik* – koji ima mogućnost prijave zahteva i pregleda statusa zahteva koji je poslao
- *Organizator* – koji vrši raspodelu pristiglih naloga i potvrđuje da li je neki zahtev završen ili ne
- *Serviser* – koji rešava zahteve koji su mu dodeljeni
- *Administrator sistema* – koji ima pristup celom sistemu
- *Operater (call centar)* – koji obavlja prijem zahteva putem telefona i njihovo unošenje u aplikaciju

Sistem za tehničku podršku omogućava da se kroz isti prate i realizuju zatevi za obavljanje različitih vrsta poslova od strane Uprave, a prema organima državne uprave.

Kao ilustrativni primer, za potrebe ovog rada, opisano je na koji način se sistem koristi u postupku održavanja informatičkih uređaja. Takvo održavanje može biti u garantnom roku od strane dobavljača, van garantnog roka od strane spoljnih saradnika sa kojima postoji potpisan ugovor i interno održavanje od strane servisne službe Uprave.

Korisnik sistema putem web pretraživača pristupa aplikaciji. Nakon prijavljivanja na sistem, korisniku se prikazuje forma za podnošenje zahteva. Korisnik u nju unosi sve neophodne podatke, nakon čega potvrđuje da želi da podnese zahtev.

Slika 2. Unos zahteva

Kada zahtev putem web aplikacije uđe u sistem, on se nalazi u statusu *Kreiran*. Takav zahtev se dalje dodeljuje serviseru i određuje se prioritet zahteva, te zahtev menja status u *Primljen*, a korisniku koji je podneo zahtev šalje se e-mail sa informacijom o broju zahteva u sistemu, prioritetu, procenjenom vremenu realizacije, kao i informacije o serviseru kome je dodeljen zahtev (poslednje tri stavke prikazuju se po potrebi).

Ime korisnika	Datum prijave	Status	Prilika
Milica Markovic	14.11.2014	U toku	Urgentno
Marko Petrovic	15.11.2014	Završeno	Normalno

Slika 3. Pregled podnetih zahteva sa statusima

Postoji verovatnoća da jedan zahtev sadrži više stavki koje se rešavaju na različite načine, u kom slučaju se on deli na manje zahteve koji se rešavaju odvojeno. Moguće je da u tom slučaju početni zahtev koji je stigao bude delimično rešen. Početni zahtev može da se zatvori tek kada se svaki od ovih manjih zahteva zatvori.

Ime korisnika: Marko Petrovic  
 Datum prijave: 15.11.2014  
 Status: Završeno  
 Prilika: Normalno

Slika 4. Pregled rešenih zahteva

Korisnici koji problem prijave preko sistema, imaju mogućnost praćenja statusa njihovog zahteva, dok oni koji su problem prijavili telefonskim putem, nemaju tu mogućnost. Operater ima mogućnost praćenja statusa zahteva koje je prijavio, u svoje ili u ime nekog drugog. Da bi video status zahteva, korisnik mora da se prijavi na web aplikaciju i odabere opciju za pregled statusa zahteva.

U sistemu za tehničku podršku vodi se stanje rezervnih delova kako bi moglo da se evidentira koji rezervni delovi su utrošeni prilikom rešavanja nekog zahteva. Kada obavi intervenciju, serverer kroz web aplikaciju unosi detalje vezane za obavljenju intervenciju. Pored opisa šta je uradio kako bi rešio zahtev kao i koliko je vremena utrošio na realizaciju zahteva, korisnik kroz sistem i evidencija utrošenih delova. Troškove popravke potom može da vidi serverer i osobe sa većim privilegijama.

Postoji mogućnost da se zahtev vrati od serverera i da se dodeli nekom drugom servereru, uz komentar zašto se radi promena, u tom slučaju prati se istorija ovakvih dešavanja. Takođe, postoji i mogućnost da se zahtev prosledi spoljnom saradniku (npr. šalje se oprema na servis), pod uslovima predviđenim ugovorom o održavanju. U ovom slučaju prati se vreme realizacije zahteva, kako bi moglo da se prati odstupanje od

ugovorenog. Istovremeno, sistem nudi i mogućnost da više zahteva imaju zajedničko rešenje, te se prilikom zatvaranja zahteva obeleže i ostali zahtevi koji su tim zatvaranjem rešeni.

Korisnik koji je podneo zahtev ima mogućnost da isti i stornira. Pored korisnika koji je zahtev podneo, zahtev mogu stornirati i ovlašćena lica.

Nakon što je zahtev završen, korisnik kroz sistem ima mogućnost da uloži reklamaciju na rešenje zahteva. To znači da u određenom vremenskom periodu, korisnik može ponovo da otvori zahtev koji je završen. Nakon isteka perioda za reklamaciju, korisnik više ne može da otvori stari zahtev, nego mora da otvori novi zahtev.

Rešavanjem zahteva formira se baza znanja gde servereri mogu da pronađu rešenja za zahteve koje su ranije rešavali uz napomenu da je potrebno omogućiti kreiranje početnog stanja za bazu znanja.

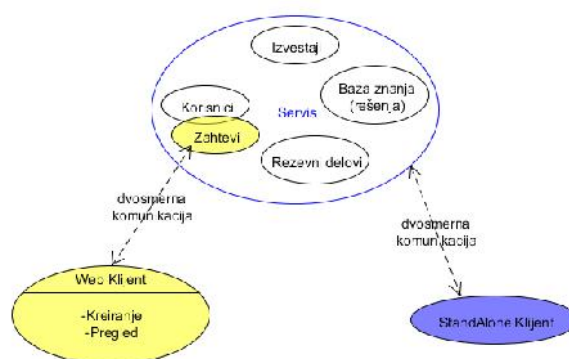
#### 4. TEHNIČKA ARHITEKTURA I REALIZACIJA

Sistem za tehničku podršku realizovan je na način da se sastoji od pet funkcionalnih celina: korisnici, zahtevi, baza znanja, rezervni delovi i izveštaji.

Navedenih pet celina realizovane su preko tri komponente:

- servis (serverski deo sa poslovnom logikom),
- web klijent i
- stand alone (desktop) klijent.

Funkcionalnosti, tj. poslovna logika data je u delu servis, dok klijenti preuzimaju funkciju prikaza podataka i pozivanje funkcionalnosti servisa.



Slika 5. Arhitektura

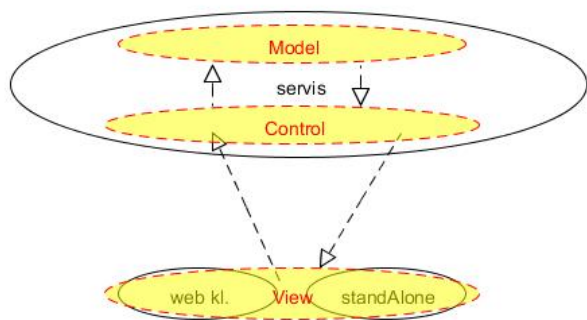
Arhitektura sa slike 5., nameće nešto što je veoma poželjno u modernom programiranju, a to je Model-View-Control pattern (MVC) [10] koji nosi ideju da se ove tri celine odvoje, tako se ustvari odvaja biznis logika (control) od podataka i prikaza tih podataka što kasnije nosi razne beneficije.

Glavne prednosti MVC arhitekture su ponovno korišćenje programskog koda i podela sistema na međusobno

nezavisne celine, a odatle proizilaze i ostale prednosti. Projekti su mnogo sistematičniji, njihovi pojedinačni delovi se mogu lako menjati i poboljšavati, a kod pisanja na ovaj način je neuporedivo lakše testirati. Pored ovoga, paralelni razvoj aplikacije se može lako organizovati i samim tim se povećava produktivnost.

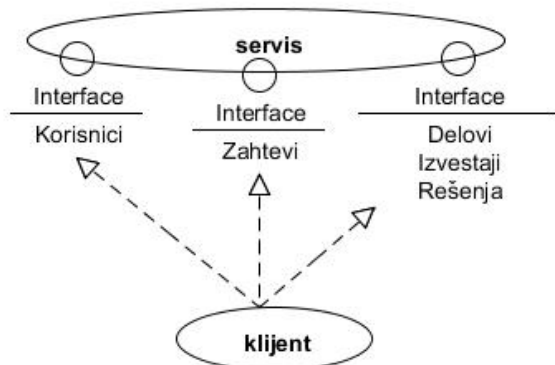
Međutim, MVC ima i svoje nedostatke koji se manifestuju u tome da je previše kompleksan za implementaciju kod razvoja manjih aplikacija i njegovo korišćenje u tim slučajevima dovodi do pogoršanja kako dizajna tako i performansi.

Takođe, ponekad se može desiti da usled čestih promena modela, *View* bude preplavljen zahtevima za izmenu. Ukoliko on služi za prikazivanje sadržaja kojem je potrebno određeno vreme za renderovanje, česti zahtevi za izmenu mogu dovesti i do kašnjenja.



Slika 6. MVC pattern

Komunikacija između klijenata i servisa, kako bi se izbeglo ovo eventualno usko grlo, treba da se razbije na više delova. Naime, za svaku funkcionalnu celinu (ili manji skup neopterećenih celina) otvara se novi port na servisu preko kojeg komuniciraju klijenti u zavisnosti od toga nad kojim podacima rade (videti sliku 7).



Slika 7. Komunikacija između klijenata i servisa

U sistemu za tehničku podršku postoji pet tipova korisnika (regularni korisnik, organizator, serviser, administrator, operater) i različiti nivoi pristupa po svakom tipu korisnika.

Operater je regularni korisnik kod koga se čuvaju dodatne informacije o operateru kad on unese zahtev, a administrator je nadkorisnik koji videti sve, te su pravi tipovi korisnika samo regularni korisnik, serviser i operater. Prava korisnika se ograničavaju preko pristupa grafičkim komponentama.

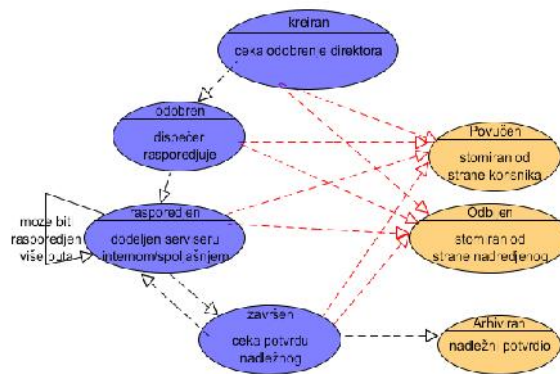
Kako bi sistem autorizacije bio prilagodljiv i kako dodela i promena prava mogla da se realizuje na najlakši način predstavljen je problem preko pet tabela u bazi: *uloga*, *korisnik-uloga*, *uloga-pravo*, *pravo* i *kontrola-pravo*.

Na ovaj način, jednom korisniku može da se dodeli više uloga, a svakoj ulozi više prava, a za svako pravo koje su kontrole vidljive. Tako se pri otvaranju svake forme prvo proverava sta je vidljivo za tog korisnika (kontrole koje su predmet autorizacije inicijalno su nevidljive).

Korisnik-Uloga	Uloga	Uloga-Pravo	Pravo
korisnikID ulogaID	ID Opis	ulogaID pravoiD	ID Opis

Slika 8. Realizacija korisničkih privilegija

Zahtev korisnika treba da prodje kroz pet stanja da bi završio svoj ciklus, s tim što iz svakog stanja osim finalnog može da bude stopiran. U zavisnosti u kom je stanju zahtev, vidi ga i menja druga uloga korisnika (videti sliku 9) [11].



Slika 9. Realizacija zahteva

Sama klasa 'zahtev' i logika menjanja stanja je implementirana preko Observer pattern-a.

U bazu znanja spadaju intervencije serviseru i zahtevi. Kako bi podaci bili što verodostojniji serviseru je omogućeno da izmeni zahtev. Na kraju sledi detaljni izveštaj o zahtevu, gde serviser pretražuje bazu znanja o tome šta je bio kvar i kako je rešen.

*Servis* je realizovan u WCF tehnologiji, uz jezike C#.NET i SQL. Interfejs ima mogućnosti da vrati objekat svake klase i listu objekata svake klase. Takođe može da primi objekat radi insertovanja i ažuriranja, dok samo neke klase imaju mogućnost brisanja.

*Stand alone klijent* je napravljen u WPF tehnologiji korišćenjem jezika C#.NET za konstrukciju i CSS za dizajn. Unutrašnja struktura desktop aplikacije sadrži tri sloja: *Model View* koji sadrži forme i *network sloj* koji komunicira sa servisom [12]. Na ovakvoj strukturi su implementirane sve mogućnosti koje servis pruža.

*Web klijent* je takodje u WPF tehnologiji. Čine ga potrebni delovi (podnošenje i pregled zahteva) iz StandAlone klijenta koji su preorijentisani na web. Tu opciju podržava WPF tehnologija promenom određenih tagova.

#### 4. ZAKLJUČAK

Prikazana arhitektura sistema za tehničku podršku u Upravi sama po sebi predstavlja platformu za dalji razvoj komponenti i funkcionalnosti prema specifičnim potrebama u konkretnom slučaju.

Uz korišćenje WPF i MVC arhitekture postignuto je zadovoljenje zahteva koje je projekat postavio po pitanju performansi i skalabilnosti kao i raznolikosti generacija klijentskih računara i dvojakom interfejsa.

Kroz detaljnu analizu funkcionalnih zahteva obavljena je detaljna analiza sistema koji je bilo potrebno realizovati. Korišćenjem CMMI modela za projektovanje smanjeni su rizici implementacije, a navedena platforma omogućila je jednostavnu i pouzdanu implementaciju i efikasno korišćenje u praksi.

#### LITERATURA

[1] Uredba o Upravi za zajedničke poslove republičkih organa, Službeni glasnik RS broj 63/13.

[2] Microsoft .NET, <http://www.microsoft.com/net>

[3] Microsoft SQL Server, <http://www.microsoft.com/en-us/sqlserver/get-sql-server/try-it.aspx>

[4] Windows Presentation Foundation, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms754130\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms754130(v=vs.110).aspx)

[5] XAML Overview (WPF), [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms752059\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms752059(v=vs.110).aspx)

[6] Windows GDI, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd145203\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd145203(v=vs.85).aspx)

[7] Windows Forms, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd30h2yb\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd30h2yb(v=vs.110).aspx)

[8] The Microsoft DirectX® End-User Runtime, <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=35>

[9] Capability Maturity Model Integration, [http://en.wikipedia.org/wiki/Capability\\_Maturity\\_Model\\_Integration](http://en.wikipedia.org/wiki/Capability_Maturity_Model_Integration)

[10] Model-View-Controller, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx>

[11] Micro Business Solutions d.o.o., Funkcionalna specifikacija za sistem za tehničku podršku Uprave za zajedničke poslove republičkih organa, Beograd, 2013.

[12] <http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/cc188690.aspx>

# PLANIRANJE CRM BAZE PODATAKA

## PLANNING CRM DATABASE

Marija Obradović<sup>1</sup>, Vladan Obradović<sup>2</sup>  
*Javno preduzeće „Pošta Srbije“<sup>1</sup>*  
*Preduzeće za telekomunikacije „Telekom Srbija“ a.d.<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – CRM (Customer Relation Management) ili upravljanje odnosom sa klijentom predstavlja poslovnu strategiju koja je danas zastupljena u većini preduzeća. U ovom radu ćemo izneti pristup i način planiranja baze podataka koja obuhvata sve relevantne činjenice o klijentu i na taj način olakšava donošenje pravovremenih i ispravnih odluka za preduzeće, kako rukovodstva tako i tehničke službe.

**Abstract** - CRM (customer Relation Management) or management relationship with the client is a business strategy which is today presented in most firms. In this work we will talk about approach and manner of planning database, which includes all the relevant facts about client and in this way makes it easier for management, how and technical services to delivering timely and correct decision for firm.

### 1. UVOD

Kod savremenih preduzeća CRM predstavlja neizbežan deo korporativne strategije jer se uvida besmislenost logičkog razdvajanja pojedinih podsistema. CRM nam omogućava da prikupimo sve informacije na jedno mesto unutar preduzeća, a po mogućstvu i van njega, radi pružanja jedinstvene slike o svakom korisniku ponaosob. CRM predstavlja proces koji je dobro izbalansiran između segmenata tehnoloških alatki, poslovnih procesa i ljudskih resursa.

Ukoliko se preduzeće opredeli za CRM potrebno je prevashodno da obezbedi pravu tehnologiju koja će omogućiti unapređenje poslovnih procesa kao i brzinu i lakoću u samom radu. Tehnološki deo najčešće podrazumeva softverske alatke, aplikacije, koje su podrška ukupnom upravljanu odnosima sa klijentima.

### 2. ELEMENTI CRM - a

Elementi sami po sebi mogu delovati odvojeno i mnoge kompanije koje nude celokupno rešenje u suštini se baziraju na jedan od tri elementa.

Operativni CRM koji se bavi unosom informacija o pojedinačnom klijentu u informacioni sistem pomoću aplikacije predviđene za tu namenu. Ovakve aplikacije imaju mogućnost unošenja novih podataka od značaja za klijenta koji se unose u bazu podataka bez ikakve analize.

Kolaborativni CRM nam omogućava interakciju sa korisnikom preko svih raspoloživih medija (telefon, VoIP, e – mail, WAP...). Dakle sva komunikacija prema korisnicima se odvija preko kolaborativnih dela CRM – a.

Analitički CRM je zadužen za prikupljanje, skladištenje, ekstrakciju, integraciju, procesiranje, interpretaciju, distribuciju, korišćenje i izveštavanje prikupljenim podacima o korisniku kako bi zadovoljio obe strane i korisnika i preduzeće.[1]

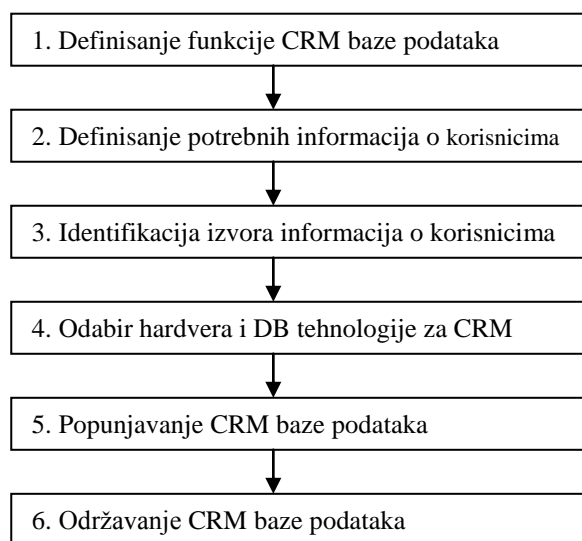
Ovaj deo sistema je najkompleksniji i najskuplji, on nam detaljnom analizom mnoštva podataka na osnovu ekspertsih znanja kreira sliku o svakom klijentu ponaosob.

### 3. ŠTA JE CRM BAZA PODATAKA

CRM baza podataka ne predstavlja običnu bazu korisnika već je reč o mnogo kompleksnijoj bazi. Velika preduzeća često nemaju jednu bazu korisnika već i do nekoliko desetina, koje sadrže podatke o korisniku porikupljenih sa različitih gledišta. CRM baze podataka mogu se odražavati u više funkcionalnih celina – prodaju, marketing, servis, logistiku i račune – od kojih svaki služi za različite operativne svrhe. Odnosno, ova baza podataka može sadržati prilično različitih zapisa o korisniku. [2]

### 4. RAZVOJ CRM BAZE PODATAKA

Svaka baza podataka sadrži tabele (datoteke) koje su definisane po jednoj temi, tipa ime i prezime, JMBG, datum sklapanja ugovora... svaka tabela sadrži red sa nizom elemenata podataka. Dati podaci se mogu organizovati po kolonama (setovima) unakrsno. CRM baza podataka nam nudi mogućnost proširivanja i reorganizacije svojih tabela. U izradi CRM baze podataka postoje šest glavnih koraka prikazanih na slici 1.



Slika 1. Koraci stvaranja CRM baze podataka

### 1. Definisanje funkcije CRM baze podataka

CRM baza podataka podržava strateški, operativni, analitički i kolaborativni oblik.

Strateški oblik CRM – a nam predstavlja podatke o potrebama tržišta, kupcima, konkurentima, tržišnim ponudama i potencijalima, kako bi menadžment preduzeća imao uvid u ciljnu grupu za sticanje novih, zadržavanje postojećih korisnika i njihov razvoj, kao i kreiranje novih promotivnih ponuda u budućnosti. Kolaborativna CRM implementacija obično koristi analitičke i operativne podatke kako bi preduzeće bilo na usluzi samom korisniku. Analitički CRM koristi podatke koji su vezani za podršku, servis i marketing u cilju donošenja odluka koje će u budućnosti doprineti povećanju vrednosti za i od kupca. Odras operativne i analitičke svrhe jesu vezani podaci koji su obično organizovani u dva podskupa. Operativni podaci su smešteni u OLAP (Online Analytical Processing) bazi podataka, takođe je u datoj bazi smešten i niz analitičkih podataka, iz kojih možemo dobiti informaciju iz većeg broja internih i eksternih izvora, koji u svakom trenutku moraju biti precizni i tačni.

### 2. Definisanje informativnih zahteva

„Koje informacije su potrebne?“ je pitanje koje najčešće daje odgovore o kakvoj vrsti CRM – a je reč. Uobičajeno je za ovu bazu podataka da potražimo odgovore od menadžera koji se bave prodajom, marketingom, servisom kao i onih menadžera koji donose strateške odluke za preduzeće. Svaki od pomenutih nivoa menadžmenta će za sebe zahtevati različite vrste informacija koje su od interesa za njihov nivo rukovođenja. Kako bi omogućili adekvatan i pravovremen pristup podacima neophodno je vezati se za određenu CRM aplikaciju koja će omogućiti tačne odgovore na sva pitanja u nekoliko „klikova“. U cilju kreiranja izveštaja koji se tiču određenih delova poslovnih procesa potrebno je sačiniti procedure koje će na najbrži i najtačniji način pružiti informacije. Pojedine kompanije nude uz CRM bazu podataka i softversko rešenje koje podrazumeva njihovu administraciju. Takođe postoje i open source rešenja koja su pogodna za preduzeća koja u svojoj organizacionom profilu imaju i IT službu koja će administrirati kako bazu podataka tako i samu aplikaciju.

### 3. Identifikacija izvora informacija o korisnicima

Informacije koje su sadržane u CRM bazi podataka mogu biti interne ili eksterne. Dobra izgradnja baze podataka podrazumeva i učešće u procesu rada preduzeća koje tu bazu zahteva. Interni podaci predstavljaju većinu podataka koje će sadržati CRM baza. Određena preduzeća posluju i preko svojih partnera, u tim slučajevima bi trebalo planirati bazu tako da bude slobodna za unos i eksternih podataka od različitih poslovnih partnera. Uzimajući u obzir organizacionu strukturu preduzeća interni podaci se mogu svrstati u više funkcionalnih oblasti. Jedna od oblasti je marketing koja ima potrebe za podacima tipa veličine tržišta, potražnje za uslugom/proizvodom... Prodaja koja podrazumeva podatke o izvršenim transakcijama od/ka korisniku, brojeve računa, fakture... Korisnički servis ima potrebe za podacima o prijavljenim smetnjama, njihovom broju, pritužbi korisnika, pitanja lojalnosti... Finansijski sektor

može sadržati podatke kreditnom rejtingu, istoriji potraživanja i plaćanja...

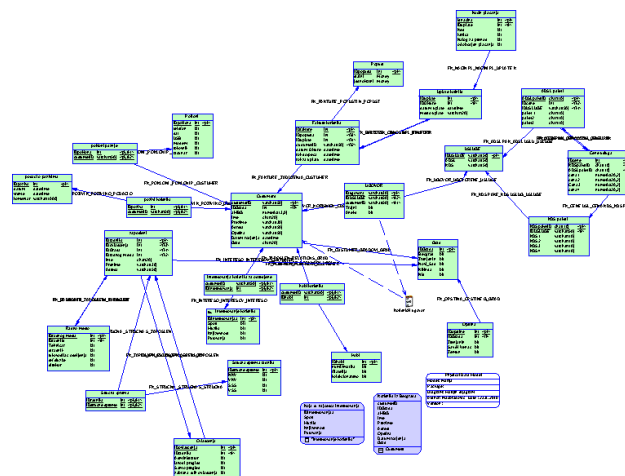
### 4. Odabir hardvera i DB tehnologije za CRM

Podaci o korisnicima se mogu sačuvati u bazi podataka na više različitih načina i to:

- Hijerarhijske
- Mrežne
- Relacione baze podataka

Forma hijerarhijske baze nije pogodna za izgradnju CRM aplikacija. Njena forma se lako može predstaviti kao porodično stablo, dete može imati samo jednog roditelja dok roditelji mogu imati više dece, takođe način iščitavanja je uvek od vrha na dole. Mrežne baze predstavljaju proširenu verziju hijerarhijske ali nikada nisu postale popularne jer su relacione baze podataka uskoro postale ANSI standard 1971. [3]

Relacione baze podataka predstavljaju standardnu arhitekturu za CRM aplikacije (vidi sliku 2).



Slika 2. Model relacione baze podataka

Izbor hardveske platforme zavisi od više uslova i to:

- Veličina baze podataka, verovarno bi i običan desktop računar mogao da skladišti veliku količinu podataka, međutim on nije pogodan za razmenu podataka iz baze između više korisnika.
- Postojeća tehnologija. Većine preduzeća želi da iskoristi opremu koju već poseduje kako bi smanjila dodatne troškove.
- Broj i lokacija korisnika date CRM baze i aplikacije. Hardver se mora projektovati tako da predvidi dobru mrežu ukoliko se radi o pristupu sa različitih lokacija, takođe mora se voditi računa i o broju korisnika koji koriste podatke iz baze u isto vreme kako bi se omogućilo što kraće vreme dobijanja traženih podataka.
- Relational Database Management System (RDBMS) – je softverski program koji omogućava korisnicima da kreiraju, upravljaju i ažuriraju relacione baze podataka. [4]
- Sa tehnologijom preduzeća se može ostvariti relacionalni sistem za upravljanje bazama podataka koje su pogodne za CRM aplikacije, što je dovelo da RDBMS proizvoda kao što su Oracle, DB2 iz IBM-a, i Microsoft SQL servera. Većina

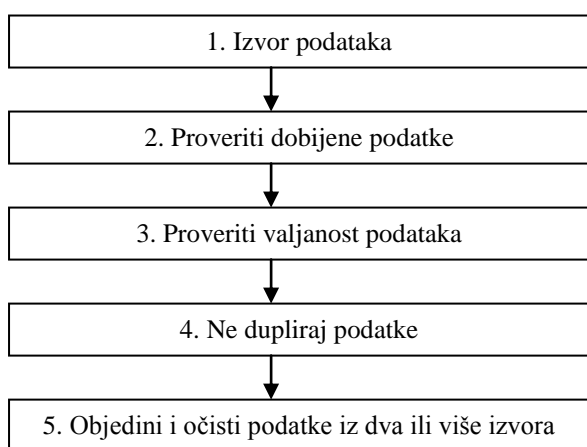
RDBMS proizvoda koristite SQL pristup, ažuriranje i upita za bazu podataka.

Takođe je moguće kupiti celu platformu koja se sastoji od integrisanog hardvera, operativnog sistema, baze podataka i CRM aplikacije.

##### 5. Popunjavanje CRM baze podataka

Kako smo odredili koje su informacije potrebne, koje baze podataka kao i hardverske zahteve potrebno je da dobijemo adekvatne podatke koje ćemo uneti u bazu. CRM aplikacije podrazumevaju podatke koji su na odgovarajući način tačni, kažemo to jer nivo tačnosti podataka zavisi od funkcija baze podataka. CRM zahteva podatke koji su tačniji i blagovremeno ažurirani.

Najveći problem jestu podaci koji nedostaju, pojedina preduzeća čak nemaju ni osnovne podatke o svojim korisnicima, kao što su e – mail, kontakt telefon... Glavni koraci koji se poštovu kako bi baza podataka bila što tačnije „napunjena“ jesu (slika 3).



Slika 3. Koraci pri popunjavanju baze podataka

Najčešći izvor podataka jesu sami korisnici, preduzeće treba da obezbedi procese tako da se prilikom prijave/sklapanja ugovora od korisnika dobiju sve informacije koje će kasnije biti relevantne za korišćenje u CRM. Verifikacija podataka se vrši radi provere da li su podaci uneti u bazu identični originalnom izvoru. Verifikacija se najčešće vrši kroz upite u baze podataka ali ukoliko je to ne izvodljivo tada se koristi vizuelna provera koja u mnogome zavisi od ljudskog faktora i česti su previdi. Validacija proverava tačnost unetih podataka, često se dešavaju nepreciznosti tako da broj procesa može smanjiti greške. De duplikacija (de – dupling ) predstavlja proces gde se korisnički podaci u bazi pojavljuju više puta, de duplikacija se može vršiti brisanjem duplikata iz baze podataka ali je pri tome potrebno povesti računa da se ne izbrišu i slogovi koji su potrebni. Objedinjavanje i čišćenje (merige – purge) predstavlja proces spajanje dve ili više baza podataka. Objedinjavanje se može desiti kada se spoljne baze podataka pripoje na jednu internu bazu, dve interne baze spojene iz različitih oblasti poslovanja preduzeća ili kada kupimo spoljne liste za određenu svrhu. Ovde je jako bitno obratiti pažnju da se podaci ne dupliraju jer to može prouzrokovati trošak za preduzeće ili neprijatnosti za korisnika.

##### 6. Održavanje baze podataka

Kako bi korisničke baze podataka održali korisnim neophodno je njihovo blagovremeno ažuriranje kako je ne

bi degradirali. Održavanje integriteta podataka od strane preduzeća se može sprovesti kroz više iteracija i to su:

- Dobijeni podaci od značaja je potrebno da odmah budu unešeni u bazu podataka.
- Redovno de – dupliranje baze podataka.
- Revizija tabela i polja svake godine.
- Ukloniti korisnike koji su neaktivni određeni vremenski period (često se ovi podaci čuvaju još neko vreme u posebnim skladištima podataka).
- Drip – feed baze podataka. Svaki put kada se stupi u kontakt sa korisnikom postoji mogućnost da se dodaju novi podaci ili provere postojeći.
- Omogućiti korisnicima da sami ažuriraju svoje podatke preko web aplikacije.

Održavanje baze podataka se vrši u svrhu dobijanja relevantnih podataka pravovremeno.

## 5. PRIVATNOST PODATAKA

Privatnost i zaštita podataka predstavlja jedan od velikih izazova za preduzeće. U zavisnosti od toga kako se ophodimo prema dobijenim podacima od korisnika, zavisice i naš uspeh na tržištu. Svakako da svakome od nas ne bi bilo prijatno ukoliko se zloupotrebe lični podaci i to ne samo u cilju raznih promocija već i kao krađa identiteta. Iz datih razloga je logično da korisnik bude svestan i saglasan sa davanjem ličnih podataka preduzeću. U ovom kontekstu CRM baza podataka može u mnogome pomoći, prilikom slanja različitog reklamnog materijala, na taj način što ćete definisati polje za svakog korisnika ponaosob koje će pružiti informaciju o tome da li korisnik želi ili ne da prima reklamne materijale. Privatnost u elektronskoj komunikaciji se odnosi na prikupljanje, obradu i davanje informacije o korisniku trećim licima. Privatnost u elektronskim komunikacijama još možemo gledati i sa aspekta slobode systemsog posmatranja koji beleži aktivnosti i lične podatke, tačnije pravo pojedinca da sam određuje u kojoj meri, kad i kako informacije o njemu i njegovoj komunikaciji mogu da budu dostupne drugima. Atributi privatnosti korisnika posmatrani na ovaj način postaju anonimnost, sloboda od nadzora, kontrola dostupnosti podataka o sebi, dok su komponente privatnosti lokacija i kretanje, podaci o ličnosti, identitet, meta podaci. Naravno da postoji mogućnost da privatnost može biti kompromitovana tačnije privatnost korisnika može biti povređena sa namerom, greškom ili slučajno i to upadom u zonu privatnosti (pristupom, prikupljanjem i obradom), zloupotrebom (odavanjem ili delovanjem na osnovu dostupne informacije), presretanjem i uklapanjem informacija (profilisanjem). [5]

Sve što je gore navedeno navodi na to da se privatnost podataka u elektronskim komunikacijama ne može jasno odvojiti od zaštite podataka o ličnosti. Kada koristimo termin bezbednost uzimamo u obzir ceo spektar različitih mogućnosti jer je sam termin neodređen. Tačnije govoreći o bezbednosti govorimo o osećaju sigurnosti, skupa mera preduzetih od zaštite od kriminala, sabotaze i špijunaže, odsustvo neke pretnje ili opasnosti alai takođe i organizacione oblike koje treba sve navedeno da obezbede. Bezbednost i zaštita privatnosti korisnika elektronskih komunikacija se može posmatrati iz više



aspekata ali ćemo se u ovom radu osvrnuti na tri najbitnija za korisnike to su: **izvorni**, u smislu zaštite poverljivosti komunikacija i privatnosti korisnika usluga, **prošireni**, koji obuhvata prevare i kompjuterski kriminal, i **implicitni** - nadzor komunikacija za potrebe državnih organa. Pokazaće se da ne postoji jasno razgraničenje aspekata privatnosti korisnika, bezbednosti mreža, zaštite podataka o ličnosti i zaštite informacija u elektronskim komunikacijama, kao i da se oni ne mogu posmatrati van šireg konteksta. [6]

Izvorno značenje bezbednosti u IT – u može se definisati kao obezbeđivanje poverljivosti, integriteta, autentičnosti, raspoloživosti komunikacija, odgovornosti aktera i neporecivosti informacija koje se prenose. [6] Ovakav okvir definicije bezbednosti podataka razvio se u standard ISO 7498-2 koji definiše pet bezbedonosnih servisa i osam mehanizama za implementaciju. Pet servisa su:

1. Autentifikacija
2. Kontrola pristupa
3. Poverljivost podataka
4. Integritet podataka
5. Neporečivost komunikacije

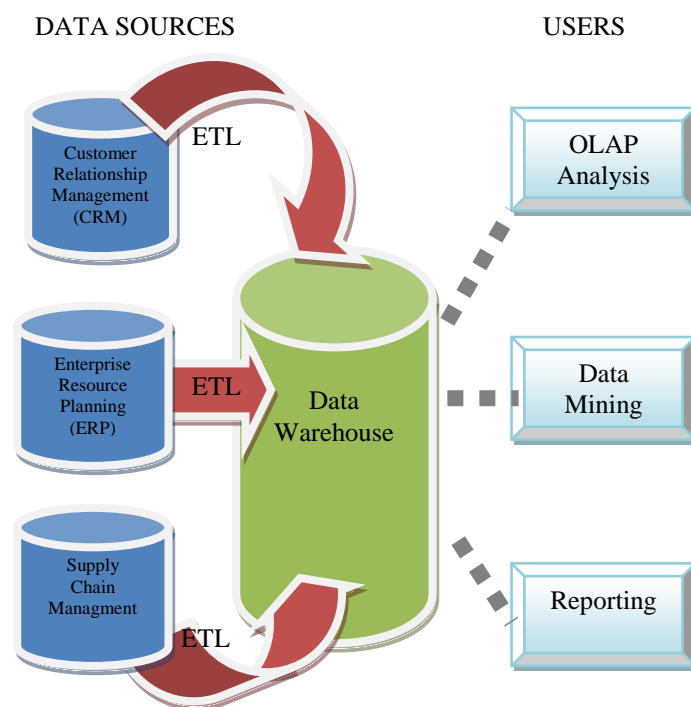
Osam mehanizama za implementaciju su:

1. Kriptozaštita
2. Digitalni potpis
3. Kontrola pristupa
4. Integritet paketa podataka koji se prenose
5. Razmena kredencijala pri autentifikaciji
6. Popunjavanje kodovanog signala u cilju maskiranja saobraćajnih obrazaca (traffic padding)
7. Kontrola usmeravanja saobraćaja (traffic routing)
8. Beleženje (notarizacija)

Treba uzeti u obzir da unapređivanjem poslovanja obavezno moramo voditi računa o integritetu podataka o korisnicima. Ukoliko narušimo privatnost naših korisnika mižemo dovesti preduzeće u položaj da snosi kako materijalnu tako i krivičnu odgovornost odavanja podataka koji su od interesa za preduzeće.

## 6. DATA WAREHOUSE

Customer Data Warehouse predstavlja analitičku osnovu CRM arhitekture. Transakcijska baza nam omogućava da konsolidujemo podatke iz više različitih izvora i da nad tim podacima vršimo upite i analize. Primera radi ukoliko želite da utvrdite koliko novca ste uložili u neki proizvod/uslugu potrebni su vam podaci iz ERP (Enterprise Resource Planning) sistema, troškove distribucije i transporta od sektora za snabdevanje i upravljanje i konačno, ali ne manje bitne, troškove marketinga od vašeg marketing sektora. Kada ste dobili date podatke potrebno je uporediti ih sa podacima u vašem računovodstvu. Svi dati podaci će biti ekstrahovani iz datih operacionih sistema, agregovani i organizovani u "data warehouse". Tada ćemo podatke dobijati direktno analizom i obradom podataka iz data warehouse, tačnije iz data mart – ova koji predstavljaju pristupni sloj. Data warehouse je organizovana tako da optimizuje kompleksne analize podataka iz različitih sistema, dok su sami operativni sistemi napravljeni tako da podrže veliki broj transakcija koje su specificirane za njih same. Primer data warehouse možemo videti na slici 4.



Slika 4: Primer organizacije podataka u data warehouse

ETL (Extract, Transform and Load) alat nam pomoću tri funkcije omogućava premeštanje podataka sa jednog na drugo mesto, i to

- Ekstrahovanje podataka od izvora kao što su ERP i CRM aplikacije
- Transformisanje datog podataka u odgovarajući format koji je kompatibilan sa drugim podacima u data warehouse i
- Učitavanje podataka u data warehouse radi analize.

ETL koncept zvuči jednostavno ali je njegovo izvršenje kompleksno. Ovde nije reč o običnom „copy – paste“ formatu, svaki od koraka koji su navedeni u ovom procesu mora obraditi podatak pre nego ga ekstrahuje, transformiše ili učita u data warehouse.

Data mining ili kopanje podataka se može opisati kao proces identifikacije neospornih, novih, potencijalno korisnih i razumljivih uzoraka i odnosa među podacima u data warehouse. Data mining analize se u biti baziraju na metodama raspoznavanja uzoraka i koriste se za rešavanje sledećih zadataka: *Razvrstavanje* (classification), *Predviđanje* (prediction), *Procena vrednosti* (estimation), *Grupisanje* (clustering), *Metoda analize korpe*, *Opisivanje i vizuelizacija podataka*.

Današnja tehnologija omogućava automatizaciju procesa kopanja podataka, njihovu integraciju u skladišta podataka i predstavljanje podataka. U okviru upravljanja odnosima sa korisnicima kopanje podataka igra značajnu ulogu pri segmentaciji korisnika.

## 7. ZAKLJUČAK

Moglo se naslutiti, da će ekspanzijom tehnike i sve većom konkurencijom na tržištu, preduzeća imati potrebu za složenijim bazama podataka i aplikacijama vezanih za njih. U momentu kada je bilo potrebno dobiti informacije koje predstavljaju analizu različitih tipova podataka pojavila se CRM baza podataka koja je to i omogućila.

Sama skraćenica CRM znači Customer Relation Management, što predstavlja težnju preduzeća da zadovolji želje korisnika.

Iz rada možemo zaključiti da planiranje CRM baze podataka predstavlja obiman i zahtevan projekat. Kako bi projekat planiranje i realizacije CRM baze podataka za određeno preduzeće bilo uspešno neophodno je prilikom planiranja učestvovati u samom procesu rada, u cilju prikupljanja svih potrebnih informacija za planiranje baze. Jednom isplanirana i kreirana CRM baza podataka se može neprestano ažurirati i menjati u cilju ispunjenja zahteva koji su potrebni preduzeću u određenom momentu. Najčešće CRM baze se mogu naći na ORACLE ili Microsoft SQL platformama. Kako je ceo koncept ove baze okrenut ka korisnicima, za očekivati je da se nalazi i skup podataka o korisniku koji je od interesa za preduzeće kako bi na pravi način “brinuo” o svakom korisniku ponaosob. Potencijal i mogućnosti CRM baze podataka kao i aplikacija vezanih za nju su beskonačne i isključivo zavise od potreba preduzeća. U današnje vreme je ova vrsta baze podataka neizbežna u preduzećima koja žele da na adekvatan način sebe promoviraju i unaprede svoje poslovanje. Planiranje ovakve baze predstavlja izazov jer pored potrebnog znanja iz IT – a neophodno je upustiti se u analizu nivoa menadžmenta i razmišljati na taj način, što po nekad može predstavljati neprebrodivu prepreku u projektovanju i samim tim dovesti do konstantnih dopuna i izmena kako baze, tako i softvera što dovodi do nezadovoljstva onih koji se ovim alatima služe.

## LITERATURA

1. CRM integrating marketing strategy and information technology. Holboken, NJ: John Wiley
2. Accelerating customer relationship using CRM and relationship technologies. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
3. Marketing in the digital age. Harlow, England
4. Data management: Databases and organisations. John Wiley
5. Council of Europe: Cooperation between law enforcement and Internet service providers against cybercrime: towards common guidelines, Project report, 2008.
6. [http://www.telekomunikacije.rs/arhiva\\_brojeva/peti\\_broj/milan\\_nikolic\\_prakticni\\_aspekti\\_zastite\\_privatnosti\\_korisnika\\_i\\_bezbednosti\\_elektronskih\\_komunikacionih\\_mredja\\_i\\_usluga\\_u\\_srbiji\\_305.html](http://www.telekomunikacije.rs/arhiva_brojeva/peti_broj/milan_nikolic_prakticni_aspekti_zastite_privatnosti_korisnika_i_bezbednosti_elektronskih_komunikacionih_mredja_i_usluga_u_srbiji_305.html)

# GPS/GPRS TEHNOLOGIJE U IKT SISTEMU UPRAVLJANJA POMOĆNOM MEHANIZACIJOM NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA

## GPS/GPRS TECHNOLOGIES IN ICT SYSTEM OF AUXILIARY MECHANIZATION MANAGEMENT IN OPEN-PIT COAL MINE

Dragan Stošić<sup>1</sup>, Snežana Pantelić<sup>1</sup>, Sonja Dimitrijević<sup>1</sup>, Gradimir Ivanović<sup>2</sup>, Branko Stefanović<sup>2</sup>, Miloš Ivanović<sup>2</sup>,  
Dragan Stević<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu

<sup>2</sup>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>3</sup>PD Termoelektrane i kopovi „Kostolac“ u Kostolcu

**Sadržaj** - Pomoćna mehanizacija na površinskom kopu uglja obavlja pomoćne radove koji su podrška obezbeđenju rada bez zastoja osnovne mehanizacije tehnološkog sistema. Za upravljanje operativnim radom pomoćne mehanizacije značajno je imati informacije u realnom vremenu o lokaciji (poziciji na kopu) vozila/mašine i statusu radnih parametara (gorivu, radu motora). Za obezbeđenje podataka za unapređenje upravljanja operativnim radom i održavanjem pomoćne mehanizacije potrebno je primeniti GPS/GPRS tehnologije, kao integralni deo IKT sistema pomoćne mehanizacije. Ovo je na površinskom kopu uglja Drmno u Kostolcu realizovano, što je prikazano u radu.

**Abstract** – Auxiliary mechanization in open-pit mines performs operations that are necessary to support continuous work of basic mechanization of an open-pit mine technology system. To manage auxiliary mechanization operations it is important to get real-time information concerning location of particular unit of auxiliary mechanization - a machine position in open-pit mine and some important working parameters (fuel, motor). Obtaining data for improving management of auxiliary mechanization operations and maintenance requires application of GPS/GPRS technologies as an integral part of ICT system of Auxiliary Mechanization Management Sector. The paper presents one such implementation in open-pit coal mine Drmno in Kostolac.

### 1. UVOD

Na savremenim površinskim kopovima (PK) uglja pored krupnih mašina velikog kapaciteta za obavljanje osnovnog tehnološkog procesa – osnovna mehanizacija (OM), neophodne su specijalne mašine i vozila za obavljanje pomoćnih radova. Ove mašine i vozila se u rudarskoj tehnologiji nazivaju pomoćnom mehanizacijom (PM) [1].

Efikasnost rada OM na PK uglja zavisi od uspešnosti rada PM, tj. od dovoljnog broja mašina i vozila za izvršavanje pomoćnih radova, pravilnog izbora po vrsti i tehničkim karakteristikama, kao i od njihove pouzdanosti i tehničke ispravnosti. Izuzetan značaj ima i sama organizacija resursa PM mehanizacije u pogledu eksploatacije-operativnog rada i održavanja.

Cilj istraživanja prikazanih u ovom radu je unapređenje sistema upravljanja PM na PK uglja pomoću GPS/GPRS

tehnologija, kao integralnog dela IS/IKT sistema PM [2]. Na osnovu analize poslova i poslovnih procesa PM i savremenog sistemskog pristupa unapređenju sistema upravljanja PM na PK uglja, postavljen je model sistema baziran na integrisanom modelu (IM) poslovnih procesa i informacionog sistema [2,3,4]. Ovaj pristup je važan zbog rastuće zavisnosti usluga i informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) generalno u domenu transporta vozilima. To se odnosi i na upravljanje operativnim radom mašina PM. GPS/GPRS tehnologije imaju istaknutu ulogu u unapređenju procesa u svim vrstama transporta motornim vozilima, pa i u eksploataciji mašina PM [5].

Unapređenje upravljanja operativnim radom PM obuhvata unapređenje organizacije rada za održivi ciljni nivo raspoloživosti i gotovosti mašina PM, uz optimalne troškove [2]. Ovaj projekat u PD Termoelektrane i kopovi Kostolac (na dalje: TE-KO) se oslanja na istraživanja u okviru projekta TR35030 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja R. Srbije (projekat u ovom delu realizuju Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu i Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd).

U ovom radu je prezentiran jedan pristup i tehničko rešenje uvođenja GPS/GPRS tehnologija u okviru razvoja IS/IKT sistema pomoćne mehanizacije. Prikazani rezultati GPS/GPRS projekta [6] su potvrdili značaj ovih tehnologija za unapređenje upravljanja operativnim radom PM na bazi tehničkih parametara koje je moguće pratiti u realnom vremenu u realizovanom sistemu GPS/GPRS tehnologija integrisanom u IS/IKT sistem PM u TE-KO. Realizovan sistem obezbeđuje upravljačke podatke za operativan i top menadžment.

### 2. UNAPREĐENJE UPRAVLJANJA OPERATIVNIM RADOM MAŠINA PM

#### 2.1 Sistemski pristup

Upravljanje PM obuhvata upravljanje održavanjem pomoćne mehanizacije (PMO) i upravljanje eksploatacijom pomoćne mehanizacije (PME). Poslovni procesi PME i sistem PME kao poslovni sistem za kontinuirano unapređenje operativnog rada PM moraju u savremenom poslovanju da budu podržani savremenim IS, odnosno sistemom IKT – sistemom za upravljanje na bazi raspoloživosti/gotovosti i proizvodno-ekonomskih pokazatelja [2].

Upravljanje PM, posmatrano kao proces, je poslovni proces koji primarno ima za cilj da obezbedi uslove da mašina za koju je primljen zahtev efikasno izvrši rad, uz optimalne troškove. U skladu sa savremenim sistemskim pristupom upravljanju poslovnim procesima preduzeća, poslovni ciljevi su definisani ključnim pokazateljima (KPI) i mernim veličinama u cilju unapređenja poslovnog procesa (npr. smanjenje potrošnje goriva mašine/vozila je cilj poslovnog procesa, a KPI je potrošnja goriva iskazana u [l/mč] ili [l/km]) [2,7].

Ističemo da se planiranje i ocena efikasnosti rada PM ocenjuje na bazi pokazatelja rada mašina PM - tehničkih i ekonomskih pokazatelja. Jedan od mogućih tehničkih pokazatelja rada (i održavanja) je efektivnost za koju se koriste sledeći pokazatelji [1, 8]: pouzdanost i gotovost tehničkih sistema, konkretno PM koja se eksploatiše na PK uglja. Za realizaciju navedenog treba uvesti merenje tehničkih karakteristika i njihovu ocenu radi upravljanja sistemom operativnog rada i održavanja mašina.

U naučnoj literaturi ne postoji jedinstvena naučno zasnovana metoda praćenja efektivnosti rada pomoćne mehanizacije (pouzdanost, raspoloživost, troškovi životnog ciklusa.) za specifične uslove radne sredine na PK uglja. Međutim, u naučnoj i stručnoj literaturi se sreće razmatranje pojedine ciljane funkcije eksploatacije PM i dobra praksa ove složene problematike, i razmatra se način praćenja pojedinih pokazatelja efektivnosti rada i određivanja optimalnog vremena zamene ove mehanizacije [9].

Sledeći naprednu praksu drugih, za unapređenje operativnog rada PM treba primeniti sistemski pristup u projektovanju celovitog obuhvata ključnih procesa („od-kraja-do-kraja”), podržanih savremenim IS/IKT (uključujući GPS/GPRS tehnologije), što treba da obezbedi kontinuirano unapređivanje eksploatacije PM, uz optimizaciju troškova.

## 2.2 IS/IKT sistem PM u TE-KO, sa GPS/GPRS tehnologijama

PM na PK u TE-KO Kostolac čini park mašina i vozila kao što su: buldozeri, dozeri, utovarači, cevopolagači, kiperi, hidraulični bageri, grejderi, skriperi, bageri dreglajni, valjci, dizalice, kamioni, cisterne, terenska vozila [2]. PM ima značajnu ulogu u izvođenju pomoćnih radova koji su podrška boljem korišćenju tehnološkog sistema. Za rad i praćenje rada PM značajno je imati informacije, u realnom vremenu, o lokaciji i tehničkim parametrima vozila (npr. potrošnja goriva, broj motočasova i drugi parametri rada vozila i mašina).

Na osnovu izvršenih istraživanja literature i svetske prakse i analize stanja predmetnog sistema u TE-KO [2], izvršeno je identifikovanje poslovnih procesa koje prioritarno treba podržati sa IS/IKT, za koje je i projektovana i realizovana softverska podrška:

- Održavanje baze podataka opštih i tehničkih karakteristika mašina i vozila

- Podrška godišnjem rasporedu rada po smenama i grupama radnika
- Dnevno raspoređivanje mašina i radnika
- Podrška upravljanju gorivom
- Podrška upravljanju mazivom i rashladnom tečnošću
- Praćenje rada mašina i radnika, sa kontrolom i nadzorom (IS, GPS/GPRS)
- Rešavanje otkaza mašine na terenu
- Obračun ključnih pokazatelja performansi,
- Izveštavanje o radu mašina i radnika (za operativni i top menadžment).

Projektovanje navedenih procesa (i potprocesa) na savremenim osnovama, sa odgovarajućim nosiocima odgovornosti i resursima, i njihovom implementacijom, obezbeđuje se jedan savremeni pristup u upravljanju (praćenje, analizu, donošenje i sprovođenje odluka, na osnovu činjenica-pokazatelja) mašinama i rukovaocima PM na površinskim kopovima TE-KO Kostolac [2]. Obezbeđenjem ulaznih podataka, njihove odgovarajuće obrade i prezentacije sa podrškom savremenih IS/IKT (sa GPS/GPRS i drugim tehnologijama i sistemima) stvaraju se uslovi za efektivnije upravljanje PM. U tom smislu, u realnom vremenu, svi koji učestvuju u upravljanju i izvršenju radova mašina PM koristiće savremen IS/IKT.

IS/IKT sistem PM obuhvata IS/IKT za podršku upravljanju sistemom održavanja pomoćne mehanizacije (PMO) i IS/IKT za podršku upravljanju sistemom eksploatacije pomoćne mehanizacije (PME) - ISPME. Glavni procesi upravljanja pomoćnom mehanizacijom se izvršavaju uz podršku IS/IKT sistema PM [2,3].

## 2.3 Uvođenje GPS/GPRS tehnologija u sistem upravljanja PM u TE-KO

Osnovni cilj primene GPS/GPRS tehnologija na površinskom kopu uglja je unapređenje upravljanja operativnim radom mašina i vozila PM. Primena GPS/GPRS tehnologija omogućava praćenje-pozicioniranje (a na osnovu praćenja i raspoređivanje) mašina i vozila PM, praćenje potrošnje goriva, rada motora (pri kretanju i stajanju), praćenje trajektorije kretanja-pomeranja, otkaza i broj pređenih kilometara, zatim praćenje rada mašina i vozila, određivanje dnevnog smenskog i mesečnog rada, i određivanje ostvarene specifične potrošnje goriva. Sve navedeno nedvosmisleno omogućava, u realnom vremenu, praćenje planiranog i ostvarenog rada mašina i vozila PM, kao i upravljanje na osnovu stvarnih pokazatelja njihovog rada.

Ove informacije značajno doprinose donošenju kvalitetnih odluka za upravljanje eksploatacijom mašina PM. U TE-KO je iskazana zainteresovanost da se obezbedi praćenje parametara mašina PM u realnom vremenu, pre svega lokacije putem GPS/GPRS sistema u cilju efikasnijeg raspoređivanja i korišćenja raspoloživih jedinica PM, a prema zahtevima iz procesa proizvodnje uglja. Pri tome, bilo je potrebno obezbediti da operativni menadžment proizvodnje uglja – „rudari“ takođe imaju neposredan uvid u pozicije jedinica PM.

Za realizaciju navedenih osnovnih zahteva projektovan je i implementiran sistema GPS/GPRS tehnologija na PK kopu uglja "Drmno" koji je deo TE-KO, u Kostolcu.

S obzirom na strukturu parka mašina pomoćne mehanizacije različitih tehnoloških generacija u TE-KO, nametnula se potreba da se definiše i izradi pilot projekat za uvođenje GPS/GPRS tehnologija u PM. Glavni cilj je bio da se obezbedi kvalitetna osnova za efikasan način uvođenja ovih tehnologija u procese operativnog rada i upravljanja pomoćnom mehanizacijom u TE-KO Kostolac, što je i postignuto realizacijom odgovarajućeg pilot projekta u toku realizacije IS/IKT sistema ISPME. Sledeća faza uvođenja GPS/GPRS tehnologija je obuhvatila preko 150 mašina PM i osnovne mehanizacije koje su zadovoljile uslove za montažu uređaja za GPS/GPRS tehnologije.

### 3. REALIZACIJA PROJEKTA – OPIS REŠENJA

#### 3.1 Osnovni podaci o mašinama/vozilima u GPS/GPRS sistemu

U okviru realizacije IS/IKT sistema PM postavljene su osnove i za održavanje podataka opštih i tehničkih karakteristika mašina i vozila [2]. To se odnosi na podatke o: mašinama/vozilima, radnicima i podatke opštih šifarnika (npr. pozicije mašina i vozila). Navedeni podaci su važni za integraciju podataka o radu mašina-vozila u sistem za praćenje PM (uz primenu GPS/GPRS tehnologija i u sistemu za upravljanje procesima operativnog rada – eksploatacije pomoćne mehanizacije (ISPME). Ovim je obuhvaćeno održavanje podataka o više skupova podataka koji se odnose na tehničke karakteristike mašina, radnike i grupe radnika koje rade na mašinama, po smenama i druge šifarnike (npr. šifarnik pozicija, koji se do sada koristio). U toku godine se menja dispozicija sistema i lokacija i zato je vrlo značajno ažuriranje šifarnika pozicija, u skladu sa ažuriranjem mape površinskog kopa uglja. Aktivnosti koji se odnose na unos i ažuriranje navedenih podataka su podržane aplikativnim softverom ISPME.

#### 3.2 Komponente GPS/GPRS sistema

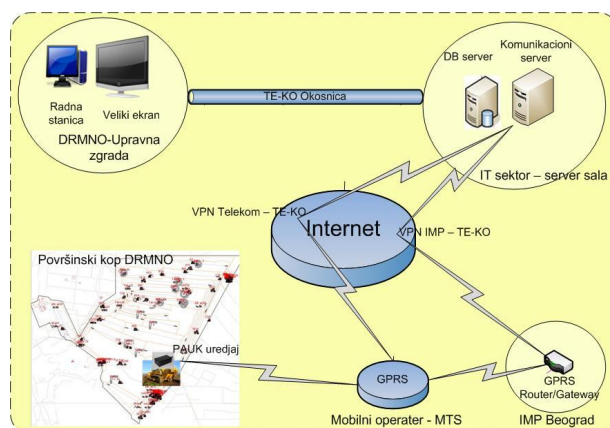
Sistem za praćenje mašina i vozila pomoćne mehanizacije u TE-KO putem GPS i GPRS tehnologije - GPS/GPRS sistem ima cilj da obezbedi lociranje i praćenje rada vozila pomoćne mehanizacije. Sastoji se od: AVL (Automatic Vehicle Location) uređaja za satelitsko praćenje i kontrolu vozila koji se instalira u mašinama i vozilima (na dalje: jedinice PM) i automatski određuju lokaciju vozila (određuju se prostorne koordinate PM), i prikupljaju se vrednosti izabranih parametara sa vozila. U definisanom vremenskom intervalu svi ti podaci se prosleđuju putem GPRS mreže u dispečerski (monitoring ili kontrolni) centar u kome se podaci obrađuju pomoću specijalizovanog softvera i prikazuju korisnicima na mapama. Ističemo, postavljeni sistem omogućava

prikupljanje podataka sa jedinica PM, slanje prikupljenih informacija, pomoću poruka preko GPRS mreže, prihvatanje, pohranjivanje i prikaz informacija iz jedinica PM [6]:

- Prikaz pozicija jedinica PM na mapi (podlogama PK Drmno),
- Indikacija kada se motor startuje i podatak o vremenu rada motora (GPS/GPRS uređaj ima interni brojač vremena rada motora od kada se motor startuje do zaustavljanja rada motora),
- Vrednost napona sa davača nivoa goriva u rezervoaru, na jedinicama PM (gde postoje ugrađeni davači). Primljeni podaci sa uređaja se smeštaju i čuvaju u bazi podataka.

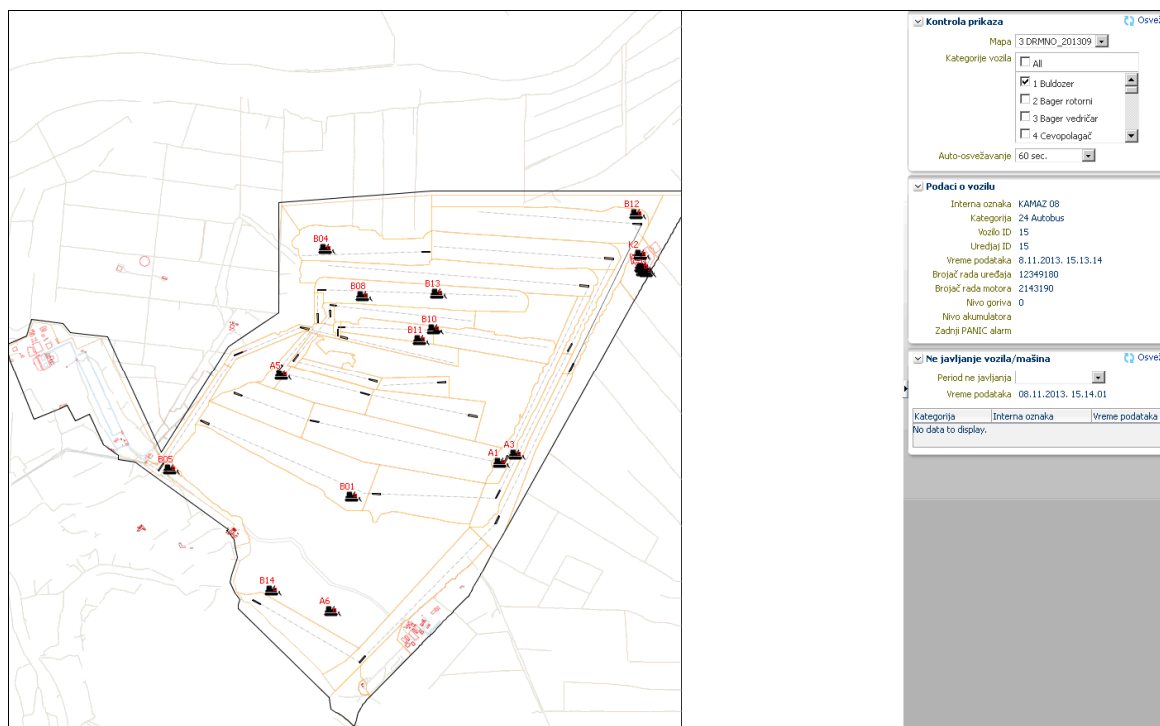
#### 3.3 Sistemski i aplikativan softver

Na slici 1 je prikazana šema fizičke arhitekture projektovanog i realizovanog GPS/GPRS sistema PM PD TE-KO sa glavnim fizičkim komponentama. Sistem sačinjavaju GPS/GPRS uređaji za prikupljanje podataka (na slici „PAUK“) montirani na jedinicama PM, komunikacioni server, aplikativni server i server baze podataka, GPRS ruter (gateway), radne stanice koje pristupaju aplikativnom serveru i GPRS i VPN mreža za prenos poruka sa jedinica PM do servera.



Slika 1. Šema fizičke arhitekture GPS/GPRS sistema

Web aplikacija za praćenje pomoćne mehanizacije na kopu Drmno, realizovana je u Oracle razvojnom okruženju. Instalirana je na WebLogic aplikativnom serveru. Za prihvatanje GPS/GPRS podataka u bazu podataka, realizovan je servis na aplikativnom serveru. Aplikacija inkorporira Oracle mape. Oracle mape je krovni termin za skup tehnologija koje omogućavaju visoko-performansne interaktivne Web aplikacije sa mapama. Sinergija ovih tehnologija sa ADF frejmworkom i ostalim navedenim Oracle tehnologijama, omogućila je realizaciju moderne aplikacije u skladu sa aktuelnim principima i standardima razvoja softvera. Izgled jednog prozora ove aplikacije je dat na slici 2.



Slika 2. Mapa sa ganicama kopa Drmno: izabrana jedna vrsta mašina: buldozeri (A<sub>i</sub> i B<sub>i</sub>)

Za rad web aplikacije za praćenje PM na kopu Drmno na produkcionom serveru (Windows Server 2008 R2 Enterprise) su instalirane sledeće komponente:

- Oracle 11g R2 sistem za upravljanje bazom podataka
- Oracle WebLogic 11g klaster
- Oracle ADF Runtime 11g R2
- Oracle MapViewer 11g
- Oracle Map Builder 11g.

Navedene Oracle komponente su izabrane jer se Oracle Database sistem već koristi u IS/IKT PD TE-KO, a druge Oracle komponente su svetski referentne za razvoj i implementaciju sličnih sistema.

Važna komponenta GPS/GPRS sistema je mapa površinskog kopa Drmno na kome se izvode radovi na kojoj se prikazuju pozicije jedinica PM. Realizacija mapa kopa Drmno u GPS/GPRS sistemu PM je primarno bazirana na Oracle tehnologijama. Korišćene su sledeće Oracle tehnologije:

- Oracle Locator (u okviru Oracle sistema za upravljanje bazama podataka 11g)
- Oracle MapViewer 11g
- Oracle Map Builder.

#### 4. REZULTATI PROJEKTA

Ispunjen je osnovni cilj Projekta - postavljen je sistem za praćenje mašina i vozila pomoćne mehanizacije u TE-KO putem GPS i GPRS tehnologija. Sistem je obuhvatio montažu preko 150 GPS/GPRS uređaja u mašina PM i OM i vozila PM kao i integraciju sa ISPME.

Postavljeni sistem sada omogućava prikupljanje podataka sa jedinica PM, slanje prikupljenih informacija pomoću

poruka preko GPRS mreže, prihvatanje, pohranjivanje i prikaz informacija iz jedinica PM:

- Prikaz trenutnih pozicija (na osnovu prostornih koordinata položaja jedinice PM) na mapi (podlogama površinskog kopa Drmno),
- Indikacija kada se motor startuje i podatak o vremenu rada motora (GPS/GPRS uređaj ima interni brojač vremena rada motora od kada se motor startuje do zaustavljanja rada motora),
- Vrednost napona sa davača nivoa goriva u rezervoaru, na jedinicama PM (gde postoje ugrađeni davači). Primiti podaci sa uređaja se smeštaju i čuvaju u bazi podataka,
- Obradom i analizom podataka, generišu se izveštaji u intervalu osmočasovnog rada jedinice PM ili na zahtev. Interval odgovora periodu rada I, II i III smene poslužioca ili vozača jedinice PM. Analiza i izveštavanje se obavlja svakodnevno neposredno nakon 15 časova (za smenu od 7 do 15 - I smena), a isto važi za II i III smenu, kao i
- Povezivanje u ISPME izveštaja koji prikazuju podatke o radu mašina/vozila PM na osnovu podataka iz oba sistema,
- Prikaz podataka o poziciji mašina na kraju smene prilikom izrade Dnevnog rasporeda podržanog iz ISPME ili u bilo kom trenutku vremena.

Pored realizacije praćenja pozicije, nivoa goriva i rada motora, kao primarnog zadatka, u okviru predmetnog Projekta je urađeno i sledeće:

- Prati se vreme stajanja mašina/vozila kada motor radi,
- Prati se broj pređenih km kada motor radi, ili kada se vrši transport mašine,

- Prati se stanje nivoa i potrošnja goriva (početno stanje - prvo uključenje u posmatranom danu, doliveno i potrošeno u toku dana),
- Određuje se procenat "stoji" (mašina/vozilo) prema "vremenu rada" motora,
- Određuje se procenat "stvarne" potrošnje goriva prema "normiranoj",
- Prati se trajektorija kretanja mašine/vozila na kopu.

Praćenje pozicije i pokazatelja rada i otkaza (nejavljanje mašina i vozila) je moguće direktno na mapi kopa Drmno (slika 2). Sagledavanje pozicije mašina radi sačinjavanja Dnevnog rasporeda u 6.30 čas. (za prvu smenu), 13.30 čas.(za drugu i treću smenu), stanja u 19.00 časova (za prvu smenu od 12 čas.), i u 23.00 časova (za treću smenu) je omogućeno korišćenjem dokumenta " Dnevne pozicije mašine / vozila na kopu - QZ.GPS.01" (slika 3).

Praćenje rada (rad motora, stajanje mašine/vozila sa uključenim motorom, kretanje) i potrošnje goriva mašina/vozila na kopu PM je omogućeno izveštajem "Rad mašine/vozila na kopu - QZ.GPS.02". U vezi sa potrošnjom goriva ističe se sledeće:

- Potrošnju goriva je moguće pratiti kod mašine/vozila kod koje postoji davač nivoa goriva stanja (plovak u rezervoaru),
- Potrošnju goriva nije moguće pratiti ako mašina/vozilo nema davač goriva,
- Potrošnju goriva nije moguće pratiti ako mašina/vozilo ima podatak o nivou goriva u

rezervoaru integrisan, za šta je potrebno imati potrebne informacije i dokumentaciju proizvođača.

Za dalje unapređenje korišćenja mogućnosti realizovanog GPS/GPRS sistema u vezi sa praćenjem i smanjenjem potrošnje goriva, potrebno je nabaviti pokazivače goriva i ugraditi ih u mašine/vozila koje nemaju pokazivače stanja i potrošnje goriva.

*Preduslovi za operativan rad Sistema i njegovo održavanje:*

- Redovno ažuriranje mape kopa "Drmno",
- Imenovati odgovornu osobu - inženjera zaduženog za praćenje rada sistema GPS/GPRS tehnologija,
- Imenovati odgovornu osobu - električara za redovno praćenje stanja montiranog GPS/GPRS uređaja na mašinama/vozilima i elektro instalacije.

Navedeno pod drugom i trećom stavkom je neophodno sprovesti jer je utvrđeno praćenjem Sistema u radu, da je potrebno proceduralno definisati postupke – šta treba preduzeti u slučaju kada "nema signala" iz GPS/GPRS sistema. Treba identifikovati događaje otkaza - da li je reč o problemu sa komunikacijama, o otkazu, mašine/vozila, ili uređaja, ili nema napajanja, ili su slučajno pokidani kablovi i za svaki od događaja definisati mere koje treba preduzeti da bi sistem funkcionisao sa potpunim obuhvatom mašina/vozila parka PM.

Pretraga

Tekućí filteri:  
**Vrsta** "Vrsta" = 'Buldozer B'  
**Int.br.** "Int.br." = 'B10'  
**Generisano** "GENERISANO" BETWEEN '2013-10-01 00:00:00' AND '2013-10-20 23:59:59'  
**Kategorija** "KATEGORIJA" = 'Mašina'

PD "TE KO Kostolac" POMOĆNA MEHANIZACIJA		Dnevne pozicije mašine / vozila na kopu							QZ.GPS.01 Dokument generisan 24.11.2013 07:37				
Vrsta	Model i Tip	Int.br. /	poz 06.30	poz 13.30	poz 19.00	poz 23.00	Poslednja	Dana čas	↳	Ostaje	Nova	Napomena	
<b>Buldozer B</b>	TD25M EHTRA	B10	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		20.10.2013 22:59:32					
		B10	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		19.10.2013 22:59:50					
		B10	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		18.10.2013 22:59:41					
		B10	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		17.10.2013 22:59:06					
		B10	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		16.10.2013 22:59:40					
		B10	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		15.10.2013 22:59:07					
		B10	J-III-5	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV	Rad_PMNOV		14.10.2013 22:59:14					
		B10	J-III-3	J-III-4	J-III-5	J-III-5		13.10.2013 22:59:36					
		B10	J-II-4	J-II-3	J-III-4	J-III-3		12.10.2013 22:59:27					
		B10	Kont_nas	J-II-5	J-II-4	J-II-4		11.10.2013 22:59:15					
		B10	Kont_nas	Kont_nas	Kont_nas	Kont_nas		10.10.2013 22:59:40					
		B10	J-V-4	Kont_nas	J-III-4	Kont_nas		09.10.2013 22:59:03					
		B10	J-IV-2	U-I-2	Unutr_odlag	J-V-4		08.10.2013 22:59:49					
		B10	J-III-5	U-I-3	U-I-3	J-IV-2		07.10.2013 22:59:41					
		B10	J-III-5	J-III-5	J-III-5	J-III-5		06.10.2013 22:59:23					
		B10	J-III-5	J-III-5	J-III-5	Zapad_kosina		05.10.2013 22:59:26					
		B10	J-III-2	Rad_PMNOV	J-III-5	J-III-5		04.10.2013 22:58:49					
		B10	J-IV-2	J-II-5	Kont_nas	J-III-2		03.10.2013 22:59:34					
		B10	J-IV-2	J-II-5	J-II-5	J-II-5		02.10.2013 22:59:57					
		B10	U-I-2	J-IV-4	J-IV-3	J-IV-2		01.10.2013 22:59:53					

Svega za Vrsta: Buldozer B (20 zapisa)

Slika 3. Dnevne pozicije mašine / vozila na kopu: buldozer B10

*Informacije za operativni i top menadžment – pretraživanje podataka i izveštaji* – Na osnovu prispelih poruka u toku jedne smene od osam časova, analiziraju se vrednosti iz prispelih poruka, i dobijaju sledeći izveštaji [6]:

- dnevne pozicije mašina/vozila na kopu (trenutna pozicija u 6:30, 13:30, 19:00 i 23:00)
- izveštaj o radu mašine/vozila na kopu u periodu od 8 časova (vreme rada motora, vreme kretanja i stajanja jedinice PM, dužine pređenog puta, prosečne brzine dok se mašina kretala i podaci o gorivu – na početku smene, na kraju smene, vrednost dolivenog goriva u smeni i vrednost potrošenog goriva u smeni)
- dnevno/mesečni izveštaj o radu jedinice PM za izabrani period dana
- mesečni izveštaj o radu jedinice PM za I, II i III smenu, kumulativni prikaz.

## 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Projektovani i implementirani sistem GPS/GPRS tehnologija u TE-KO, na površinskom kopu uglja Drmno, je projektovan sa stanovišta praćenja rada (pozicije, nivo goriva i rad motora) u realnom vremenu mašina i vozila PM. U cilju praćenja rada mašina PM, kao i njihovih pozicija u odnosu na osnovnu mehanizaciju na kopu, bilo je neophodno proširenje radova tako da su GPS/GPRS uređaji ugrađeni i u mašine osnovne mehanizacije, u bagere i odlagače. Ovim je korisnicima sistema olakšano pozicioniranje mašina PM u odnosu na osnovnu mehanizaciju.

S obzirom, na dvadesetčetvoročasovni rad na PK Drmno, pozicije pojedinih transpornih traka, puteva i samih granica kopa su dinamičke, i zahtevaju periodično da se ažuriraju. Zato je potrebno da se jednom mesečno ucrtaju promene pojedinih segmenata na mapi, kako bi položaj jedinica PM odgovarao realnosti u odnosu na aktuelnu podlogu. Tačnost i upotrebljivost izveštaja u mnogome zavise i od prihvata poruka sa GPS/GPRS uređaja, zato je potrebno konstantno nadzirati ispravnost uređaja (naročito za vreme redovnih i ostalih servisa mašina i vozila PM), stanja komunikacione mreže i ispravnosti rada servera, i promptno preduzimati mere za kontinuirani rad sistema.

Dalji razvoj GPS/GPRS sistema PM se sagledava u pravcu dalje integracije sa informacionim sistemom eksploatacije PM (u smislu razmene podataka u realnom vremenu). Osim toga, značajno je dalje unapređivati i razvijati korisničke funkcije i pomoćne alate za operativni menadžment sektora PM koji će omogućiti sagledavanje i promptno delovanje u slučaju vanrednih događaja u vezi jedinica PM – alarmi, kada je potrebno efikasno delovati i rešavati probleme (otkaz mašine, curenje/istakanje goriva – havarijsko ili drugo, neodgovarajući režim rad mašine ili neodgovarajuća promena pozicije jedinice PM u odnosu na zadati dnevni raspored).

## ZAHVALNOST

Istraživanje prezentovano u ovom radu je delimično sprovedeno u okviru projekta TR 35030 koji je podržan programom tehnološkog razvoja Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] I. Ristović, I., Efektivnost rada i održavanja pomoćne mehanizacije na površinskim kopovima lignita, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2007.
- [2] Ivanović, G., Pantelić, S. i dr. Razvoj i implementacija sistema upravljanja operativnim radom pomoćne mehanizacije na bazi raspoloživosti i proizvodno ekonomskih pokazatelja operativnog rada sa podrškom savremenog informacionog sistema / informacionih tehnologija, Faza I, II, III, Mašinski fakultet u Beogradu, Izveštaj br. MF 09.03-376/11, 09.03-381/11, 09.03-393/12, Beograd, 2011-2012.
- [3] Pantelić, S.D., Ivanović, G., Dimitrijević, S., Stošić, D., Stefanović, B., Đurić, R., „Procesni pristup upravljanju radom pomoćne mehanizacije na površinskom kopu uglja sa IKT podrškom“, Zbornik radova YUINFO 2012 - 18. konferencija o informacionim i komunikacionim tehnologijama, Kopaonik, (2012) 283-288.
- [4] Pantelic, S., “Business Integration Model in Services Sector SMEs, in Cruz-Cunha”, M. M. (Ed.), Enterprise Information Systems for Business Integration in SMEs: Technological, Organizational, and Social Dimensions, IGI Global, USA, ISBN 978-1-60566-892-5 (2010) 102-121.
- [5] Hajdul, M., „Model of Coordination of Transport Processes According to the Concept of Sustainable Development“, LogForum, ISSN 1734-459X, Vol. 6, Issue 3, No. 5, (2010) (Informacija na [http://www.logforum.net/pdf/6\\_3\\_5\\_10.pdf](http://www.logforum.net/pdf/6_3_5_10.pdf)).
- [6] Ivanović, G., Stošić, D. i dr., GPS/GPRS sistem pomoćne mehanizacije (PM) PD TE-KO, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Izveštaj br. MF 09.03-415/13, Beograd, 2013.
- [7] Pantelić, S., Ivanović, G., Mitrović, R., Jovanović, D., Stošić, D., Dimitrijević S., „Improvement of Auxiliary Mechanization Operations Management at an Open-Pit Coal Mine Based on a Process Approach with ICT Support“, Advances in Engineering Materials, Product and Systems Design, Advanced Materials Research Vol. 633 (2013), ISBN 978-3-03785-585-0, pp.322-324
- [8] Ivanović, G., Stanivuković, D., Beker, I., Pouzdanost tehničkih sistema, Fakultet Tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, 2010.
- [9] Plessis, C. Replacement of earthmoving equipment at surface coal mining operations in South Africa, Master thesis, University of Pretoria, 2007.



## Preporuke TM Foruma za ugovaranje SLA u slučaju pružanja IPTV usluge

Srđan Bojičić<sup>1</sup>, Violeta Milosavljević<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Telekom Srbija, <sup>2</sup>Telekom Srbija

**Sadržaj** – U ovom radu prikazano je na koji način je moguće realizovati SLA ugovor u slučaju pružanja IPTV usluge, prema preporukama TM Foruma. Pažnja je usmerena na isporuku sadržaja i interakciju sa krajnjim korisnikom, tj. na implicitni SLA koji se odnosi na rezidencijalne korisnike i ekvivalentni SLA za biznis korisnike. Dodatno, razmatraju se još neki mogući SLA ugovori, koji se mogu pojaviti gledano iz perspektive IPTV servis provajdera.

**Abstract** – In the paper possible SLA contract for IPTV service is presented, according to TM Forum recommendations. Content delivery and interaction with end-users is presented, implicit SLA which regards residential users and equivalent SLA for business users. Additionally, some other possible SLA contracts are considered, which could appear from perspective of IPTV service provider.

### 1. UVOD

IPTV usluga se najčešće pruža rezidencijalnim korisnicima, a sastoji se od Broadcast TV (BTV) usluge i Video on Demand (VoD) usluge preko širokopoljnog pristupa. Uglavnom je to žični DSL pristup, ali to mogu biti i žični pristup preko DOCSIS ili bežični pristup kao što je WiMax, korišćenjem IP mreže do korisničkog Set Top Box-a (STB). U literaturi [1] dat je detaljan prikaz načina na koji se pruža IPTV usluga.

IPTV servis provajder (Service Provider) najčešće ima ugovor sa rezidencijalnim ili sa biznis korisnikom, npr. za isporuku sportskih TV kanala kaficima i klubovima. Ugovor sa rezidencijalnim korisnikom najčešće ne sadrži sve stavke potpunog SLA ugovora za sve aspekte pružanja usluge, pri čemu se najčešće izostavlja klauzula vezana za kvalitet isporučenog multimedijalnog sadržaja. Ostali aspekti usluge se najčešće pominju u SLA ugovoru, dok u slučaju biznis korisnika može se desiti i da stavke koje se odnose na kvalitet budu uključene u ugovor. Ipak, većina IPTV servis provajdera interno kod sebe implementira ekvivalent SLA ugovoru koji se odnosi na kvalitet sadržaja kod pojedinačnog korisnika, kako bi izbegli nezadovoljstvo krajnjih korisnika što znatno utiče na komercijalni uspeh servisa. U praksi se najčešće sreće da za rezidencijalne korisnike servis provajder implementira interni SLA (iSLA), a za biznis korisnike standardni SLA.

Da bi pružio IPTV uslugu servis provajder treba da preuzme sadržaj od kontent provajdera (ili od više njih) i sama ova relacija mora da bude pokrivena odgovarajućim SLA ugovorom. Ovde se servis provajder pojavljuje u ulozi korisnika kontent provajdera (Content Provider). U mnogim slučajevima pristupna mreža se nalazi u posedu mrežnog provajdera (Network Provider) ili u okviru druge

poslovne jedinice istog komunikacionog provajdera koja se ponaša kao zaseban biznis. Tada je servis provajder u ulozi krajnjeg korisnika mrežnog provajdera i mora se definisati odgovarajući SLA. Dodatno, servis provajder je zavisn od internih dobavljača, kao što je hosting IPTV servera i mrežna infrastruktura (Core Network), što je potrebno regulisati internim OLA ugovorom.

U ovom radu pažnja će biti usmerena na isporuku sadržaja i interakciju sa krajnjim korisnikom, tj. na implicitni SLA koji se odnosi na rezidencijalne korisnike i ekvivalentni SLA za biznis korisnike. Dodatno, razmatraju se još neki mogući SLA ugovori, koji se mogu pojaviti gledano iz perspektive IPTV servis provajdera.

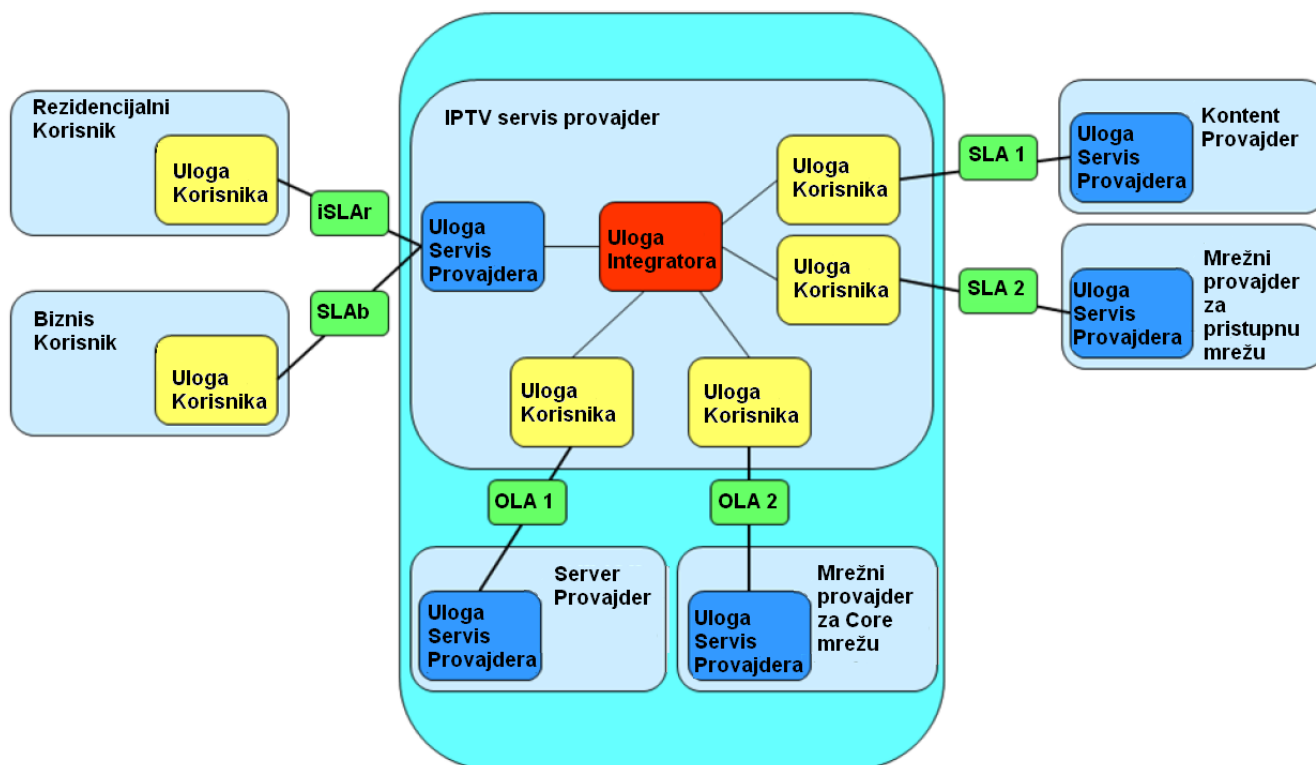
### 2. ULOGE POJEDINIH UČESNIKA U PRUŽANJU IPTV USLUGE

IPTV servis provajder integriše četiri SLA ili OLA ugovora kako bi ponudio uslugu krajnjim korisnicima, bilo sa internim iSLA ili standardnim SLA [2]. Kako bi lakše analizirali svaki od ovih ugovora relevantni učesnici su prikazani na slici 1. Svaki od ovih ugovora treba da bude ugovoren na sledeći način:

- OLA1 i OLA2 treba da budu deo standardne usluge sa internim dobavljačima i treba da budu ugovoreni na taj način da zahtevi IPTV servis provajdera budu zadovoljeni. U mrežnoj infrastrukturi to se odnosi na saobraćajne trunk-ove, a kod hosting-a IPTV servera ekvivalent usluge PaaS (Platform as a Service) [3].
- SLA1 treba da bude ugovoren kao standardna usluga od strane kontent provajdera sa malim brojem parametara koji se ugovaraju. Rezultat ugovora je isporuka HD (High Definition) sadržaja.
- SLA2 treba da bude ugovoren od strane IPTV servis provajdera putem poziva za nabavku (Request for Proposal - RFP), pri čemu posebno treba obratiti pažnju na način na koji su zahtevi postavljeni. IPTV servis provajder postavlja zahteve, a mrežni provajder za pristupnu mrežu treba da obezbedi prioritizaciju IPTV saobraćaja na svojim uređajima.
- iSLAR treba da bude definisan od strane IPTV servis provajdera kao deo standardne usluge, i odnosi se na multimediju, brzinu promene kanala (zapping time) i elektronski programski vodič (EPG) IPTV usluge.
- SLAb se takođe definiše od strane IPTV servis provajdera kao deo standardne usluge, i može biti ugovaran pojedinačno sa biznis korisnicima a pokriva iste aspekte kao i iSLAR.

Ostali aspekti IPTV usluge, kao što su instalacija IPTV servis platforme, autentifikacija i autorizacija krajnjih

korisnika, treba da budu obezbeđeni od strane samog servis provajdera.



Slika 1. Uloge pojedinih učesnika u pružanju IPTV usluge

IPTV servis provajder definiše SLA zahteve za iSLAr i SLAb. Na osnovu ovih zahteva, IPTV servis provajder definiše zahteve prema internim i eksternim servis provajderima što se definiše kroz SLA1, SLA2, OLA1 i OLA2. IPTV servis provajder prima SLA/OLA od dobavljača i ocenjuje koliko dobro oni zadovoljavaju postavljene zahteve. Interni i eksterni servis provajderi nude SLA/OLA standardne usluge IPTV servis provajderu za SLA1, OLA1 i OLA2. Mrežni provajder za pristupnu mrežu nudi SLA2. Svaka promena u ugovoru podleže dodatnoj oceni uticaja na iSLAr/SLAb. IPTV servis provajder na kraju definiše konačni iSLAr i SLAb.

### 3. PROCES RAZVOJA SLA ZA IPTV USLUGU

1. IPTV servis provajder određuje SLA zahteve za iSLAr i SLAb

U literaturi [1] su opisane predložene metrike za SLA menadžment za rezidencijalne IPTV korisnike. Ovo uključuje metrike za Video i Audio, AV sinhronizaciju, promenu kanala i elektronski programski vodič (EPG). Ove metrike podjednako važe i za biznis korisnike. Kao i za odgovarajuće metrike, tako su pružena uputstva i za mesta na kojima je potrebno meriti kvalitet sadržaja (preferira se na lokaciji krajnjeg korisnika - STB).

2. IPTV servis provajder definiše zahteve prema internim i eksternim servis provajderima

Neophodno je oceniti ostvarljivost postavljenih zahteva za SLA krajnjeg korisnika, a ovo uzrokuje i postavljanje SLA zahteva prema dobavljačima. Pri tome je potrebno transformisati metrike koje su postavljene za korisnički SLA na metrike koje su razumljive za dobavljača.

#### 2.1 Interni dobavljač hostovanih servera

Ovaj OLA se ugovara sa dobavljačem koji nema znanja o IPTV usluzi. Metrike bazirane na zahtevima za procesiranje i brzinom transakcija treba izvesti iz podataka o ukupnom broju IPTV kanala koje treba prenositi, ukupnom broju istovremenih korisničkih autentifikacija, itd. IPTV servis provajder razvija zahteve i odlučuje gde i kako će monitorisati OLA.

#### 2.2 Interni dobavljač za Core mrežu

Ovaj OLA se ugovara sa dobavljačem koji nema znanja o IPTV usluzi. Metrike koje se baziraju na gubitku paketa (packet loss) i jitter-u moraju da se proračunaju za ukupan propusni opseg svih

IPTV kanala koji se prenose između glavnih IPTV servisnih čvorova u mreži.

### 2.3 Eksterni kontent provajder

Ovaj SLA se ugovara sa dobavljačem koji poznaje IPTV uslugu. Metrike mogu da budu potpuno iste kao i one koje se koriste za korisnički SLA.

### 2.4 Eksterni dobavljač za pristupnu mrežu

Ovaj SLA se ugovara sa dobavljačem kod koga je poželjno poznavanje IPTV usluge, kako bi se mogao dati odgovarajući prioritet IPTV paketima. Metrike mogu da budu potpuno iste kao i one koje se koriste za korisnički SLA.

3. IPTV servis provajder dobija predloženi SLA/OLA ugovor od dobavljača

IPTV servis provajder izdaje poziv za nabavku (Request for Proposal - RFP) i dobija ponude. Interni dobavljači i eksterni kontent provajder će ponuditi standardni SLA, koji hoće ili neće potpuno zadovoljiti zahteve servis provajdera. Mrežni provajder za pristupnu mrežu će razviti posebnu ponudu i odgovarajući SLA za datog servis provajdera. IPTV servis provajder će oceniti ove ponude i identifikovati razlike između zahtevanog i ponuđenog.

4. IPTV servis provajder pregovara sa internim i eksternim dobavljačima

Sve razlike između zahtevanog i ponuđenog će biti odgovarajuće ocenjene. Rezultat je definisanje krajnjih SLA/OLA ugovora sa svakim dobavljačem.

5. IPTV servis provajder formira završni izgled iSLAr i SLAb ugovora

Sada je servis provajder u prilici da formira finalne iSLAr i SLAb ugovore, izvrši pripreme za početak primene SLA ugovora: obučiti osoblje i instalira potrebne aplikacije na kojima će raditi.

6. IPTV servis provajder potpisuje konkretne SLA ugovore za servise koji podržavaju IPTV uslugu

IPTV servis provajder potpisuje konkretne SLA ugovore za servise koji podržavaju IPTV uslugu: OLA1, OLA2 i SLA1 ugovore. Svi ovi servisi moraju biti u potpunoj funkciji i operativi kako bi usluga bila ponuđena krajnjem korisniku.

7. IPTV servis provajder nudi iSLAr i SLAb ugovore krajnjim korisnicima

Svakom novom korisniku IPTV usluge biće ponuđena standardna varijanta SLA ugovora formiranog na pređašnje opisani način. Ako biznis korisnik zahteva neke promene u SLA koji mu je ponuđen, pojavice se potreba za reviziju ugovora, što će dovesti do formiranja specijalnog SLA ugovora za ovog korisnika. Ovo može uključiti i promene u jednom ili više OLA ili SLA koji se nalaze ispod, kao podrška SLAb ugovoru. Ipak, za IPTV uslugu može se očekivati da će velika većina korisnika prihvatiti standardni SLA. Svi rezidencijalni korisnici imaju implicitni SLA, tako da im se po samoj prirodi nudi standardni SLA.

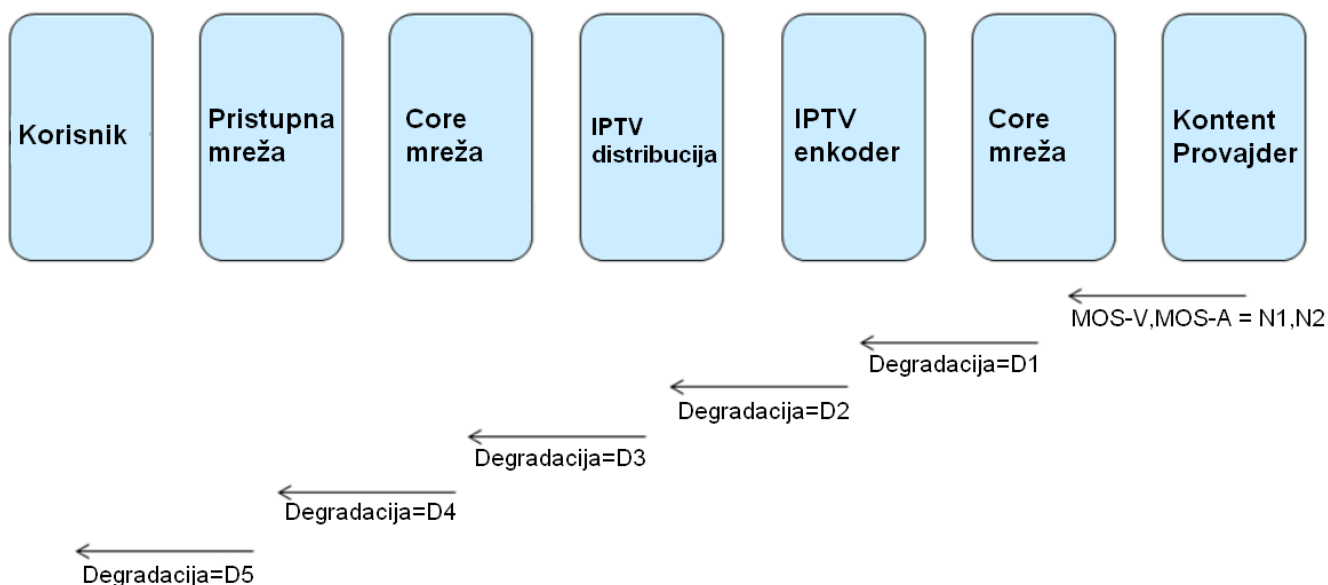
8. IPTV servis provajder potpisuje i aneks ugovora sa krajnjim korisnikom zavisno od broja i mesta njegovih lokacija

Kada novi korisnik potpiše standardni SLA ugovor kreira se primerak SLA ugovora i on se prati kroz sistem za SLA menadžment. Takođe, zavisno od broja korisničkih lokacija i mesta gde se one nalaze, tj. na koji način su povezani na pristupnu mrežu, potpisuje se i SLA2 sa mrežnim provajderom za pristupnu mrežu kao aneks standardnog SLA ugovora.

## 4. MONITORING KVALITETA IPTV USLUGE

Kvalitet IPTV kanala se može opisati na više načina u smislu razdešavanja koja dovode do degradacije signala, koja se mogu meriti posebno ili oceniti kao zbirno merenje. Svi ovi faktori razdešenosti se ne moraju meriti posebno, pa onda kombinovati u jedinstvenu metriku. Postoje tehnike koje mogu proceniti ovu jedinstvenu metriku direktno. Transakcioni dijagram sekvenci je odgovarajući metod kojim se može identifikovati način na koji korisnik pristupa opcijama servisa kao što je vreme promene kanala ili elektronski programski vodič, a takođe je relevantan i za metrike kvaliteta multimedije.

Za kvalitet multimedije, transakcija sadrži isporuku miksovanog video i audio signala do korisnika. Sadržaj, sam po sebi, se dobija od kontent provajdera i prenosi se putem Core i pristupne mreže do IPTV servera pri čemu svaki prenos potencijalno unosi degradaciju kvaliteta, kao što je prikazano na slici 2. Za vreme promene kanala transakcija uključuje (mada nije ograničena samo tim) vreme napuštanja Multicast-a, join na novi Multicast, kao i vreme punjenja bafera iz koga se emituje multimedijalni sadržaj. Mora se proceniti najgori slučaj, koji zavisi od vremena GoP-a (Group of Pictures) u MPEG video stream-u. Što se tiče kvaliteta elektronskog programskog vodiča, ocenjuju se njegova kompletnost i tačnost podataka koja se prikazuje.



Slika 2. Transakcioni dijagram sekvenci kvaliteta IPTV multimedije

#### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je da pokaže kako je za kreiranje SLA ugovora u jednom konkretnom slučaju, kao što je to IPTV usluga, potrebno razmotriti zahteve svih učesnika u korišćenju i pružanju ove usluge. Iz perspektive krajnjeg korisnika ovo znači da mu je potrebno obezbediti one parametre usluge koji znatno utiču na njegovo zadovoljstvo (Quality of Experience - QoE). Iz perspektive servis provajdera IPTV usluga se može ponuditi zajedno sa standardnim SLA ugovorom, što ponekada može biti nedovoljno za biznis korisnika. U tom slučaju servis provajder može ponuditi specijalni SLA ugovor kojim bi zadovoljio korisničke zahteve. Za servis

provajdera dogovoreni SLA ugovor i zahtevi koji se u njemu nalaze idu dalje kroz njegovu organizaciju i postaju osnova za njegov interni menadžment, a time i kontrolu Service Quality Management procesa u okviru njegovog preduzeća.

#### LITERATURA

- [1] GB938: „Best Practice: Video over IP SLA Management“, TM Forum, June 2009
- [2] GB917: „SLA Management Handbook“, TM Forum, November 2012
- [3] GB963: „Cloud SLA Application Note“, TM Forum, October 2012

## Nacionalni okvir interoperabilnosti Republike Srbije i servisno orijentisana arhitektura (SOA)

dr Predrag Đikanović, MUP RS, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije  
 mr Vojkan Nikolić, MUP RS, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije  
 Dusko Sivčević, MUP RS, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

### Apstrakt

*Reforma i modernizacija državne uprave zasnovana na širokoj primeni informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) smatra se jednim od ključnih elemenata daljeg razvoja informacionog društva u Republici Srbiji. Ona se postiže uspostavljanjem interoperabilnosti, odnosno izgradnjom takvog sistema koji omogućava razmenu podataka, informacija i znanja, kroz usklađene poslovne procese uz podršku IKT. 10.01.2014. godine Vlada Republike Srbije je usvojila Nacionalni okvir interoperabilnosti (NOI) kojim se utvrđuju smernice za uspostavljanje i primenu interoperabilnosti u organima državne uprave u Republici Srbiji. NOI Republike Srbije treba da obezbedi usklađenost poslovnih procesa unutar i između organa državne uprave. NOI se uspostavlja u skladu sa evropskom praksom pružanja javnih usluga, poštujući politiku bezbednosti, privatnost, čuvanje i arhiviranje javnih usluga i elektronskih zapisa.*

**Ključne reči::** NOI, inoperabilnost, EIF, GSB, eGovernment, SOA, web services

### Abstract:

*The reform and modernization of public sector based on wide application of information-communication technologies (ICT) is considered as one the key elements of futher development of information society in the Republic of Serbia. This is achieved by establishing interopearbility, that is by building such a system which enables the echange of data, information and knowledge through aligned business processes by support of nformation-communication technologies (ICT). In 2014, on January 10 th, the Government of the Republic of Serbia adopted the National interoperability framework (NIF) by which the guidelines for establishing and application of interoperability in public sector bodies in the Republic of Serbia were determined. NIF of the Republic of Serbia should provide the alignmentof business processes within and between public sector bodies. NIF is established in accordance with an European practice of public services provision respecting*

*the safety policy and privacy, storing and archiving of public services and electronic records.*

**Keywords:** NIF, interoperability, EIF, GSB, eGovernment, SOA, web services

### 1. Uvod

Reforma i modernizacija državne uprave zasnovana na širokoj primeni informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) smatra se jednim od ključnih elemenata daljeg razvoja informacionog društva u Republici Srbiji [1].

Kako bi se obezbedile bolje usluge građanima i privrednim subjektima Republike Srbije usvojeno je nekoliko važnih dokumenta (strategija i akcionih planova):

- Strategija reforme državne uprave i Akcioni plan za sprovođenje reforme državne uprave 2009. do 2012. godine [2];
- Strategija i akcioni plan za razvoj elektronske uprave do 2013. godine [3];
- Strategija i akcioni plan za razvoj širokopojsnog pristupa do 2012. godine [4];
- Strategija razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji do 2020. godine [5];
- Strategija razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine [6];

Strategije daju smernice razvoja, a akcioni planovi precizno definišu zadatke i izvršioce zadataka.

Vlada Republike Srbije 10.01.2014. godine usvojila je Nacionalni okvir interoperabilnosti (NOI) kojim se utvrđuju smernice za uspostavljanje i primenu interoperabilnosti u organima državne uprave u Republici Srbiji. NOI Republike Srbije treba da obezbedi usklađenost poslovnih procesa unutar i između organa državne uprave.

NOI se uspostavlja u skladu sa evropskom praksom pružanja javnih usluga, poštujući politiku bezbednosti, privatnost, čuvanje i arhiviranje javnih usluga i elektronskih zapisa. NOI je u skladu sa European interoperability framenvorkom (EIF) verzija 2.0 [7].

EIF se više bavi obezbeđivanjem panevropske dimenzije interoperabilnosti, ali ima i veliki značaj u obezbeđivanju interoperabilnosti na nacionalnom nivou. To obezbeđuje interoperabilnosti sa zemljama članicama Evropske Unije. EIF ima za cilj da pruži smernice i prioritete aktivnosti koje su neophodne za unapređenje interakcije, razmene i saradnje među evropskim državnim upravama preko granica i među sektorima, za potrebe pružanja javnih usluga u Evropi [1].

Pružanje boljih javnih usluga prilagođenih potrebama građana i privrednih subjekata iziskuje nesmetan protok informacija na nivou čitave državne uprave. To se može postići kroz *interoperabilnost*, koja predstavlja „sposobnost sistema informacionih i komunikacionih tehnologija i poslovnih procesa koje podržavaju, da razmenjuju podatke i omoguće zajedničko korišćenje informacija i znanja” [8].

Interoperabilnost elektronske uprave (eGovernment) je vrlo važna za unapređenje javnog sektora i efikasnosti pri isporuci osnovnih javnih servisa svim građanima i biznis korisnicima. eGovernment interoperabilnost obezbeđuje bolje odluke i bolje upravljanje unutar javnog sektora. Ova vrsta upravljanja omogućava građanima i privrednim subjektima lakši i brži pristup informacijama javnog sektora i servisima.

U svom širem smislu, eGovernment interoperabilnost je sposobnost komponenti javnog sektora da rade zajedno. Na tehničkom nivou to je sposobnost dva ili više različitih sistema informacionih i komunikacionih tehnologija javnog sektora ili komponenti da razmenjuju informacije kao da ne postoje granice [9].

eGovernment interoperabilnost se realizuje usvajanjem standarda i arhitekture. Standarde obezbeđuje NOI koji predstavlja skup standarda i politika koje Vlada koristi kako bi odredila način na koji javni sektor, građani i partneri međusobno saraduju.

NOI uključuje tehničke specifikacije koje bi javni sektor uključen u implementaciju eGovernment-a trebalo da usvoji. Ovi se standardi odnose na:

- Organizacionu interoperabilnost;
- Semantičku interoperabilnost;
- Tehničku interoperabilnost.

Servisno orijentisana arhitektura (SOA) bazirana na Web servisima je arhitektura koja omogućava realizaciju koncepta interoperabilnosti. SOA obezbeđuje visok stepen interoperabilnosti zahvaljujući posebnoj komponenti Enterprise Services Bus (ESB). Ukoliko se otkva magistrala implementira na nivou države kako bi obezbedila interoperabilnost između državnih organa onda se radi o Government Services Bus (GSB).

## 2. Nacionalni okvir interoperabilnosti Republike Srbije

NOI predstavlja dokument politike organa državne uprave kojim se definišu pravila i način korišćenja interoperabilnosti u Republici Srbiji.

NOI definiše moguće zajedničke infrastrukture i usluge, koje mogu da doprinesu interoperabilnosti i olakšaju interakciju na više nivoa, kao i moguće ponovno korišćenje aplikacija i informacija.

Prilikom izrade NOI uzeta su u obzir sledeća dokumenta:

- Strategija i akcioni plan za razvoj elektronske uprave do 2013. godine [3];
- Strategija razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine [6];

NOI takođe uzima u obzir preporuke Evropske unije European interoperability framework verzija 2.0, tehnološku osposobljenost u različitim organima državne uprave, postojeće elektronske usluge u organima državne uprave, primenu otvorenih standarda i aplikacije koje su u širokoj upotrebi među građanstvom [1].

Interoperabilnost omogućava državnoj upravi da bolje upravlja svojim internim poslovima. Ona takođe promovise međunarodnu saradnju poznatu kao međudržavna interoperabilnost, koja može pomoći da se izgradi infrastruktura kakva je potrebna za rešavanje prekograničnih problema.

Interoperabilnost ove ciljeve postize tako što obezbeđuje niz konkretnih povoljnosti:

- Povećava fleksibilnost, omogućavajući različita kombinovanja komponenti;
- Povećava ekonomičnost, omogućavajući ponovno korišćenje postojećih komponenti i mogućnosti;
- Stvara virtuelno integrisane sisteme koji su jednostavniji za upotrebu;
- Omogućava stvaranje novih mogućnosti, kroz izradu novih funkcija, koristeći postojeće.

NOI se primenjuje u skladu sa ovim opštim načelima koji su od značaja za uspostavljanje interoperabilnosti u svim organima državne uprave:

- Bezbednost i privatnost;
- Transparentnost;
- Čuvanje informacija;
- Otvorenost i mogućnost višestrukog korišćenja;
- Nezavisnost od tehnologije i dobavljača.

U Nacionalnom okviru interoperabilnosti je definisan konceptualni model javnih usluga gde se predlaže način da se organizuje kreiranje i funkcionisanje elektronskih

usluga koje izrađuju, primenjuju i održavaju Vlada Republike Srbije i različiti organi državne uprave.

Predstavljen je generički model, koji se može primeniti u svim organima državne uprave u kojima se pružaju javne usluge, bez obzira na njihovu hijerarhiju, položaj, delokrug poslova i mesto njihovog obavljanja, pri čemu model ukazuje na činjenicu da bilo koji organ državne uprave može biti pružalac kako osnovnih, tako i objedinjenih javnih usluga.

Ovaj model pomaže da se sačini zajednički rečnik i u svim upravnim telima uspostavi razumevanje glavnih elemenata javnih usluga. Njime se naglašava pristup gradivnih blokova prilikom uspostavljanja javnih usluga, čime se omogućava interkonekcija i mogućnost višestrukog korišćenja komponenti usluga, prilikom stvaranja novih usluga [1].

U NOI interoperabilnost se razmatra na tri nivoa: tehnološkom, semantičkom i organizacionom (Slika 1). Pored toga, razmatra se i interoperabilnost nivoa upravljanja koji podrazumeva pravni i politički kontekst interoperabilnost.



Slika 1. Nivoi interoperabilnosti (prilagođena verzija EIF v2.0)

### Interoperabilnosti upravljanja

Interoperabilnost uprave prate ostale tri dimenzije interoperabilnosti, a obuhvata političku, pravnu, upravljačku, ekonomsku i tehničku oblast interoperabilnosti. Ona pruža stalnu podršku interoperabilnosti između pravnih instrumenata, organizacionih poslovnih procesa, razmene informacija, usluga i komponenti koje podržavaju pružanje javnih usluga.

### Organizaciona interoperabilnost

Organizaciona interoperabilnost se „odnosi na koordinaciju i usklađivanje poslovnih procesa i informatičkih arhitektura koje se prostiru i unutar i između organizacionih granica” [10]. Ona ima za cilj da

uspostavi „saradnju uprava koje žele da razmenjuju informacije i mogu imati različite interne strukture i procese” [11]. Konkretno, poslovni procesi ili organizaciona interoperabilnost „bavi se zajedničkim metodama, procesima i zajednički korišćenim uslugama za saradnju, zajedno sa radnim tokom, odlučivanjem i poslovnim transakcijama” [12].

### Semantička interoperabilnost

Informaciona ili semantička interoperabilnost se „odnosi na obezbeđivanje toga da precizno značenje informacije koja se prenosi bude razumljivo bilo kom licu ili aplikaciji koja prima podatke” [13]. Informaciona interoperabilnost „omogućava sistemima da kombinuju primljene informacije sa drugim izvorima informacija i da ih obrađuju na smisleni način” [14]. Ona takođe „obezbeđuje zajedničku metodologiju, definisanje i strukturu informacija, zajedno sa zajednički korišćenim uslugama za učitavanje” [15].

### Tehnička interoperabilnost

Tehnička interoperabilnost se „odnosi na tehnička pitanja oko povezivanja računarskih sistema za potrebe razmene informacija ili korišćenja funkcionalnosti” [16]. Ona se odnosi na standarde i specifikacije koji treba da omoguće doslednu razmenu informacija između računarskih sistema, a obuhvata definisanje načela, standarda i smernica za mehanizme uobičajenog prenosa, izradu standardizovanih metapodataka i korišćenje zajedničkog jezika.

## 3. SOA na bazi Web servisa i interoperabilnost

Web servis predstavlja aplikaciju koja je razvijena u skladu sa Web servis standardima i koja izlaže svoju funkcionalnost kojoj se može pristupiti pomoću standardnih Web tehnologija. Web servisi se razvijaju pomoću različitih programskih jezika i mogu se izvršavati na različitim platformama.

World Wide Web Konzorcijum je dao sledeću definiciju web servisa [17]: " Web servis je softverska aplikacija koju identifikuje Uniform Resource Locator (URL); čiji se interfejs i veze mogu identifikovati, opisati i otkriti pomoću Extensible Markup Language (XML) artifakta i podržavaju direktne interakcije sa drugim softverskim aplikacijama koristeći XML zasnovan na porukama preko Internet protokola. "

Jedan od najznačajnijih aspekt Web servisa je interoperabilnost. Da bi se ona postigla vodeće softverske i hardverske kompanije u svetu su fokusirane na razvoj

tehnologija za razvoj i implementaciju Web servisa (Slika 2).

Layer Description	Implementation(s)	Other Concerns		
Standard Messaging	Electronic Business XML Initiative (ebXML)	Quality of Service	Management	Security
Service Composition	Business Process Execution Service for Web Services (BPEL4WS)			
Service Registry	Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) ebXML Registries			
Service Description	Web Services Description Language (WSDL)			
Service Messaging	Simple Object Access Protocol (SOAP)/Extensible Markup Language (XML)			
Service Transport	Hypertext Transfer Protocol (HTTP) Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) File Transfer Protocol (FTP)			

Slika 2. Skup tehnologija Web servisa [18]

U razvoju zasnovanom na servisima interoperabilnost je regulisana usvajanjem Web standarda za interoperabilnost (Tabela 1). Web servisi koriste HTTP protokol za prenos podataka i XML za format podataka. To dozvoljava zahtevima servisa da se lako kreću kroz deo kompjuterskog sistema ili mrežu koja je dizajnirana da blokira neautorizovan pristup (firewall). Razvoj zasnovan na servisima je omogućen pomoću Interneta, WWW i otvorenih tehnologija. Realizacijom servisa postignuto je da se između delova aplikacije skrivaju informacije. Ovo je obezbeđeno razdvajanjem interfejsa servisa od njegove implementacije.

Web servisi omogućavaju sistemima da komuniciraju jedni sa drugima koristeći standardne Web tehnologije.

Organizacija	Standard
World Wide Web Consortium (W3C)	XML, SOAP, HTTP
Web Services Interoperability Organization (WS-I)	BPEL4WS WS-Security WS-Transaction WS-Coordination WS-Attachments WS-Inspection WS-Referral WS-Routing
Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)	UDDI
UN/CEFACT (United Nations Centre for Trade Facilitation)	ebXML
The Internet Engineering Task Force (IETF)	DIME

Tabela 1. Tela standarda Web servisa

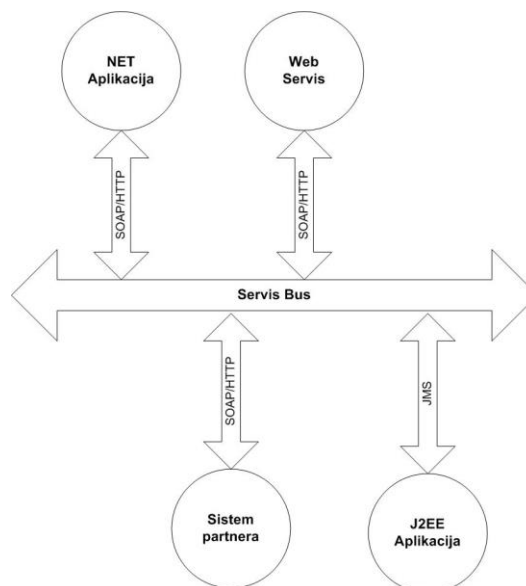
Web servisi promovišu okruženje za sisteme koji koriste labave parove i interoperabilni su. Ovi koncepti Web servisa dolaze od konceptualne arhitekture koja se zove

servisno orijentisana arhitektura. Servisno Orijentisana Arhitektura konfigurise entitete (servise, registre, ugovore i proksije) kako bi obezbedila labave parove i ponovno korišćenje.

Servisno orijentisana arhitektura predstavlja paradigmu koja se odnosi na novi pristup u razvoju informacionih sistema. SOA je nastala u naučno-istraživačkim krugovima, potkrepljena je određenim metodologijama, terminima, relacijama i osnovnim odredbama i ima veoma široku primenu.

Najvažniji aspekt servisno orijentisane arhitekture je da ona odvaja implementaciju servisa od interfejsa servisa. Drugim rečima, ona odvaja "šta" od "kako". Korisnici servisa vide servis jednostavno kao krajnju tačku koja podržava format određenog zahteva ili ugovora. Korisnici servisa se ne brinu kako servis radi pri izvršavanju svojih zahteva.

Servisno orijentisana arhitektura omogućava veliki akcenat na interoperabilnost, tj. mogućnosti sistema da koriste različite platforme i jezike da bi komunicirali jedni sa drugima. Svaki web servis obezbeđuje interfejs koji se može pozvati kroz neku vrstu konektora. Interoperabilni konektor se sastoji od protokola i formata podataka koji svaki od potencijalnih klijenata servisa razume.



Slika 3. Skup tehnologija Web servisa

Tehnike za podržavanje standardnih protokola i formata podataka se sastoje od mapiranja karakteristika svake platforme i jezika za specifikaciju medijacije. Specifikacija medijacije se mapira između formata interoperabilnih podataka i formata specifičnih podataka platforme. Ovo ponekad zahteva mapiranje nizova karaktera kao što su ASCII na EBCDIC kao i mapiranje



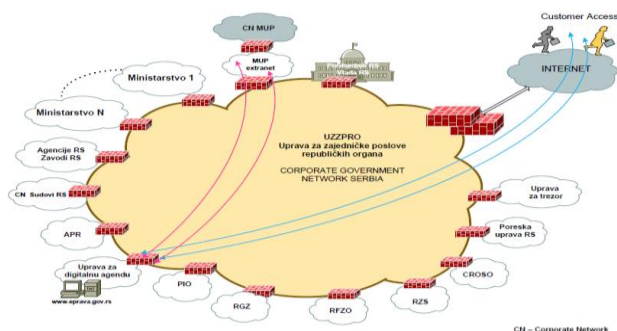
vrste podataka. Na primer, Web servisi su medijacija specifikacije za komunikaciju između sistema.

Enterprise Servis Bus, obezbeđuje Web servisima da komuniciraju između sebe pomoću nezavisne komponente (Slika 3). Ova infrastrukturna komponenta kombinuje „best practices“ iz enterprise application integration (EAI), kao što je message-oriented middleware (MOM), (Web) servise, rutiranja i XML preradu u cilju obezbeđivanja, korišćenja i komponovanja Web servisa.

#### 4. Koncept eGovernmenta Republike Srbije

Strategija razvoja elektronske uprave za period od 2009. do 2013. godine zasniva se na mogućnosti primene IKT u državnim organima. Ova strategija sagledava dalji razvoj eGovernment-a u Republici Srbiji kao pretežno decentralizovan modela eGovernmenta. To znači da ukupnu odgovornost za kvalitet usluga i podataka zadržava organ nadležan za datu uslugu, dok portal eUprava predstavlja mesto gde građani i privrdni subjekti pristupaju radi obavljanja poslova sa državom.

Većina državnih organa u Republici Srbiji ima svoj informacioni sistem (IS). Neki od IS državnih organa su unutar mreže državnih organa (MDO), dok drugi nisu. IS koji se ne nalaze unutar MDO i imaju svoju posebnu mrežu moraju da se povežu sa MDO kako bi podržali eGovernment poslovne procese na portalu eUprava. Na primer, IS MUP-a Republike Srbije nije unutar MDO i za potrebe povezivanja sa MDO i portalom eUprava razvijen je EXTRANET MUP-a Republike Srbije [19] [20]. Na slici 4. je prikazana arhitektura MDO i mesto eUprave u MDO.



Slika 4. Portal eUprava u okviru MDO

Portal eUprava ([www.euprava.rs](http://www.euprava.rs)), zamišljen kao virtuelni šalter, predstavlja tačku gde građani i privredni subjekti pristupaju elektronskim servisima eGovernmenta Republike Srbije. Na samom portalu eUprava se izvršavaju elektronski servisi, tj. poslovni procesi koji podržavaju eGovernment usluge. Poslovni procesi koji

imaju potrebu za podacima ili uslugama nekog drugog državnog organa to obezbeđuje preko Web servisa.

Portal eUprava je realizovna na Microsoft BizTalk Servera 2010 platformi. Ova platforma obezbeđuje [21]:

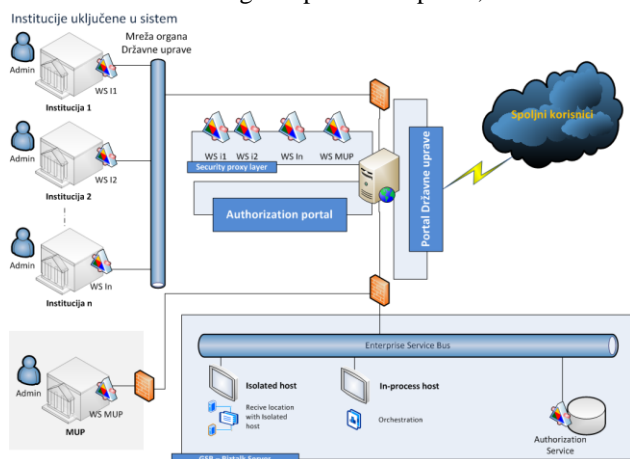
- Automatizaciju i monitoring poslovnih procesa;
- Enterprise integraciju;
- B2B komunikaciju;
- Komunikaciju sa sistemima izvan granica organizacije;
- Content-based publish/subscribe arhitekturu;
- Čvrsta veza sa SQL Serverom: dehydration = serialization, sprečavanje gubitka podataka;
- Administrativna konzola: deployment, monitoring, operacije;
- Automatizaciju poslovnih procesa korišćenjem Orkestracija, long-running transactions;
- Veliki broj adaptera za komunikaciju sa različitim sistemima:
  - EDI, File, HTTP, SFTP, FTP SMTP, POP3, SOAP, SQL, MSMQ, i drugi;
  - Microsoft SharePoint Server, IBM mainframe zSeries (CICS and IMS), iSeries (AS/400) server, IBM DB2, IBM WebSphere MQ adapters;
  - WCF adapteri;
  - BizTalk adapter pack;
  - Third party adapteri i custom adapteri;
- Industry solution accelerators: HIPAA, HL7, RosettaNet, SWIFT;
- Business rules engine (BRE);
- Business activity monitoring (BAM), dashboard (daje prikaz izvršavanje poslovnih procesa i procesiranja poruka);
- EDI podrška: X12 i EDIFACT;
- XML shema;
- Podrška za RFID;

Microsoft BizTalk Server 2010 je platforma koja podržava eGovernment interoperabilnost i na ovoj platformi je moguće realizovati principe NOI Republike Srbije. Kako bi se ovaj sistem unapredio u smislu razvoja eGovernmenta i postizanje većeg stepena interoperabilnosti potrebno je na njemu realizovati GSB.

Na slici 5. je predstavljena realizacija koncepta eGovernmenta Republike Srbije [21] i mesto GSB u arhitekturi eGovernmenta Republike Srbije.

Realizacija GSB na Microsoft BizTalk Serveru 2010 bi obezbedila:

- Platformu za visok stepen interoperabilnosti informacionih sistema državnih organa Republike Srbije;
- Platformu za standardizovanu integraciju državnih organa Republike Srbije;
- Sigurnu razmenu podataka između državnih organa Republike Srbije;
- Jednostavnu registraciju servisa na portalu eUprava;
- Čvrstu spregu sa modulom za generisanje elektronskih usluga na portalu eUprava;



Slika 5. Realizacija koncepta eGovernmenta Republike Srbije [21].

## Zaključak

Usvajanjem Nacionalnog okvira interoperabilnosti Republike Srbije utvrđene su smernice za uspostavljanje i primenu interoperabilnosti u organima državne uprave u Republici Srbiji. Uspostavljanje interoperabilnosti se postiže izgradnjom IKT sistema koji omogućava razmenu podataka, informacija i znanja, kroz usklađene poslovne procese unutar i između državnih organa.

Servisno orijentisana arhitektura bazirana na Web servisima obezbeđuje IKT infrastrukturu za realizaciju interoperabilnosti, tj. mogućnosti sistema da koriste različite platforme i jezike kako bi komunicirali jedni sa drugima.

Za postizanje većeg stepena interoperabilnosti u SOA arhitekturi uvodi se i ESB kao nezavisna komponenta koja obezbeđuje Web servisima da komuniciraju između sebe. U kontekstu eGovernment interoperabilnosti to se postiže uvođenjem GSB.

## References

[1] Vlada RS, Nacionalni okvir interoperabilnosti Republike Srbije, 2014.

[2] Strategija reforme državne uprave i Akcioni plan za sprovođenje reforme državne uprave 2009. do 2012. godine („Službeni glasnik RS”, br. 55/05, 71/05 – ispravka, 101/07, 65/08, 16/11, 68/12 – US i 72/12).

[3] Strategija i akcioni plan za razvoj elektronske uprave do 2013. godine („Službeni glasnik RS”, br. 55/05, 71/05- ispravka, 101/07 i 65/08).

[4] Strategija i akcioni plan za razvoj širokopojsnog pristupa do 2012. godine („Službeni glasnik RS” br. 55/05, 71/05- ispravka, 101/07 i 65/08).

[5] Strategija razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji do 2020. godine ("Službeni glasnik RS", broj 44/10).

[6] Strategija razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine („Službeni glasnik RS”, br. 55/05, 71/05- ispravka, 101/07 i 65/08).

[7] Aneks 2. Saopštenja Komisije Evropskom parlamentu, Savetu, Evropskom ekonomskom i socijalnom komitetu i Komitetu regiona 'U pravcu interoperabilnosti evropskih javnih usluga' COM(2010) 744 konačna verzija

[http://ec.europa.eu/isa/documents/isa\\_annex\\_ii\\_eif\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/isa/documents/isa_annex_ii_eif_en.pdf)

[8] IDABC 2004. Evropski okvir interoperabilnosti za panevropske usluge elektronske uprave v 1.0 str. 5. <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doca2cd.pdf?id=19528>

[9] United Nations Development Programme, eGovernment interoperability: overview, 2007.

[10] Evropska mreža javne uprave, Ključna načela arhitekture interoperabilnosti, str.5.

[11] Evropski okvir interoperabilnosti, v1.0. <http://ec.europa.eu/idabc/en/document/3761/5845.html>

[12] Okvir tehničke interoperabilnosti vlade Australije (AGTIF) v2.

<http://www.agimo.gov.au/publications/2005/04/agtifv2>

[13] Evropska mreža javne uprave (EPAN), Ključna načela arhitekture interoperabilnosti, str.11.

[14] Evropski okvir interoperabilnosti, v1.0, str.16.

[15] Okvir tehničke interoperabilnosti vlade Australije v2, str. 1a.

[16] Evropski okvir interoperabilnosti v1.0, str. 16.

[17] World Wide Web Consortium W3C, [www.w3.org](http://www.w3.org).

[18] Kreger, H., Web Services Conceptual Architecture (WSCA 1.0), IBM, 2001, [www-3.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSCA.pdf](http://www-3.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSCA.pdf).

[19] V.Nikolić, P. Đikanović, D. Batočanin, eGovernment Republike Srbije Produženje registracije motornih i priključnih vozila, YU INFO 2013.

[20] V.Nikolić, J. Protić, P. Đikanović, G2G INTEGRACIJA MUP-a REPUBLIKE SRBIJE SA PORTALOM E-UPRAVA, ETRAN 2013.

[21] Ivan Lazarević S&T, Interoperabilnost kao obave, prezentacija Sinergija 2013.

# ZNAČAJ INFORMACIONIH SISTEMA U SAVREMENOM STRATEGIJSKOM MENADŽMENTU

## THE IMPORTANCE OF INFORMATION SYSTEMS IN MODERN STRATEGIC MANAGEMENT

MSc Anđelija Plavšić<sup>1</sup>, Prof. dr Dragiša Stanujkić<sup>1</sup>, Doc. dr Saša Ivanov<sup>1</sup>, Mr Milica Paunović<sup>1</sup> Goran Stanković<sup>2</sup>  
**Fakultet za menadžment Zaječar<sup>1</sup>, PU Bor<sup>2</sup>**

**Sadržaj-** Osnovna svrha savremenog strategijskog menadžmenta je definisanje odgovarajuće strategije, na osnovu izvršenog izbora među ponuđenim alternativama i implementacije iste, sa ciljem ostvarenja planiranih zadataka i ciljeva preduzeća. Polazeći od toga da su strategijske odluke nestruktuirane i da su za njihovo donošenje potrebne nestruktuirane informacije, neophodan je takav upravljački informacioni sistem koji će biti integrisan u sam proces strategijskog menadžmenta. Na takav način, omogućuje se prikupljanje, obrada i selekcija potrebnih podataka i informacija za donošenje adekvatnih strategijskih odluka koje omogućuju adekvatno strategijsko pozicioniranje preduzeća.

**Abstract -** The main purpose of modern strategic management is the definition of a suitable strategy selected out of a number of alternatives and then its implementation, all with the aim of accomplishing the company's planned tasks and objectives. If the starting point is that strategic decisions are unstructured and that such decision making requires unstructured information, it is necessary to employ a managing information system which will be integrated in the very process of strategic management. In this way the data is gathered, processed and selected which is essential in the process of making suitable strategic decisions, which further leads to the appropriate strategic positioning of the company.

### 1. UVOD

Pri poimanju informacione tehnologije i njenih refleksija na domene menadžment strategija, bespogovorno se mora polaziti od prirode i značaja strategijskog menadžmenta kao najbitnije determinante strategije u sistemu poslovnog upravljanja. U kontekstu tih poimanja privrednog ambijenta i osnovnih funkcija strateškog menadžmenta, preduzeće kao organizaciona forma ljudi, sredstava i tehnologije, treba poimati kao potpuno uređen skup ljudskih, materijalnih, finansijskih i informacionih resursa u proizvodnji roba i davanja usluga za konkretno izabrani tržišni segment u uslovima privređivanja, kako bi se u tom ostvarila zadovoljavajuća visina profita. [1]

### 2. IS I NIVOI MENADŽMENTA

Organizacija može biti podeljena na:

- strateški nivo,
- menadžment nivo,

- nivo znanja,
- operativni nivo.

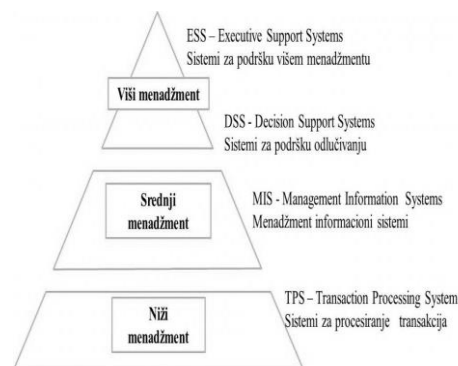
IS opslužuju svaki od ovih nivoa i funkcionalnih oblasti.

- Sistemi koji podržavaju operativni nivo, tj operativni menadžment, omogućavaju obavljanje osnovnih aktivnosti i transakcija u organizaciji. Svrha ovog IS je da odgovori na svakodnevna pitanja i reši rutinske probleme.
- Sistemi koji podržavaju nivo znanja, svrha im je da unesu novo znanje u poslovanje kompanije i pomogne pri kontroli papirologije. Imaju najbrži razvoj i primenu u poslovanju.
- Sistemi koji podržavaju menadžment nivo u organizaciji, podržavaju aktivnosti posmatranja, kontrole, donošenja odluka i administrativnih aktivnosti srednjeg nivoa menadžmenta.
- IS koji podržavaju strategijski nivo u organizaciji pomažu višim nivoima menadžmenta (top menadžment) prilikom odlučivanja i sprovođenja određenih strategijskih odluka i dugoročnih pravaca, kako u organizaciji, tako vezano i za okruženje. To su IS koji podržavaju aktivnosti dugoročnog planiranja top menadžmenta. [2]

Strategijski nivo odlučivanja

Taktički nivo odlučivanja

Operativni nivo odlučivanja



Slika 1. IS i nivoi menadžmenta

### 3. POJAM STRATEGIJSKOG MENADŽMENTA

Strategijski menadžment uključuje strategijsko planiranje i strategijsku akciju u uslovima kada se sredina brzo menja i rastu njeni otpori. Na osnovu strategijskog menadžmenta smanjuju se ili u potpunosti eliminišu

otpori promenama kako bi se sprečilo povećanje jaza između potencijala preduzeća i novih zahteva sredine. Na ovakav način omogućuje se da preduzeće izbegne kriznu situaciju. Kolika će biti efektivnost strategijskog planiranja zavisi od stepena razvijenosti strategijskog menadžmenta u preduzeću, i pri tom, strategijsko planiranje omogućava stvaranje strategijskih alternativa i izbor optimalne strategije, a strategijski menadžment obuhvata razmišljanje, odlučivanje i akciju sa ciljem stvaranja konkurentne prednosti. Osnovna svrha strategijskog menadžmenta je promena sadašnjeg stanja preduzeća koja će dovesti do željene pozicije.

Strategijski menadžment obuhvata 3 područja aktivnosti:

1. strategijska analiza,
2. strategijski izbor,
3. strategijska promena.

Strategijska analiza je neophodna kako bi preduzeće stvarno razumelo dešavanja u sredini, i to pre svega, na tržištu svojih proizvoda i usluga. Na osnovu strategijske analize vrši se procena izvora i sposobnosti preduzeća.

Strategijski izbor polazi od strategijske analize na osnovu koje stvara strategijsku viziju, koja, pak, omogućava izbor najpovoljnijeg strategijskog pravca u datim uslovima. Na osnovu tog pravca, ukoliko postoji potreba, formiraju se brojni paralelni i pobočni pravci poslovne aktivnosti.

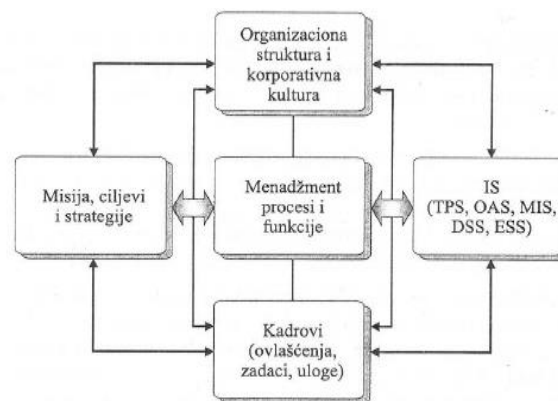
Svrha strategijske analize i strategijskog izbora je strategijska promena, i ukoliko ona ne dovede do željene situacije, onda se poslovna aktivnost ne može oceniti pozitivno. [2]

#### 4. INFORMACIJE ZA STRATEGIJSKE ODLUKE

Uloga poslovnog informacionog sistema (PIS) je da pomogne da se definiše problem o kome treba doneti odluku strategijskog karaktera, da se sagledaju strategijske opcije, izvrši izbor i prate i ocenjuju rezultati sprovođenja strategije, bez adekvatnog PIS nije moguće stvarati strategijske poslovne jedinice od pojedinih podsistema i decentralizovati odgovornost za korišćenje aktive, a da se ne dovede u pitanje kontrola ukupnog poslovanja preduzeća. Pri određivanju prioriteta u informisanju potrebno je poći od:

1. značaja događaja za preduzeće,
2. brzine uticaja događaja na strategijsku poziciju i
3. brzine reagovanja preduzeća na događaj. [3]

Povezanost IS sa strukturom, ciljevima i kulturom preduzeća data je na slici br. 1:



Slika 1. Povezanost IS sa strukturom, ciljevima i kulturom preduzeća [4]

Ukoliko informacioni sistem pruža informacije koje realno odražavaju strategijsku poziciju preduzeća, onda je i reagovanje i iniciranje poslovnih aktivnosti efikasnije i efektivnije. Informacije treba da pomognu da se proceni stanje u sredini, potencijal i sposobnost preduzeća da se ostvari relativno trajna konkurentna prednost. Za primenu savremenog strategijskog menadžmenta neophodno je prilagođavanje informacionog sistema da bi odgovorio novim zahtevima i potrebama.

Faktori od kojih zavisi stvaranje sistema informisanja za strategijski menadžment su :

1. veličina preduzeća,
2. priroda njegove delatnosti,
3. kompleksnost organizacione strukture.

Strategijske odluke zahtevaju posebne informacije ili čak poseban sistem informacija. Potrebne informacije zavise od pozicije preduzeća u sredini, i različita preduzeća zahtevaju različite informacije. Pri istraživanju sredine treba obratiti pažnju na njene tri dimenzije: neposredna, verovatna i moguća sredina.

U svakoj od ovih sredina istražuju se 3 kategorije:

1. događaji,
2. trendovi,
3. faktori tražnje.

Događaj je važno dešavanje u nekoj sredini. Trendovi su opšti pravci ili generalne tendencije događaja. Faktori tražnje su očekivanja od različitih organizacija i institucija koje čine poslovnu sredinu preduzeća u širem smislu. Obaveštavanje za strategijske odluke može biti:

1. defanzivno,
2. pasivno,
3. ofanzivno.

Defanzivno obaveštavanje ima za cilj da se preduprede iznenađenja iz sredine. Pasivno obaveštavanje ima za cilj da pruži podatke za objektivnu ocenu sredine. Ofanzivno

obaveštavanje identifikuje mogućnosti koje se na drugi način ne bi ustanovile.

## 5. KARAKTER STRATEGIJSKIH ODLUKA

Strategijske odluke imaju za cilj rešavanje problema koji su od strategijskog značaja za preduzeće. Ovi problemi spadaju u nestruktuirane probleme i njih nije jednostavno definisati jer se sastoje od slabo definisanih promenljivih, pa su za njihovo donošenje potrebne posebne informacije, odnosno poseban informacioni sistem.

Strategijske odluke se donose na:

1. nivou preduzeća,
2. nivou strategijskih poslovnih jedinica i
3. nivou poslovnih funkcija.

Na nivou preduzeća, strategijske odluke su inovativne, donose se sporadično, potencijalna dobit i rizik su veliki i potrebna je konsultacija sa svim stejkholderima. Na nivou strategijske poslovne jedinice (SPJ) donose se odluke mešovitog tipa - koncepcione i operativne, donose se sporadično i periodično, potencijalna dobit i rizik su srednjeg nivoa. Na nivou poslovnih funkcija su odluke operativnog karaktera, donose se često, potencijalna dobit i rizik su skromni.

Odluke se dele na strategijske i taktičke:

- Strategijske odluke su neprogramirane, i to su odluke kojima se reaguje na izazove u sredini - opasnosti ili mogućnosti.
- Taktičke odluke - problem i alternativa za njihovo rešenje su poznati, a u praksi je ranije, već mnogo puta doneta takva odluka. [3]

To podrazumeva da je za efikasan strategijski menadžment potrebno prvo utvrditi tzv. kritične faktore uspešnog poslovanja, a nakon toga doneti odluke koje su od suštinskog značaja za poslovanje, za koje je potrebno raspolagati pravim informacijama, što je šematski prikazano na slici 2.



Slika 2. Planiranje razvoja IS [5]

Analiza kritičnih faktora uspeha obuhvata sledeće:

- Organizacije prebogate podacima i siromašne informacijama,
- Informacije kritične za uspeh poslovanja, značajne odluke u vođenju poslovanja,
- Metod kritičnih faktora uspešnosti,
- Sredstvo za razumevanje i identifikaciju informacionih zahteva menadžmenta,
- Kritični faktori uspešnosti su neke oblasti u kojima zadovoljavajući rezultati obezbeđuju postignuća pojedinca, grupe ili organizacije.

Na osnovu prethodno rečenog, proizilazi da su od suštinskog značaja sledeće odluke:

- Determinisati područja relevantne konkurentske prednosti;
- Definirati, postaviti i odabrati osnovne tržišne ciljeve;
- Odlučiti koji proizvodi treba da budu inovirani i/ili zamenjeni novim;
- Unaprediti postojeće i razviti nove kanale prodaje;
- Analizirati troškove poslovanja;
- Determinisati buduće procese tražnje i konkurencije.

Sa druge strane, kritične informacije odnose se na sledeće:

- Imati na raspolaganju informacije o moći, slabostima, šansama i pretnjama;
- Obezbediti praćenje prodaje (životnog ciklusa) svakog proizvoda i njegove tržišne pozicije u odnosu na konkurenciju;
- Uvid u skrivene odnose između velikih zbirki podataka o prodaji;
- Podaci, informacije i znanje o klasterizaciji tržišta;
- Podaci i informacije za praćenje i analizu troškova poslovanja;
- Uvid u cash flow.

## 6. ZAKLJUČAK

Savremen način poslovanja i intenzitet promena u svim oblastima života, zahtevaju usklađenost, povezanost i interakciju svih elemenata sistema i okruženja. Područje IS-a bi trebalo biti organizovano na način koji mu omogućava da ostvari svoje strateške ciljeve, kao i da pomogne ostvarenju ciljeva čitave organizacije. IS, kao i svako drugo funkcionalno područje organizacije, treba da sledi princip koji kaže da "struktura prati strategiju." Prilikom analize strateških opcija i odabira istih, informacije su te od kojih zavisi kvalitet donetih odluka, a od kvaliteta donetih odluka zavisi uspešnost ostvarenja planiranih ciljeva. Ukoliko informacioni sistem omogući relevantne informacije koje prikazuju pravu strategijsku poziciju preduzeća, onda će i reagovanje preduzeća na promene biti brže, a poslovanje efikasnije.

**LITERATURA**

- [1] Trajković M.i Petrović, D. „Informaciona tehnologija u funkciji strategijskog menadžmenta“, Zbornik radova 17, str.138-148, Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu
- [2] Ivanov S., „Menadžerski informacioni sistemi“, Megatrend univerzitet, Beograd, Fakultet za menadžment Zaječar, 2012
- [3] Milisavljević M., „Savremeni strategijski menadžment“, Megatrend univerzitet Beograd, 2005.
- [4]<http://www.mbs.edu.rs/content/default/menadzerski-is-Informacioni%20sistemi-%20definisanost%20i%20uloga.pdf>
- [5] <http://www.ef.uns.ac.rs/Download/ris/2013-03-12-RIS02-2013.pdf>

## Софтвер за електромагнетску анализу електрички великих структура заснован на PDM методи

### Software for electromagnetic analysis of electrically large structures based on PDM method

Миодраг Тасић, Бранко Колунџија

*Универзитет у Београду - Електротехнички факултет*

**Садржај** – Нумерички егзактна електромагнетска анализа електрички великих структура у фреквенцијском домену рачунарски је веома захтевна. Стога већина произвођача софтвера за електромагнетско моделовање и анализу користи и апроксимативне технике намењене решавању електрички великих проблема. У овом раду приказан је софтверски модул за софтверски пакет за електромагнетско моделовање и анализу WIPL-D Pro. Софтверски модул заснован је на оригиналној методи коју смо развили и погодан је за апроксимативну анализу електрички великих претежно металних расејача, као и антена на електрички великим претежно металним платформама.

**Abstract** – Numerically exact electromagnetic analysis of electrically large structures in frequency domain is extremely computationally expensive. Hence many manufacturers of the software for electromagnetic modeling and analysis also use approximate techniques for solution of electrically large problems. In this paper we present a software module for the software package for electromagnetic modeling and analysis WIPL-D Pro. The software module is based on the original method that we developed and is suitable for approximate analysis of electrically large mainly metallic scatterers, and for antennas on the electrically large mainly metallic platforms.

#### 1. Увод

Софтверски пакети за електромагнетско моделовање и анализу треба да омогуће кориснику да дефинише геометријски модел структуре за анализу (било тако што ће направити нови модел у оквиру софтвера или тако што ће увести постојећи модел из неке друге апликације), да покрене електромагнетску анализу и да резултате те анализе има на располагању ради прегледа и евентуалне даље обраде. Под самом електромагнетском анализом подразумева се решавање неког облика једначина електромагнетског поља: у интегралном или диференцијалном облика, у временском или фреквенцијском домену. Резултат решавања интегралних једначина јесу „извори“ поља – расподела струја и наелектрисања, одакле се затим

могу израчунати све потребне величине, нпр. електромагнетско поље. За реалне проблеме решење се не може добити у аналитичком облику, па се ове једначине решавају нумерички. Под нумерички егзактним методама решавања подразумевамо оне за које решење произвољног проблема тежи тачном решењу (пододређеним условима које можемо да контролишемо).

Решавање у фреквенцијском домену могуће је за изотропне, линеарне и хомогене. Тада се анализа на једној учестаности може спровести у комплексном домену, чиме се диференцијални изрази своде на алгебарске, тј. упрошћавају се. Нумерички егзактно решавање интегралних једначина електромагнетског поља у фреквенцијском домену најчешће се спроводи методом момената [1]. У случају електрички великих проблема (када су димензије структуре много веће од таласне дужине на радној учестаности) метода момената (МоМ) постаје рачунарски неефикасна. Стога се практикују други приступи – најчешће хибридне технике [2] и MLFMM [3]. С обзиром да је реч о апроксимативним техникама, брзина и тачност добијеног решења зависи од конкретног проблема. Неки од водећих светских произвођача софтвера за електромагнетско моделовање и анализу [4-5] користе технике [1-3], а ту убрајамо и домаћу фирму WIPL-D [6], чији је основни софтверски производ WIPL-D Pro.

У овом раду приказаћемо новоразвијени софтверски модул за WIPL-D Pro, заснован на оригиналној методи намењеној апроксимативном решавању електрички великих структура. Метода омогућава да се проблеми за чије је решавање МоМ-ом потребан кластер, реше са задовољавајућом тачношћу коришћењем само једног персоналног рачунара. Рад је у наставку организован овако: у другом поглављу укратко је описана оригинална метода за анализу електрички великих структура (као надградња МоМ-а у WIPL-D Pro изведби), у трећем поглављу изложене су најзначајније појединости софтверске имплементације те методе, у четвртном поглављу приказан је кориснички интерфејс софтверског модула, а на крају су дати закључак и списак литературе.

## 2. Метода за анализу електрички великих структура

WIPL-D Pro омогућава геометријско моделовање структуре од интереса преко њених раздвојних површи. Као градивни површински елементи користе се генерализовани закривљени четвороуглови, тзв. билинеарне површи, а површинске целине представљају се мрежом таквих четвороуглова – плоча. Омогућено је и коришћење зарубљених конуса, погодних за моделовање жица. Побуда може бити раван електромагнетски талас или тачкасти генератор прикључен на жицу. У првом случају говоримо о анализи расејача, а у другом о анализи антена. Електромагнетска анализа тако начињеног модела врши се решавањем површинских интегралних једначина електричног поља, у фреквенцијском домену. Ове једначине спадају у линеарне операторске једначине и могу се написати у облику

$$L\mathbf{f} = \mathbf{g} . \quad (1)$$

где је  $\mathbf{g}$  позната векторска функција (побуда),  $L$  је линеарни оператор (једначина), а  $\mathbf{f}$  непозната векторска функција коју треба одредити (одзив – расподела површинских струја структуре). МоМ решење за  $\mathbf{f}$  усваја се као линеарна комбинација  $N$  познатих векторских функција базиса  $\mathbf{f}_k$

$$\mathbf{f}_a = \sum_{k=1}^N a_k \mathbf{f}_k \quad (2)$$

чији се непознати комплексни тежински коефицијенти  $a_k$  („струјни коефицијенти“) добијају као решење линеарног система једначина

$$\sum_{k=1}^N z_{jk} a_k = v_j, \quad j = 1, \dots, N . \quad (3)$$

Начин одређивања коефицијената  $z_{jk}$  (елементи МоМ матрице) и  $v_j$  (елементи МоМ колоне) детаљно је објашњен у [7]. Број потребних функција базиса зависи од њиховог типа, али, за сваки тип, потребан је одређени (константан) број функција базиса по сваких  $\lambda^2$  површине модела (где је  $\lambda$  таласна дужина на радној учестаности  $f$ ). Повећањем учестаности побудног сигнала таласна дужина опада а број потребних функција базиса  $N$  расте. Имајући у виду да, при решавању система од  $N$  линеарних једначина, меморијско заузеће расте као  $O(N^2)$ , а време решавања као  $O(N^3)$ , јасно је да МоМ постаје неефикасан за електрички велике проблеме.

Зато смо развили методу која не решава тај систем, већ струјне коефицијенте приближно одређује у итеративном поступку. Најпре функције базиса

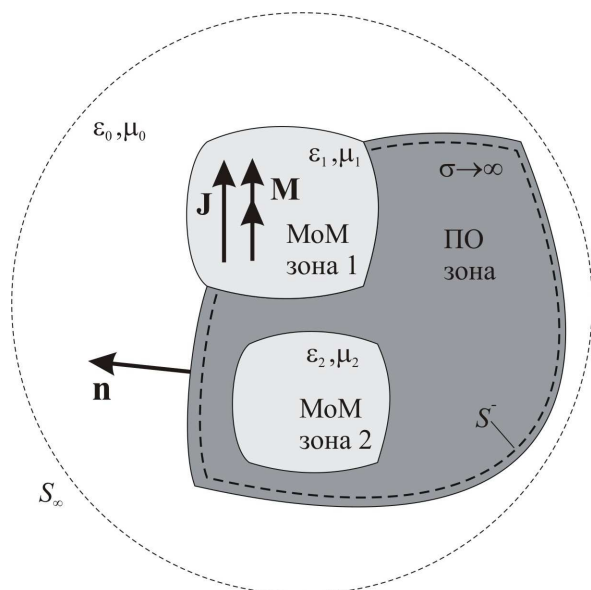
$\mathbf{f}_k, k = 1, \dots, N$  расподељујемо на одређени број ( $\ll N$ ) група. Једна функција базиса може припадати само једној групи, али може бити и у више од једне групе. У свакој итерацији додајемо по један скуп (корекционих) вредности за непознате коефицијенте  $a_k$  ( $a_k^{(i)}, k = 1, \dots, N$  у итерацији  $i$ ) и за сваку групу функција базиса креирамо (највише) једну макро функцију базиса – као линеарну комбинацију функција базиса те групе, са тежинским коефицијентима  $a_k^{(i)}$ . Апроксимативно решење  $\mathbf{f}_a^{(i)}$  у текућој итерацији,  $i$ , усвајамо као линеарну комбинацију свих макро функција базиса, а тежинске коефицијенте одређујемо тако да минимизирамо интегралну меру одступања од МоМ решења – Резидијум. За мали број итерација ће укупан број макро функција базиса бити знатно мањи од  $N$ , па ће и решавање бити ефикасније него класичним МоМ-ом. Корекционе вредности  $a_k^{(i)}$  у свакој итерацији (изузев почетне) одређујемо на основу решења из претходне итерације. Према начину одређивања њихових тежинских коефицијената  $a_k^{(i)}$ , функције базиса  $\mathbf{f}_k$  сврставамо у зону методе момената (МоМ зону) и зону физичке оптике (ПО зону). Детаљи методе описани су у [8-9]. Алгоритам ћемо, према енглеском називу (PO Driven MoM), скраћено називати PDM.

## 3. Софтверска имплементација алгоритма

У овом поглављу приказаћемо преглед основних корака алгоритма методе из претходног поглавља и осврнућемо се на софтверску реализацију сваког корака алгоритма. Полазимо од постојеће МоМ имплементације (изложене у другом поглављу), од које преузимамо геометријско моделовање, функције базиса и елементе МоМ матрице и колоне.

**Корак 1 – оријентација затворених површи и раздвајање МоМ зоне и ПО зоне.** За функционисање PDM алгоритма потребно је познавати спољашњу нормалу за све савршено проводне површинске елементе који су део затворене површи. Стога је израђена процедура која анализира топологију структуре, одређује затворене површи и врши оријентацију површинских елемената (тј. одређује спољашњу нормалу  $\mathbf{n}$  на слици 1) према алгоритму приказаном у [8]. Затим функције базиса треба укључити у МоМ зону или у ПО зону. У ПО зону могу да уђу само функције базиса дефинисане на савршено проводним површинским елементима који су део затворене површи (већа ПО зона значи већу ефикасност, пошто се корекција на том делу обавља са мање рачунских операција), док у МоМ зону може ући било која функција базиса модела. Израђена је процедура која препознаје изоловане делове структуре који морају ући у МоМ зону и креира помоћне описане елипсоиде око сваког таквог дела.





Слика 1. Подела структуре на МоМ зону и ПО зону

**Корак 2 – груписање функција базиса.** Групе функција базиса су база за креирање *макро функција базиса* – линеарних комбинација функција базиса те групе, са *индивидуалним* тежинским коефицијентима. Функције базиса из исте групе ће у PDM решењу имати исти *заједнички* тежински коефицијент, па је битно да квалитет процене индивидуалних тежинских коефицијената једне групе буде сличан. То се обично може постићи груписањем физички блиских функција базиса. Израђена је процедура која издваја ентитете из сваког елипсоида МоМ зоне у посебан, парцијалан, модел. Функције базиса сваког парцијалног модела чиниће једну групу. Функције базиса из ПО зоне делимо на више група према просторном распореду плоча којима припадају. Израђена су две различите процедуре које врше ову поделу плоча и, на основу ње, поделу функција базиса.

**Корак 3 – почетно решење (итерација  $n = 0$ ).** У случају анализе антена, почетно решење добија се МоМ анализом парцијалних модела који садрже побудне генераторе (на слици 1 МоМ зона 1 има побуду) – за ово се користи постојеће WIPL-D Pro нумеричко језгро. Потребно је затим овако добијене струјне коефицијенте (тежинске коефицијенте функција базиса) уврстити на одговарајуће место у целом моделу – направљена је процедура која води рачуна о томе. У случају анализе расејача, почетно решење се добија применом апроксимације физичке оптике. У ту сврху израђена је процедура која проверава да ли постоји оптичка видљивост између зрака таласа и посматране тачке структуре и на основу тога рачуна струју у тој тачки. Такође је израђена и процедура која струје у дискретним тачкама структуре апроксимира линеарном комбинацијом функција базиса (2) тако да се минимизира средња квадратна грешка ове апроксимације на нивоу појединачних ентитета (што је нешто мање тачно али неупоредиво брже него да се

минимизира на нивоу читаве структуре).

**Корак 4 – грешка решења у итерацији  $n-1$ .** На крају сваке итерације у оквиру посебне процедуре рачуна се грешка решења – резидијум – за сваку од једначина (3), као и грешка решења за читав систем – Резидијум, који нам служи као интегрална мера тачности решења. Ова процедура унета је директно у WIPL-D Pro нумеричко језгро.

**Корак 5 – макро функције базиса у итерацији  $n$  ( $n > 0$ ).** На основу решења из претходне итерације рачунамо тзв. корекционе струје у ПО зони

$$\Delta \mathbf{J}_s^{(n)} = 2\mathbf{n} \times \mathbf{H}^{(n-1)} \Big|_{S^-} \quad (4)$$

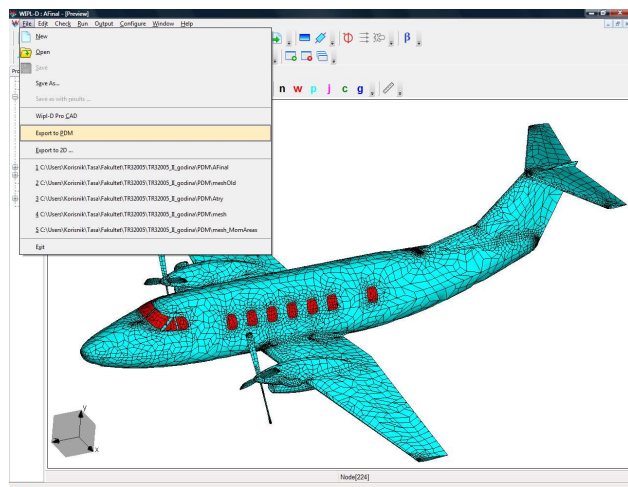
где је  $\mathbf{n}$  јединични вектор нормале, усмерен од површи модела, а  $\mathbf{H}^{(n-1)} \Big|_{S^-}$  вектор магнетског поља, непосредно испод површи ПО зоне (слика 1), израчунат на основу решења из претходне итерације,  $\mathbf{f}_a^{(n-1)}$ . За рачунање магнетског поља користимо WIPL-D Pro нумеричко језгро. Корекционе струје рачунају се у дискретним тачака и затим се апроксимирају линеарном комбинацијом (2). Корекционе коефицијенте у МоМ зони добијамо као решење парцијалних модела побуђених резидијумима из претходне итерације  $R_j^{(n-1)}$ . У оквиру посебне процедуре врши се покретање анализе ових модела и пресликавање резултата у цео модел. Коришћењем овако добијених корекционих коефицијената, на основу сваке групе функција базиса креирамо по једну нову макро функцију базиса.

**Корак 6 – решење у итерацији  $n$ .** Решење у текућој итерацији изражава се као линеарна комбинација свих претходно креираних макро функција базиса. Непознати тежински коефицијенти рачунају се решавањем система једначина добијеног из услова да се минимизира Резидијум. Процедуре за рачунање матрице овог система и његово решавање уграђене су директно у WIPL-D Pro нумеричко језгро.

#### 4. Кориснички интерфејс

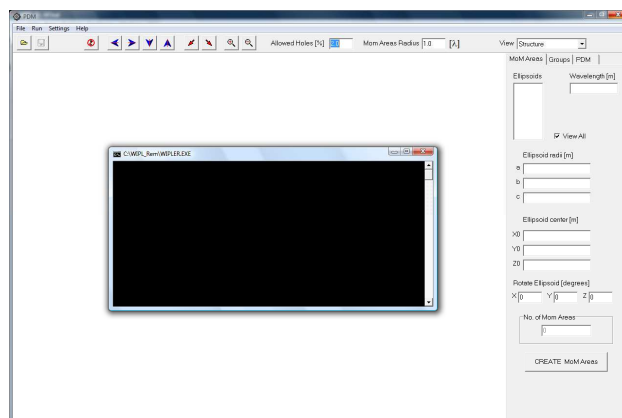
Софтверски модул израђен је у развојном окружењу Delphi 2007, изузев одређених процедура (поменутих у претходном поглављу) које су, ради веће ефикасности, уграђени директно у WIPL-D Pro нумеричко језгро. Модул има сопствени графички прозор који се позива из WIPL-D Pro корисничког интерфејса. PDM анализа одвија се кроз следеће кораке: 1) израда модела у WIPL-D окружењу, 2) пребацивање WIPL-D модела у PDM модул, 3) оријентација затворених површи и снимање PDM пројекта, 4) креирање помоћних елипсоида, 5) креирање МоМ зона, 6) груписање површинских елемената ван МоМ зона, 7) покретање PDM анализе и 8) преглед резултата у WIPL-D окружењу.

**1) Израда модела у WIPL-D окружењу.** Modelovanje se vrši na korišćenjem zakrivljenih četвороугаоних површинских елеменata – плоча и зарубљених конуса – жица. Побуда антене врши се делта генератором прикљученим на жицу, а расејача равним електромагнетским таласом. PDM модул подржава анализу произвољних метално-диелектричних структура. Тако претежно метални авион (плаво) са слике 2 садржи микроталасну печ антену на подножју (чак и да је авион окренут подножјем ка нама, антену, врло малих димензија, видели бисмо тек при великом увећању слике), а прозори авиона (црвено) начињени су од диелектричног материјала. Након што се подесе сви параметри анализе, улазни модел се пребације у PDM модул опцијом File>Export to PDM.



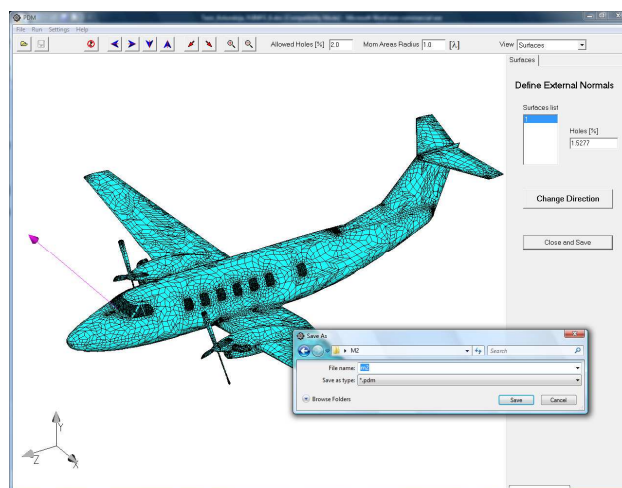
Слика 2. Израда модела у WIPL-D окружењу

**2) Пребацивање WIPL-D модела у PDM модул.** Приликом пребацивања модела у PDM модул најпре се отвара прозор PDM модула, а одмах затим покреће се WIPL-D Pro нумеричко језгро (мали црни прозор на слици 3). Реч је о извршном програму који врши геометријску и електромагнетску анализу модела уписаног у улазне фајлове. WIPL-D Pro језгро може извршити целокупну анализу, али и само поједине делове те анализе. Тако се приликом пребацивања WIPL-D модела у PDM модул WIPL-D језгро покреће у моду за тополошку анализу улазног модела. Под тиме се подразумева: 1) додатна подела свих плоча и жица чија електрична величина превазилази ону задату у WIPL-D моделу 2) обраду спојева плоча и жица, 3) аутоматско оивичавање, ако је задато и 4) раздвајање плоча по доменима – бесконачно танке металне плоче на раздвојној површи два диелектрика добијају два примерка, по један за сваки од диелектрика. Оваквом додатном обрадом улазног WIPL-D модела добија се извршни WIPL-D модел: онај над којим се спроводи електромагнетска анализа. С обзиром да PDM модул користи делове те електромагнетске анализе: МоМ функције базиса и МоМ матрицу, потребан му је модел на који се те величине односе, дакле извршни WIPL-D модел.



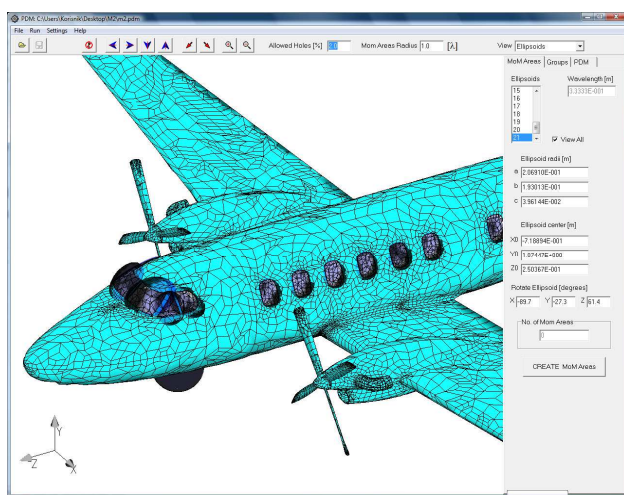
Слика 3. Пребацивање WIPL-D модела у PDM модул

**3) Оријентација затворених површи и снимање PDM пројекта.** По окончању тополошке анализе коју врши WIPL-D Pro нумеричко језгро, у PDM прозору појављује се PDM структура (тј. извршни WIPL-D модел), која, у општем случају, садржи више плочица и жица од улазног WIPL-D модела. За примену PDM анализе важно је знати спољашњу нормалу свих затворених површи. Оријентација плоча у WIPL-D моделу је случајна, па се приликом пребацивања модела врши аутоматска оријентација. Кориснику је, ради додатне контроле, на располагању листа свих простих површи, Surfaces list, уцртана нормала активне површи из те листе и дугме Change Direction, ради евентуалне ручне промене нормале. У поље на Toolbar-у Allowed Holes[%] уписан је проценат допуштене „отворености“ – површ чији отвори су процентуално довољно мали третира се као затворена површ (постоје модели који, ради лакшег моделовања, садрже одређени број рупица, што није препрека за нашу електромагнетску анализу). Стандардна вредност је 2%, а корисник који жели другу вредност, пребацивање модела мора извршити из PDM прозора, након што подеси овај параметар. Овако добијен (додатно сегментован и оријентисан) модел, потребно је снимити, што се постиже кликом на Close and Save и избором имена PDM пројекта (слика 4).



Слика 4. Оријентација површи и снимање PDM пројекта

**4) Креирање помоћних елипсоида.** Пре почетка PDM анализе, из структуре је потребно издвојити МоМ зоне. У МоМ зону морају да уђу све жице (са генераторима), диелектричне плоче и плоче које не припадају затвореним површима. Остале плоче могу, али не морају бити у МоМ зони. Након снимања пројекта са Close and Save, софтвер аутоматски детектује изоловане скупове ентитета који морају припадати МоМ зони, и за сваки такав скуп ентитета креира описани елипсоид. Уколико скуп не садржи генераторе, елипсоид ће добити минимално потребне димензије да би обухватио све ентитете скупа. За скуп који садржи генераторе, димензије сваке полуосе елипсоида мање од броја таласних дужина задато у пољу Mom Areas Radius постављају се на постојућу вредност. Ово стога што се при моделовању често дешава да антена лебди изнад структуре, без директног физичког споја. Издвајање само антене, без околних делова, било би бесмислено. На крају овог поступка, свака изолована целина која мора бити у МоМ зони добија свој елипсоид. Избором редног броја елипсоида у листи Ellipsoids (из МоМ Areas картице на панелу уз десну ивицу графичког прозора) параметри тог елипсоида појављују се у пољима Ellipsoids radii [m] – дужине полуоса елипсоида, Ellipsoids center [m] – координате центра елипсоида и Rotate Ellipsoids [degrees] – ради лакше манипулације од стране корисника, елипсоид је задат као да су му осе a, b и c (иначе поређане овако по дужини, од највеће ка најмањој) постављене дуж x, y и z осе Декартовог координатног система, па затим ротиране око сваке од тих оса (прво по x, затим по y и на крају по z). Корисник сада овај елипсоид може да едитује. Ради лакшег едитовања, уклањањем потврде са поља View All на екрану ће се видети само селектовани елипсоид. Елипсоид се не могу брисати, али постављање дужина њихових оса на нулу, или смештање у празан простор, еквивалентно је брисању. С друге стране, нема потребе за већим бројем елипсоида од броја изолованих МоМ целина. На слици 5 видимо да наш модел има 21 елипсоид. Конкретно, један елипсоид креиран је за печ антене, а остатак за диелектричне прозоре. Елипсоиди су транспарентни, те се кроз њих види структура.

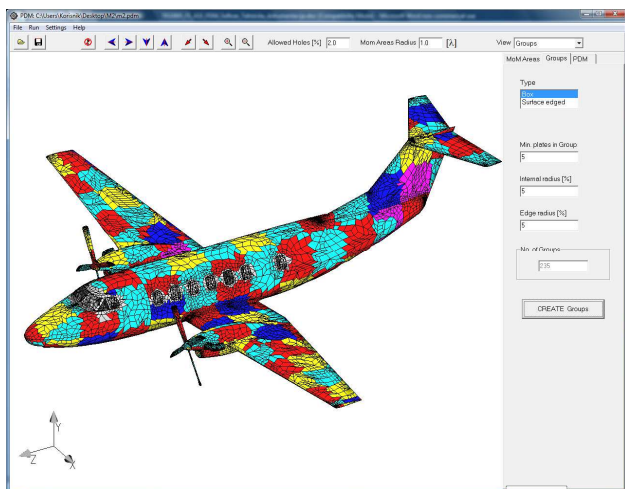


Слика 5. Креирање помоћних елипсоида

**5) Креирање МоМ зона.** Кликом на дугме Create МоМ Areas (слика 5) за сваки елипсоид креира се по једна МоМ зона од свих ентитета које су макар делимично у елипсоиду. Ако том приликом дође до додиривања тако насталих МоМ зона сегментима, врши се њихово аутоматско спајање у једну МоМ зону (али не и ако се додирују само изолованим тачкама). Укупан број тако насталих МоМ зона исписује се у пољу No. of МоМ Areas (у нашем случају 12). Ако постоје ентитети који морају ући у МоМ зону, а нису обухваћени ни једним елипсоидом, издаје се порука о грешци. Омогућено је и ручно едитовање МоМ зона мишем, путем превлачења ентитета из МоМ зона у ПО зону и обратно.

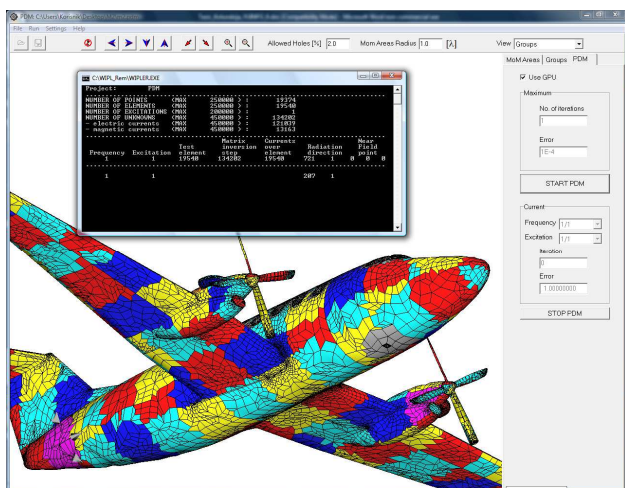
**6) Груписање површинских елемената ван МоМ зона.** Груписање плоча ван МоМ зона врши се из Groups картице на панелу уз десну ивицу графичког прозора. Плочице ван МоМ зоне групирамо избором алгорита за груписање (Box или Surface edged), избором параметара груписања и кликом на Create Groups (слика 6). Box алгоритам подразумева смештање структуре у паралелепипед чије су стране паралелне Декартовим површима, поделу унутар паралелепипеда на коцкице чије димензије су задате као проценат максималне димензије структуре (Internal radius [%]), и смештање плоча које су у истој коцкици у исту групу. Затим се, у оквиру групе, врши додатна подела дуж оштрих ивица. Ако је број плоча у групи мањи од Min. plates in Group, софтвер покушава да је придружи некој од суседних група (услов је да са њом не гради оштре ивице). Surface edged је много сложенији алгоритам. Реч је о итеративном поступку у којем се најпре издвајају појединачне ивице структуре (место спајања две ивице), затим се те ивице спајају у сегменте (скуп више међусобно повезаних ивица) али тако да закривљење, ни локално (угао између две суседне ивице), ни глобално (угао који описује читав сегмент) не буде веће од прописаног, затим се од читавог сегмента издваја део који упада у круг чији је полупречник задат као проценат максималне димензије структуре (Edge radius [%]), а чији је центар у тежишту сегмента, па се тај преостали сегмент дели на две групе – по једну за сваку страну сегмента („оштрице“). Ово се понавља док се не потроше све ивице. Затим се групишу „равни“ делови структуре – увек се креће од „најравнијег“ дела структуре и додају му се суседне плоче све док се не наруши дозвољена „равноћа“ – угао између средње нормале групе и нормале на нову плочу за додавање, или пак нема више неискоришћених суседних плоча за додавање. Затим се из читаве групе издваја део који упада у круг чији је полупречник задат као проценат максималне димензије структуре (Internal radius [%]), а чији је центар у тежишту групе. Ово се понавља док се не потроше све плоче. Процедура траје знатно дуже од Box процедуре, а резултати су обично тек нешто бољи, па се њена примена препоручује само у примерима са великим бројем оштрих ивица. Резултат груписања Box алгоритмом приказан је на слици 6. Укупан број група исписује се у пољу No. of Groups (у

нашем случају 235). Суседне групе имају различите боје, а ентитети МоМ зоне обојени су сиво. Омогућено је и ручно едитовање група мишем, путем прелачења ентитета из једне групе у другу.



Слика 6. Груписање површинских елемената ван МоМ зона

**7) Покретање PDM анализе.** Покретање PDM анализе врши се из PDM картице на панелу уз десну ивицу графичког прозора. Задаје се максималан број итерација (No. of iterations) и жељени Резидијум (Error), а анализа се покреће кликом на Start PDM. Током рада појављује се прозор WIPL-D Pro нумеричког језгра, у које смо директно имплементирали део кода PDM анализе (слика 7). По окончању анализе исписује се порука о времену трајања анализе, а у Current одељку види се тренутни број итерација и тренутна грешка. Кликом на OK врши се повратак у WIPL-D окружење.



Слика 7. Покретање PDM анализе

**8) Преглед резултата у WIPL-D окружењу.** Аутоматским повратком у WIPL-D окружење постиже се и аутоматско отварање WIPL-D модела за који је извршена PDM анализа (тј. извршног модела), након чега корисник може да прегледа добијене резултате. Тај WIPL-D модел налази се у истом фолдеру као и PDM модел, и снимљен је под истим именом (наравно, са другачијом екстензијом). Могу

се прегледати сви излазни резултати задати у улазном WIPL-D моделу.

## 5. Закључак

У овом раду приказан је софтверски модул за електромагнетску анализу електрички великих структура, заснован на оригиналној методи за анализу и интегрисан у софтвер WIPL-D Pro. Модул омогућава апроксимативну, али врло ефикасну анализу код структура у којима постоје велике металне површине (нпр. летелице).

## Захвалница

Овај рад подржан је од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја у оквиру пројекта TP 32005, 2011-2014.

## Литература

- [1] Harrington, R.F., *Field Computation by Moment Methods*, New York: Macmillan, 1968. Reprinted by IEEE Press, New York, 1993.
- [2] Jakobus, U. and Landstorfer, F. M., "Improved PO-MM hybrid formulation for scattering from three-dimensional perfectly conducting bodies of arbitrary shape," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 43, no. 2, pp. 162–169, Feb. 1995.
- [3] Song, J. M., Lu, C. C., and Chew, W. C., "Multilevel fast multipole algorithm for electromagnetic scattering by large complex objects," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 45, pp. 1488–1493, Oct. 1997.
- [4] <https://www.cst.com/>
- [5] <http://www.feko.info/>
- [6] <http://wipl-d.com/>
- [7] Kolundzija, B. and Djordjevic, A., *Electromagnetic modeling of composite metallic and dielectric structures*, Norwood, USA: Artech House, 2002.
- [8] Tasic, M. and Kolundzija, B., "Efficient Analysis of Large Scatterers by Physical Optics Driven Method of Moments," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol.59, no.8, pp.2905-2915, Aug. 2011.
- [9] Tasić, M. and Kolundzija, B., "Electromagnetic Analysis of Antennas on Large Platforms Using Physical Optics Driven Method of Moments," *TELSIKS 2013, Proceedings of Papers, Volume 2*, pp. 433 - 436, Nis, Serbia, 2013.
- [10] Тасић, М. и Колунџија, Б., "Аутоматско одређивање затворених области у софтверском пакету за електромагнетско моделовање и анализу WIPL-D", *YU INFO 2013 Зборник радова*, стр. 469-472, Копаоник, Србија, 2013.

# INTERFEJS ZA UNOS PODATAKA KORIŠTENJEM KONTINUIRANIH GESTOVA

## DATA ENTRY INTERFACE USING CONTINUOUS GESTURES

Olivera Janković

"ORAO" a.d.

**Sadržaj** – Direktno korištenje ljudskih pokreta, kao interfejs za unos podataka, je veoma pogodan i atraktivan način za ostvarivanje prirodne komunikacije između čovjeka i računara. Ovaj rad se fokusira na prepoznavanju pokreta u kontekstu njihove primjene u interakciji između čovjeka i računara i predstavlja program Dasher kao potencijalnu aplikaciju/interfejs za unos podataka korištenjem kontinuiranih pokreta.

**Abstract** - Direct use of the gestures as a data entry interface is very convenient and an attractive way for providing natural communication between humans and computers. This paper focuses on the gesture recognition in the context of its role in HCI and Dasher program as potential applications of a data entry interface using continuous gestures.

### 1. UVOD

S masovnim prilivom i korištenjem računara interakcija čovjeka i računara HCI (*Human Computer Interaction*) postajala je i dalje postaje sve važniji dio njegovog svakodnevnog života. Postoje mišljenja da je, pored ostalog, za napredak tehnologija računarstva, komunikacija i tehnologije ekrana na primjer, od velike važnosti razvoj i primjena postojećih HCI tehnika [1], koje su potencijalno usko grlo u efektivnom korištenju dostupnog protoka informacija. Najpopularniji HCI je zasnovan na jednostavnim mehaničkim uređajima kao što su tastature i miševi. Iako su u proteklom periodu i ovi uređaji doživjeli svoju evoluciju, suštinski oni ograničavaju brzinu i prirodnost kojima se komunicira sa računarom.

Tehnologija prepoznavanja pokreta ili gesture tehnologija, postaje sve važnija u interakciji čovjeka i računara (uređaja, mašine) i obzirom na trenutnu situaciju aktuelna u kontekstu aplikacije u domenu korisničkih interfejsa baziranih na pokretima. Prepoznavanje pokreta je predmet računarstva i jezičkih tehnologija sa ciljem tumačenja ljudskih pokreta pomoću matematičkih algoritama. Gestovi mogu poticati iz bilo kojeg tjelesnog pokreta ili stanja, ali uobičajeno je da potiču sa lica ili ruku [2]. Trenutno se fokusira na oblasti prepoznavanja emocija na osnovu stanja lica i prepoznavanje pokreta ruku [3]. Međutim, identifikacija i prepoznavanje držanja, hoda, i ljudskog ponašanja na primjer su takođe predmet tehnika prepoznavanje pokreta.

Za razliku od gestova koji se razmjenjuju između ljudi, gestovi između čovjeka i mašine nemaju hiljade godina dugu istoriju koja im može poslužiti kao okvirni kontekst

razumjevanja. Stoga ovo područje, prepoznavanja i tumačenja pokreta, između ostalog, predstavlja izazov za dizajnere nove vrste korisničkog interfejsa baziranog na prirodnim pokretima ljudi. U okviru ovog rada će biti prikazano prepoznavanja pokreta u kontekstu aktuelne primjene, realizacije na njima baziranog korisničkog interfejsa. Kao praktičan primjer i ilustracija interfejsa za unos podataka korištenjem kontinuiranih pokreta biće, kroz testne primjere korištenja, predstavljen, besplatan za preuzimanje, program Dasher.

### 2. EVOLUCIJA KORISNIČKOG INTERFEJSA

Bez obzira na tipove korisničkih interfejsa njihov zajednički cilj je da, bez obzira na potencijalnu jezičku barijeru, obezbjede što jednostavniji način komunikacije korisnika sa računarom. Duga istorija korisničkih interfejsa obuhvata decenije od 1950-ih, od pojave primitivnih bušenih kartica, preko otkucanih komandnih linija, na prepoznatljive prozore i ikone današnjice i šire. Bez obzira na različite kriterije i moguće klasifikacije tipova korisničkih interfejsa, osnovna tri faktora koja omogućavaju i potiču razvoj interfejsa čovjeka i računara su:

- Računarska snaga: Sve moćniji hardver omogućava sofisticirane softverske interakcije.
- Mašta inovatora: Softverski inženjeri predviđaju nove interakcije vođeni vlastitom maštom da iskoriste sve veću moć računarskog hardvera.
- Tržište: Vođeni velikim broje poslovnih klijenata i popularnim potrošačkim napravama (kao što je trenutno iPad).

Komandni linijski interfejs CLI (*Command Line Interface*) je dizajniran da omogući interakciju čovjeka sa računarom i uzima se za svojevrsan početak povezivanja sa računarima. Korištenjem CLI korisnici su imali na raspolaganju izbor od određenog skupa komandi koje se mogu napisati na terminalu računara čije je izvršavanje rezultiralo određenom akcijom. I pored novih verzija interfejsa i danas se susrećemo sa radom u komandnoj liniji (npr. Linux – preduslov poznavanje Linux naredbi).

Veliki korak u evoluciji interfejsa (Sl. 1) je dodavanje miša uz tastaturu. Za kratko vrijeme interfejs koji se sastojao od sledeća četiri elementa: prozor, ikona, meni i pokazivači, nazvan WIMP (*Window, Icon, Menu and Pointers*) predstavljao je revoluciju. Dominantnu WIMP metaforu rada sa računarom danas predstavlja grafički korisnički interfejs GUI (*Graphical User Interface*) koji je pokrivajući širok spektar zahtjeva i potreba omogućio višestruke primjene [4].

Sa pojavom svjetske mreže World Wide Web (WWW, W3, Web) 1990., došlo je do novog velikog skoka u korisničkom interfejsu, pojavio se Web baziran korisnički interfejs koji prihvata unos i obezbeđuje izlaz generisanjem Web stranica koje se prenose putem Interneta i pregledaju od strane korisnika korištenjem Web pretraživača.

Sledeća velika revolucija korisničkog interfejsa došla je sa pojavom ekrana osjetljivih na dodir (touch screen) sa kojima se interakcija ostvaruje jednostavnim dodiranjem prsta. Zbog svoje jednostavnosti i intuitivnosti ovaj interfejs je veoma rasprostranjen (svijet mobilnih uređaja) i ima širok opseg potencijalnih aplikacija. Mnogi smatraju da će ovi uređaji u budućnosti zamijeniti tastaturu i miša.



Slika 1. Korisnički interfejs kroz vrijeme

Trenutno aktuelan koncept koji će se po svojim sposobnostima značajno približiti čovjeku je svakako prirodni korisnički interfejs NUI (*Natural User Interface*) [5], [6] koji osjeća korisnikove pokrete tijela ili glasovne naredbe i ne zahtjeva korištenje ulaznih uređaja kao što su tastatura ili ekrani osjetljivi na dodir.

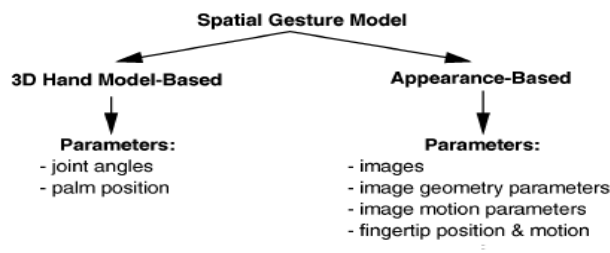
Budućnost korisničkog interfejsa se predviđa u direktnoj interakciji mozak računar BCI (*Brain Computer Interface*). Istraživanja u kojima se računar kontroliše mozgom počela su još 1970-ih. Postoje invazivni BCI koji zahtjeva da senzori budu ugrađeni u mozgu za potrebe otkrivanja misaonih impulsa i neinvazivni koji čita elektromagnetne talase kroz lobanju bez potrebe za implantantima.

### 3. PREPOZNAVANJE POKRETA

Prepoznavanje pokreta može da se vidi kao način za računare da počnu da razumiju ljudski govor tijela, čime se uspostavlja bogatiji most između mašine i čovjeka od primitivnih korisničkih interfejsa teksta pa čak i grafičkih korisničkih interfejsa, koji i dalje ograničavaju većinu unosa na tastaturu i miš. Prepoznavanje pokreta [7] omogućava ljudima da komuniciraju i interakciju sa mašinom, bez ikakvih mehaničkih uređaja. Korištenjem koncepta prepoznavanje pokreta, moguće je da se ukaže prstom na ekran računara, tako da se u skladu sa tim pomjera kursor. To bi potencijalno moglo dovesti do stanju u kome konvencionalni uređaji za unos kao što su miš, tastatura, pa čak i ekrani osjetljivi na dodir postaju suvišni.

U zavisnosti od tipa ulaznih podataka pristup za tumačenje pokreta može da se realizuje na različite načine

(Sl. 2). Zajedničko mnogim tehnikama je oslanjanje na ključne indikatore predstavljene u 3D koordinatnom sistemu. Tako se na primjer ruka tumači kao skup tjemena i linija u 3D mrežnoj verziji, a softver koristi svoju relativnu poziciju i interakciju kako bi se izveo zaključak o pokretu. Pokazalo se da su ovi modeli dosta zahtjevni u smislu snage računara i zahtjevaju daljnji tehnološki razvoj u cilju analiza u realnom vremenu. S druge strane modeli bazirani na izgledu (*appearance based*) su lakši za obradu ali im obično za interakciju čovjeka i računara, nedostaje potrebna opštost.



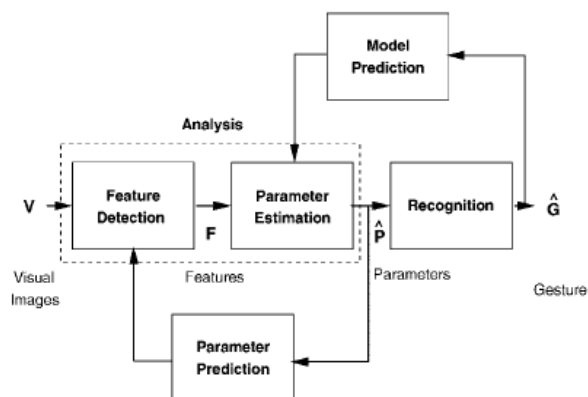
Slika 2. Prostorni modeli pokreta: 3D model i model zasnovan na izgledu [2]

Postoje mnogi izazovi koji se nameću i koji su vezani za tačnost i korisnost softvera za prepoznavanje pokreta. Prepoznavanje pokreta može da se vrši korištenjem tehnologija kompjuterske vizije i obrade slike. Za slikovno prepoznavanje pokreta postoje ograničenja koja su vezana uz opremu koja se koristi i šuma na slici. Raznovrsnost implementacije za slikovno prepoznavanje pokreta takođe može izazvati održivost tehnologije za opštu upotrebu. Tako na primjer algoritam kalibrisan za jednu kameru ne mora da radi na drugom tipu kamere. Da bi se što bolje shvatili ljudski gestovi koristi se i kompjuterska vizija, oblast koju proučava vještačka inteligencija. Računarska vizija kombinuje računarsku inteligenciju sa digitalizovanom vizuelnom informacijom i u osnovi obuhvata metode za prikupljanje, obradu, analizu i razumjevanje slike.

Pored svega navedenog važno je napomenuti da je tumačenje ljudske interakcije i pripadajućih pokreta u velikoj mjeri zavisno od kulturne sredine u kojoj se čovjek nalazi i kojoj pripada [8]. Stoga je ovaj svojevrsan izazov važno imati na umu prilikom projektovanja interfejsa ove vrste, odnosno potrebu za prilagođavanjem načina komunikacije u kontekstu kulturno dominantnog načina ponašanja. Integrisanje kulture kao kontekstualnog faktora u okviru interakcije čovjeka i računara podrazumjeva adaptaciju sistema određenom kulturnom miljeu što podrazumjeva da mora biti definisan određeni sistem ponašanja i da on mora biti na adekvatan način prepoznatljiv sistemu. Jasno je da se ovi kulturni uticaji na određeni način moraju parametrizovati da bi se prilagodilo ponašanje interaktivnih sistema određenim grupama korisnika.

Postoje različiti pristupi za modelovanje pokreta za interakciju između čovjeka i računara. Opis gestova, obuhvata karakterizacija njihovih prostornih

karakteristika. U domenu interakcije između čovjeka i računara ova karakterizacija je uglavnom pod uticajem vrste aplikacija za koju je gestualni interfejs namjenjen. Tako na primjer, neke aplikacije zahtevaju jednostavne modele dok neke zahtevaju sofisticiranije 3D modele.



Slika 3. Faze analize i prepoznavanje pokreta [2]

Na Sl. 3. su prikazane faze analize koje imaju za cilj da ocjene parametre gestovnog modela na osnovu video snimke i faza prepoznavanja pokreta. Postupak podrazumjeva detektovanje ili ekstrakciju relevantnih karakteristika slike iz "sirove" slike za potrebe računanja parametara modela. Prepoznavanje pokreta je faza u kojoj se podaci analizirani iz vizuelne slike pokreta priznaju kao poseban gest.

### 3.1. PRIMJENA

U kontekstu računarskog interfejsa razlikuju se dvije vrste pokreta tzv. online pokreti kojima se direktno upravlja i offline pokreti koji se obrađuju naknadno nakon što je interakcija završena. Generalno, postoje razne vrste gestova koje se mogu identifikovati i primjeniti za potencijalnu interakciju sa računarskim uređajima.

Prepoznavanje pokreta osim što donosi jednostavnu i intuitivnu komunikaciju, može biti posebno korisno za obradu informacija kod ljudi čija se komunikacija ne realizuje kroz govor i komunikaciju kucanjem. Prepoznavanjem znakovnog jezika, kao što je slučaj sa prepoznavanjem govora, bi se mogli elementi znakovnog jezika, razumjevanjem određenih vrsta gestova, prevesti u tekst.

Kontrolisanje računara putem pokreta lica (facijalnih pokreta) je korisno za primjenu za osobe koje ne mogu da koriste miš ili tastaturu na primjer. Upravljanje pogledom, korištenjem pokreta oka može se ostvariti kontrola korisna za upravljanje kursorom ili fokusiranje na određene elemente ekrana. U opštem slučaju atraktivna alternativa glomaznim uređajima koji služe kao interfejs za interakciju između čovjeka i računara može biti korištenje ruku. Tako na primjer vizuelna interpretacija položaju ruku može da pomogne u postizanju jednostavnosti i prirodnosti za određenu interakciju čovjeka i računara.

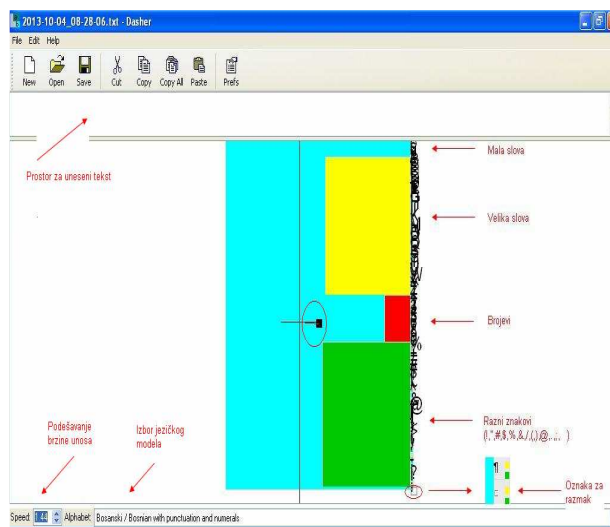
Mogućnost da se prate pokreti neke osobe i odredi koji gestovi se izvode može se postići korištenjem raznih uređaja. Iako postoji veliki broj istraživanja rađenih na temu prepoznavanja pokreta na osnovu slike/videa postoje izvjesne varijacije u okviru korištenih alata i okruženja koje se koriste u određenim implementacijama. Najčešće korišteni su bazirani na sensorima pokreta i raznim vrstama namjenskih kamera.

## 4. DASHER

Dasher je informaciono efikasan interfejs za unos teksta vođen prirodnim, kontinuiranim ukazujućim pokretima. Ova aplikacija je konkurentna za unos podataka u situacijama kada se pored ostalog ne može koristiti tastatura u punoj veličini kao npr.:

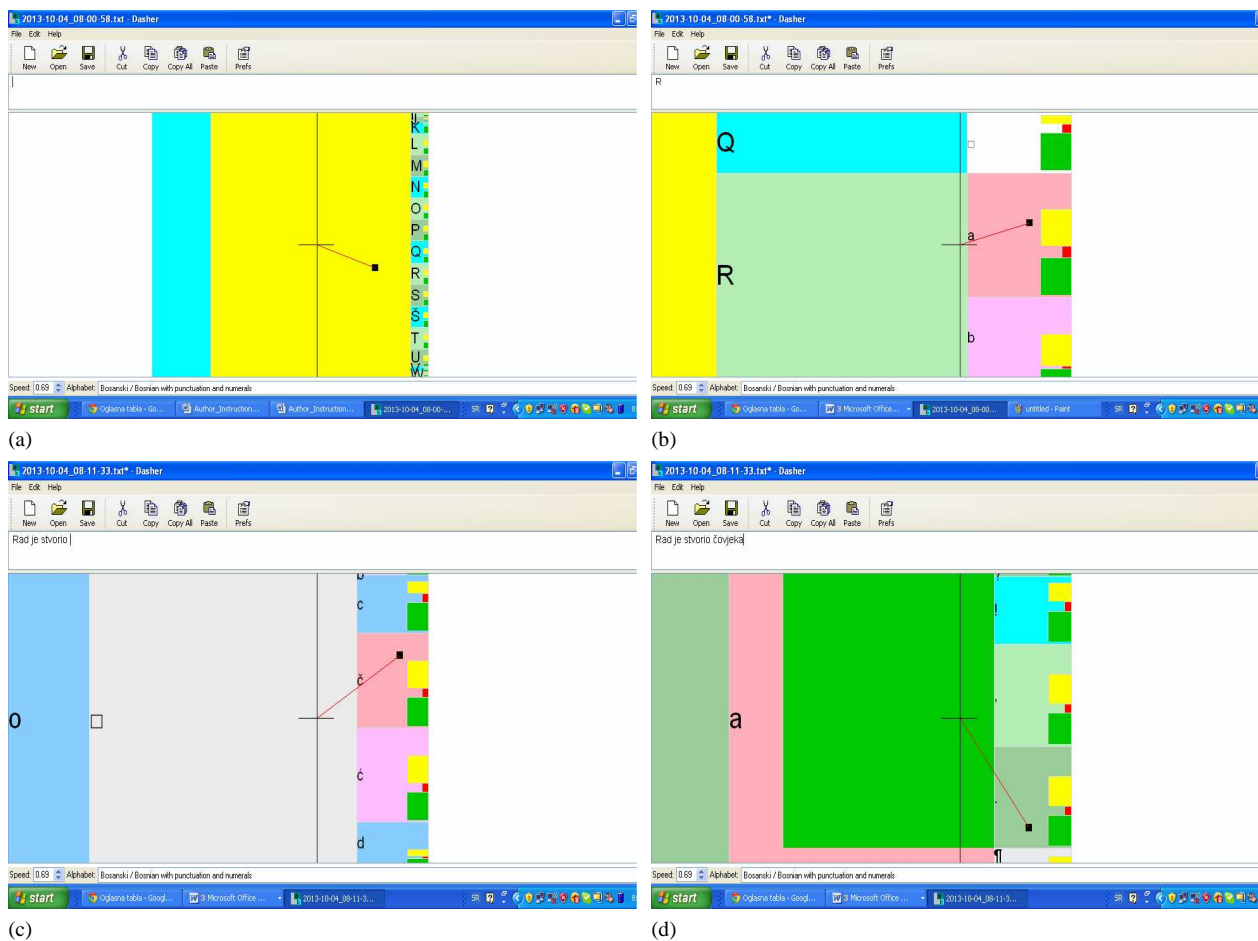
- palmtop računari,
- prenosni računari,
- kada se računarima upravlja samo jednom rukom (korištenjem đojstika, miša, i sl),
- kada se radi sa računarom bez upotrebe ruku - (npr. postoje verzije programa koje su bazirane na pogledu tj. pokretima oka (eyetracker) na primjer.)

Dasher ima razvijenu podršku za veliki broj jezika (novi jezik može biti omogućen dodavanjem odgovarajuće alphabet.xml datoteke, npr. za srpski je alphabet.serbian.xml), veoma je brz i rad sa njim može biti efikasan a uz to i zabavan. Pored toga radi se o besplatnom softveru, open source verzija koja ima najšire korištenu licencu za slobodni softver GPL<sup>1</sup> (kao GNU/Linux) i dostupan je za više platformi uključujući Mac OS, MS Windows, GNU/Linux, te mobilne platforme Pocket PC, Apple iOS/iPhone i Android. Softver je izuzetno jednostavan za instalaciju i nije memorijski zahtjevan. U radu je korištena zadnja dostupna stabilna verzija softvera Dasher 4.11. (Mart 2010) a program je testiran u Windows XP okruženju, korištenjem miša.



Slika 4. Osnovni elementi interfejsa

<sup>1</sup> General Public License



Slika 5. (a) Inicijalna konfiguracija. (b), (c), (d) Tri snimka ekrana iz programa Dasher - na primjeru unosa rečenice "Rad je stvorio čovjeka." Symbol "□" predstavlja razmak između riječi

Dasher je zumirajući interfejs, korisnik se jednostavno usmjerava u pravcu u kojem želi da ide a elementi programskog ekrana se zumiraju u smjeru u kojem se pokazuje. Svijet koji se zumira (Sl. 4) je obojen i sa slovima, svako slovo se nalazi u jednom okviru (obojeni pravougaonik, boks, box) tako da svaki boks koja se dodirne odgovara određenom slovu i potencijalno može da predstavlja dio teksta. Izborom slova iz određenog okvira, unutar istog dolazi do pojave novih okvira, sa novim slovima. U Dasheru veličina svakog okvira unutar svog matičnog okvira određuje se zavisno od predviđene vjerovatnoće u skladu sa jezičkim modelom. U svim slučajevima osnovno načelo je da korisnik plovi prema smjeru u kome se nalazi slovo ili fraza koje korisnik želi napisati.

Na Sl. 4 je prikazana korisnički interfejs u startu, kada korisnik želi da koristi program za unos teksta. Prethodno je izabran jezički model (na slici bosanski alfabet, pravopisni znakovi i brojevi) i u skladu sa mogućnostima brzina zumiranja interfejsa (proporcionalna brzini za unos teksta). U startu pokazivač se nalazi na sredini linije koja dijeli ekran na dva dijela. Prelazak prethodno izabranih slova preko te linije znači da su ona postala dio unesenog teksta. Vertikalna koordinata pokazivača, u ovom slučaju pokazivača miša, kontroliše pravac u kojem će se zumirati dok horizontalna koordinata ukazuje na brzinu zumiranja. Kretanje pokazivača na suprotnu stranu linije od strane na

kojoj se pojavljuju slova omogućava umanjeće zumiranja i ispravke grešaka tj. brisanje slova. Dasher ima tekst boks u kome se sadrži uneseni tekst i prostor (canvas) gdje se dešavaju sve zumirajuće akcije. Moguće je neovisno jedno od drugoga izmjeniti veličinu fontova ovih regiona korištenjem odgovarajućih meni opcija na vrhu Dasher prozora. Predviđene su i opcije kojima je uneseni tekst koji se nalazi u tekst boks moguće sačuvati ili njime manipulirati na već poznate uobičajene načine, u okviru datotečnog sistema.

#### 4.1. UNOS TEKSTA

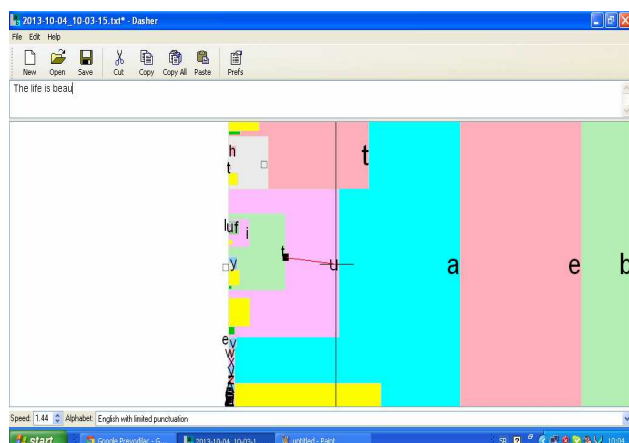
Na Sl. 5 su ilustrovani neki, karakteristični momenti u kojima se Dasher koristi za unos rečenice "Rad je stvorio čovjeka". Sl. 5.a prikazuje dio inicijalne konfiguracije sa pismom od 30 znakova za bosanski alfabet (na početku su velika slova) poredanih po abecednom redu. Korisnik piše prvo slovo čineći gest (pokret) prema pravougaoniku koji sadrži željeno slovo. Tragovi pomjeranja miša prikazani na Sl. 5.a ukazuju na slovo "R" kao početno slovo rečenice predviđene za unos. U neprekidnom pokretu miša postupak se nastavlja što se vidi na Sl. 5.b. odabirom sledećeg slova, slova "a". Kako pravougaonici postaju veći tako dolazi do pojavljivanja nove niske slova u okviru pravougaonika u kome se krećemo, tj nova slova se pojavljuju u vertikalnoj liniji slično kao na početku (Sl. 4). Kao što je već prethodno pomenuto visina novih



pravougaonika odgovara vjerovatnoći stringa, a ona je pak zavisna od jezičkog modela te stoga nije ilustrativna (dominira ujednačenost) za slučaj korištenja bosanskog jezika. Na Sl. 5.c se vidi izbor slova "č" nakon što je prethodno završena riječ i izabran znak koji predstavlja prazan prostor (spaces) predviđen za razmak između riječi. Inače kao što se može vidjeti na Sl. 4. on je zadnji znak u okviru predviđenog skupa svih znakova koji se mogu pojaviti (prethodi mu simbol ¶). Na Sl. 5.d. je prikazan izbor "." za kraj rečenice.

Efikasnost Dasher programa, pored ostalog, proizilazi iz potencijalnih kombinacija korištenog jezičkog modela kada je program u mogućnosti da predviđa vjerovatnoću pojave određenih karaktera koje korisnik želi da napiše. Tako je korištenjem jednostavnih pokreta za izbor dobro predviđenog teksta omogućena lakoća pisanja. Na primjeru upotrebe engleskog jezičkog modela dolazi do izražaja korištena predikcija koja rezultira lakoćom kojom se bira sledeća riječ (Sl. 6 - engleska riječ "beautiful" u sklopu rečenice "The life is beautiful"). U ovom primjeru za unos teksta umjesto inicijalne s lijeva na desno, korištena je orijentacija sa desna na lijevo, što znači da slova alfabeta "izviru" sa lijeve strane a riječi se čitaju sa desna na lijevo. Predviđene su i opcije orijentacije od vrha ka dole i obrnuto.

Dinamika interfejsa podrazumjeva da korisnik drži pokazivač (kursor) na konstantnoj lokaciji ekrana; pokazivač kontroliše kontinuirano zumiranje sa korisničke tačke gledišta. Interfejs se zumira tako da ispod pokazivača prolaze novi ažurirani okvirovi.



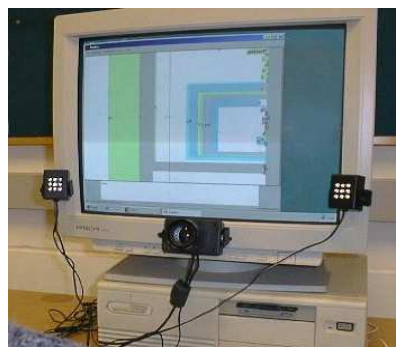
Slika 6. Prilagodba jezičkom modelu (engleski jezik) – korištenje predikcije, osjetno utiče na brzinu unosa. Korištena orijentacija s desna na lijevo.

## 4.2. UREĐAJI ZA KORIŠTENJE

Dasher je prvobitno razvijen da bude vođen kontinuiranim dvodimenzionalnim pokretima 2D, kao što je na primjer kontrolisanje položaja pokazivača na ekranu. 2D ulazni uređaji koji se koriste u Dasheru mogu biti miš i ekran osjetljiv na dodir na primjer. Pod kontrolom miša početnici mogu dostići brzinu pisanja od 2 do 25 riječi po minuti nakon jednog sata prakse. Osobe sa invaliditetom koji se ne mogu služiti svojim rukama za glavni način

komunikacije sa Dasherom koriste miš koji je upravljani pokretima glave (headmouse). Ovaj miš se smješta na vrh monitora, a na naočare, kapu ili samo čelo osobe stavlja se senzor koji prevodi određene pokrete glave za direktnu kontrolu pokazivača miša na ekranu.

Korištenjem adekvatnog uređaja za praćenje pokreta oka korisnik ovog programa je u mogućnosti da unosi tekst očima, odnosno pokretima oka. Ovi uređaji su specifični, namjenjeni su ljudima sa hendikepom tako da nisu uobičajena oprema računara (Sl. 7). Autori programa, naučnici sa Kembridža<sup>2</sup>, na osnovu izvršenih testiranja tvrde da korištenjem verzije programa koja koristi pokrete oka iskusni korisnici mogu da napišu tekst na engleskom jeziku i postignu rezultate oko 25 riječi<sup>3</sup> u minuti; korištenjem miša iskusni korisnici mogu da napišu i do 39 riječi u minuti. Pod kontrolom oka korisnici upoznati sa Dasherom mogu pisati brže od mnogih poznatih sistema zasnovanih na pokretu oka.



Slika 7. Dasher program, prikaz sa dodatnim uređajem koji omogućava korištenje putem pogleda (pokreta oka)

## 4.3. DASHER I ASISTIVNE TEHNOLOGIJE

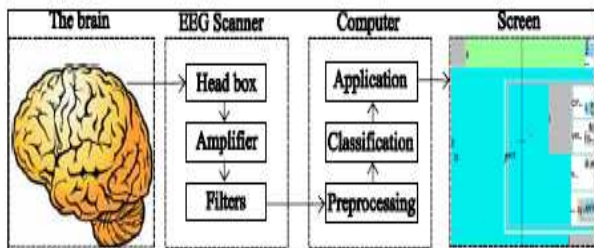
Dasher se u listi dostupnog softvera otvorenog koda nalazi u grupi pomoćnih ili asistivnih tehnologija (assistive technology) što inicijalno sugerise njegovu potencijalnu namjenu. Naime, ova vrsta tehnologija nazvanih asistivne tehnologije su krovni termin koji pored ostalog obuhvata pomoćne, adaptivne i ostale uređaje za rehabilitaciju, namjenjene da bi se održale ili povećale funkcionalne mogućnosti osoba sa invaliditetom. One promovišu veću nezavisnost tako što omogućavaju ljudima da obavljaju zadatke, koje su nekada radili ili bili u stanju da postignu ili sa kojima imaju veliku poteškoću, da ih ostvare pružajući poboljšanja ili nudeći promjenu metoda interakcije i asistencije koje su potrebne da se takvi zadaci i realizuju.

## 4.4. POTENCIJALNA PRIMJENA U BCI

Postoje radovi [9], [10] u kojima se pominje upotreba (Sl. 8) Dasher programa u kontekstu već pomenutog interfejsa BCI.

<sup>2</sup> David J.C. MacKay (Inference Group), David Ward

<sup>3</sup> U HCI literaturi po konvenciji 1 rječ/min odgovara 5 karaktera/min



Slika 8. Prikaz BCI sistema u kome je predviđeno korištenje programa Dasher

Da bi se kreirao BCI, nekoliko odabranih vrsta moždanih talasa se kontinuirano prati. Ovi podaci se dalje analiziraju od strane računara. Jedna uobičajena forma mjerenja moždanih talasa je upotreba EEG (Elektroencefalografija – osnovna neurofiziološka metoda) skenera kao jedne od najjeftinijih i najbržih opcija. Ovi skeneri mogu mjeriti različite frekvencije talasa na više lokacija na glavi. Izbor frekvencija i pozicije elektroda zavise od namjene BCI. Kao inteligentna aplikacija u ovom sistemu predviđeno je korištenje Dasher programa

## ZAKLJUČAK

Po svim trenutnim pokazateljima revolucija prirodnog korisničkog interfejsa je neizbježna. Svijet interfejsa je migrirao iz aplikacije CLI u GUI aplikaciju jer je GUI prije svega pružao više mogućnosti i bio lagan za korištenje. Isto se dešava upravo sada, kada u komparaciji mogućnosti NUI izbija u prvi plan. To svakako ne znači da GUI i interfejsi bazirani na korištenju miša na primjer, neće imati svoje mjesto u budućnosti ali ta uloga će po svim predviđanjima biti ograničenija i više specijalizovana od one koju imaju danas.

U evoluciji razvoja korisničkog interfejsa nalazimo se dakle na novoj stepenici, periodu kada je stavljen naglasak na korištenje prirodnog ljuskog pokreta u interakciji između čovjeka i računara. Dasher je u tom kontekstu prikazan kao izbor u kome se određeni sadržaj može generisati korištenjem neprekidnih kontinuiranih pokreta sa posebnim naglaskom na mogućnost korištenja od strane osoba sa ozbiljnim invaliditetom što predstavlja svojevrsnu paradigmu za efikasniju komunikaciju.

## LITERATURA

[1] F. Karray, M.Alemzadeh, J.A. Saleh, M.N. Arab Human-Computer Interaction: Overview on

State of the Art, International Journal on Smart sning and Intelligent System, Vol. 1, No. 1, 137-159, 2008

- [2] Pavlovic, V., Sharma, R. & Huang, T. (1997), "Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence., July, 1997. Vol. 19(7), pp. 677 - 695.
- [3] Siddharth S. Rautaray, Anupam Agrawal, Real Time Multiple Hand Gesture Recognition System for Human Computer Interaction, 2012 MECS I.J. Intelligent Systems and Applications, 2012, 5, 56-64
- [4] Olivera Janković, GUI interfejs kao podrška integraciji ZigBee mreže, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH Jahorina 2012, str.1134-1139
- [5] M.Rauterberg, From Gesture to Action: Natural user Interface, Techical University of Eindhoven; Mens-Machine Interactie, Dieserde, 15-25, 1999.
- [6] N. Petersen, D. Stricker Continuous Natural User Interface: Reducing the Gap Between Real and Digital World, Proceedings, 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2009, ISMAR 2009.
- [7] F. Guo, S. Chen, "Gesture Recognition Techniques in Handwriting Recognition Application", *Frontiers in Handwriting Recognition* p 142-147, 2010
- [8] Matthias Rehm, Nikolaus Bee, Elisabeth André, Wave Like an Egyptian - Accelerometer Based Gesture Recognition for Culture Specific Interactions, British Computer Society, 2007
- [9] Marijn van Vliet, Text-input using a brain-computer Computer Science interface: introducing, Dasher University of Twente, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and 2007
- [10] Sebastian A. Wills and David J. C. MacKay DASHER—An Efficient Writing System for Brain-Computer Interfaces? IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, VOL. 14, NO. 2, JUNE 2006

# TESTIRANJE INSTRUMENTA ZA ANALIZU POREMEĆAJA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE PRIMENOM LabVIEW SOFTVERA

## TESTING OF INSTRUMENT FOR ANALYSIS OF ELECTRICAL POWER QUALITY DISTURBANCES BY USING OF LabVIEW SOFTWARE

Dragan Živanović, Milan Simić, Dragan Denić, Goran Miljković, Aleksandar Jocić  
*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu*

**Sadržaj** – U ovom radu je opisan postupak softverski podržanog testiranja instrumenta razvijenog za analizu, detekciju i klasifikaciju standardnih tipova poremećaja kvaliteta električne energije. Procedura testiranja ovog instrumenta, funkcionalno podržanog Matlab softverskim algoritmom za analizu poremećaja kvaliteta električne energije [1,2], obavljena je primenom LabVIEW softvera virtuelne instrumentacije. Za konkretne potrebe testiranja primenjen je generator referentnih naponskih test signala, sa simulacijom standardnih poremećaja kvaliteta signala, koji su tipični za realne elektrodistributivne sisteme. Ovim generatorom mogu se obezbediti različiti test signali sa standardnim poremećajima kvaliteta, u skladu sa važećim međunarodnim standardima kvaliteta električne energije [3]. Svi mogući tipovi poremećaja kvaliteta test signala mogu se posebno definisati i korigovati preko osnovnih funkcionalnih regulatora i preklopnika, implementiranih na osnovnom prednjem panelu generatora poremećaja.

**Abstract** – Procedure for software supported testing of instrument developed for analysis, detection and classification of standard electrical power quality disturbances, is described in this paper. Procedure for testing of this instrument, functionally supported by Matlab software algorithm for analysis of electrical power quality disturbances [1,2], is performed by using of LabVIEW virtual instrumentation software. For specific testing purposes is used generator of reference voltage test signals, with simulation of standard signal quality disturbances, typical for real electrical power distribution systems. By this generator can be provided various test signals with standard quality disturbances, according to valid international electrical power quality standards [3]. All possible types of test signal quality disturbances can be separately defined and corrected, by using of basic functional regulators and switches, implemented on basic front panel of disturbance generator.

### 1. UVOD

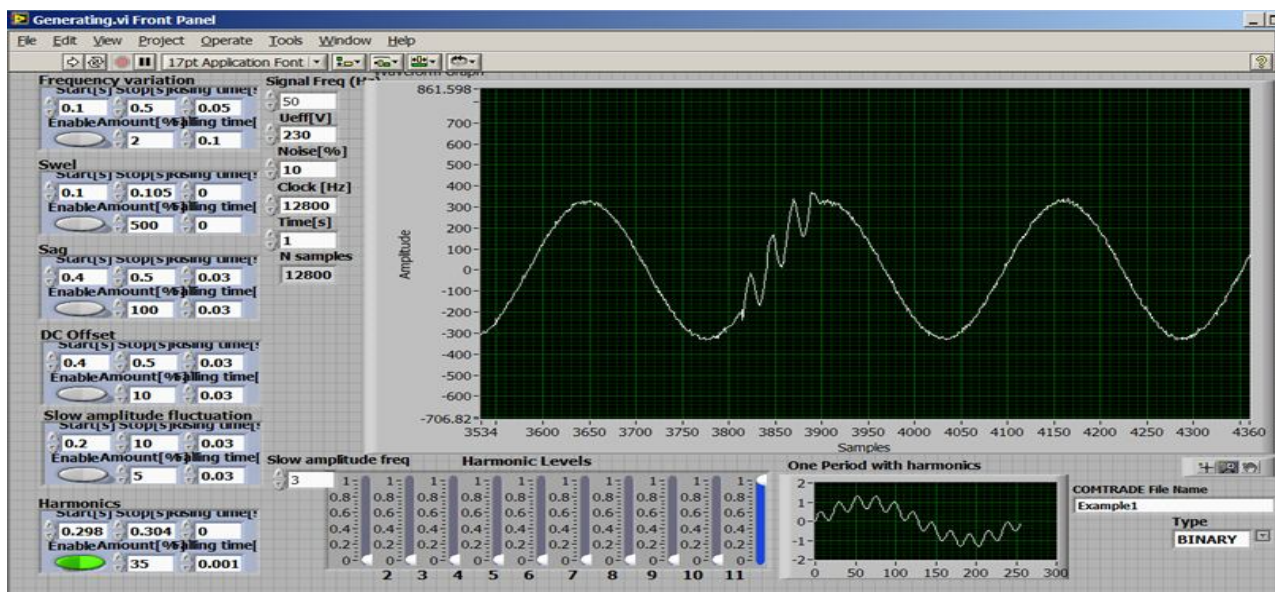
Pored problema u obezbeđenju dostupnosti električne energije što većem broju potrošača, segment koji poslednjih godina dobija sve veći značaj jeste kvalitet električne energije isporučene krajnjim potrošačima putem elektrodistributivne mreže. Danas je pouzdanost u snabdevanju krajnjih potrošača kvalitetnom električnom energijom jedna od osnovnih potreba neophodnih za razvoj savremenih industrijskih društava. Sa stanovišta prava i interesa samih potrošača električne energije, ovaj resurs mora biti konstantno dostupan, pri čemu njihovim električnim uređajima mora biti obezbeđeno pouzdano i kvalitetno funkcionisanje. Pouzdana i efikasna kontrola

distribucije i potrošnje električne energije podrazumeva projektovanje i realizaciju merno-informacionog sistema za kontinuirani monitoring i metrološko obezbeđenje parametara kvaliteta isporučene električne energije na različitim lokacijama neke elektrodistributivne mreže. Ove aktivnosti uključuju merenje i analizu izmerenih vrednosti osnovnih parametara i poremećaja kvaliteta, koji su definisani važećim nacionalnim i međunarodnim standardima ili propisima za kvalitet električne energije [4,5]. Na osnovu merenja osnovnih parametara kvaliteta električne energije mogu se obezbediti važni merni podaci neophodni za procenu kvaliteta neke elektrodistributivne mreže. Validni dokazi kojima se potvrđuje ispunjenost svih tehničkih preduslova neophodnih za obezbeđenje optimalnog nivoa kvaliteta elektrodistributivnog sistema, mogu se obezbediti isključivo objektivnim kontinualnim monitoringom primenom metrološki testiranih uređaja i opreme za merenje kvaliteta električne energije [6,7]. Referentna merna sredstva, kakva su naponski ili strujni kalibratori, danas su komercijalno dostupna na tržištu u različitim konstruktivnim i funkcionalnim varijantama, od manuelnih, delimično automatizovanih, do inteligentnih računarski baziranih kalibracionih i mernih uređaja. Treba posebno napomenuti da postoje i namenski projektovani instrumenti za testiranje uređaja za merenje kvaliteta električne energije prestižnih svetskih proizvođača, kakvi su kalibracioni uređaji Fluke 5520A-PQ i Fluke 6100B.

Softverski podržana procedura testiranja predstavljena u ovom radu realizovana je sa ciljem provere i verifikacije osnovnih karakteristika rešenja instrumenta za analizu i klasifikaciju standardnih poremećaja kvaliteta električne energije. Programski algoritam koji obezbeđuje detekciju i analizu osnovnih tipova poremećaja kvaliteta električne energije, primenjen kao osnova za realizaciju testiranog instrumenta, razvijen je u Matlab softverskom okruženju [1,2], dok je kompletna procedura testiranja instrumenta obavljena u LabVIEW programskom okruženju. Testirani instrument realizovan je tako da ima mogućnost detekcije šest osnovnih kategorija standardnih poremećaja kvaliteta električne energije: porast napona, padove napona, više harmonijske komponente signala, naponske tranzijente, kombinacije porasta napona sa višim harmonicima signala i padove napona uz prisustvo viših harmonika signala.

### 2. GENERATOR STANDARDNIH TEST SIGNALA

Kompletna procedura testiranja Matlab instrumenta za analizu standardnih tipova poremećaja kvaliteta električne energije obavljena je u LabVIEW softverskom okruženju, primenom softverski baziranog rešenja generatora tipičnih poremećaja kvaliteta električne energije. Ovaj generator



Slika 1. Prikaz prednjeg panela LabVIEW virtuelnog instrumenta za generisanje naponskih test signala sa različitim tipovima standardnih poremećaja kvaliteta signala

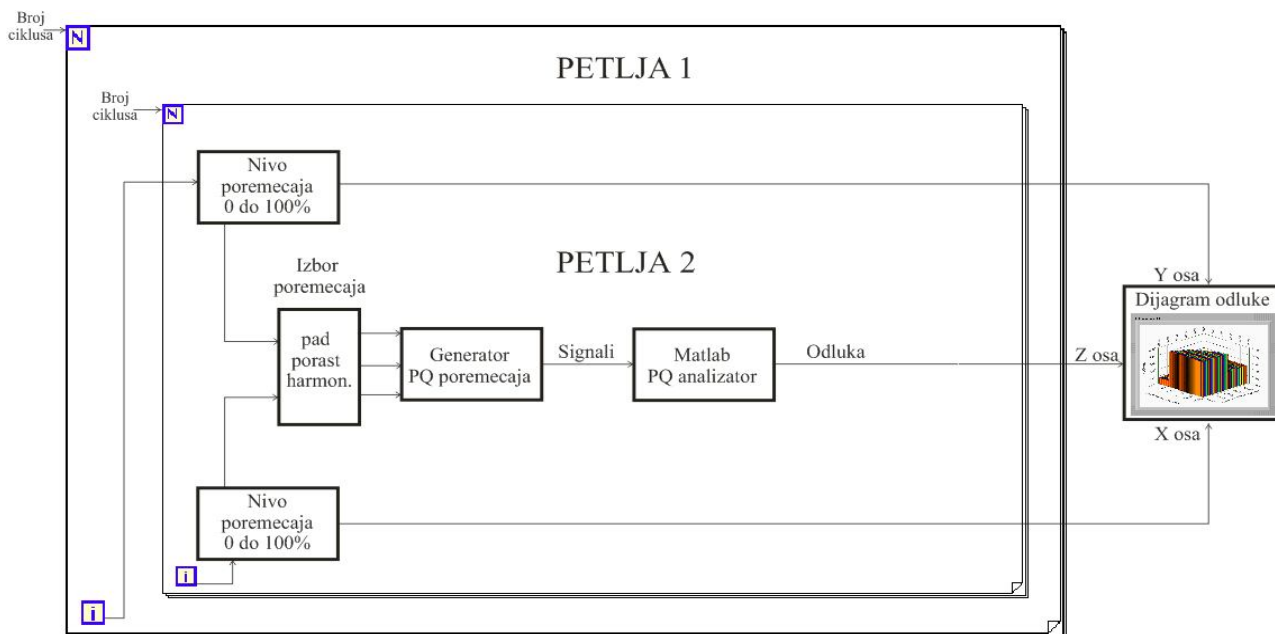
standardnih poremećaja kvaliteta signala uključuje računar, karticu za akviziciju podataka PCI NI 6713 i kontrolnu softversku aplikaciju razvijenu u LabVIEW okruženju [3]. Osnovni zadatak generatora jeste obezbeđenje referentnih naponskih signala za testiranje, sa mogućnošću generisanja nekih standardnih poremećaja kvaliteta test signala napona koji su karakteristični za realne elektrodistributivne mreže. Na ovaj način moguće je generisati kraće ili duže sekvence talasnih oblika signala za testiranje, sa različitim tipovima poremećaja kvaliteta, prema zahtevima važećeg evropskog standarda kojim se propisuje merenje kvaliteta električne energije EN 50160. Ovi osnovni tipovi poremećaja signala koji se mogu obezbediti LabVIEW generatorom su: spore promene napona, porast napona, padovi napona, naponski tranzijenti, naponski prekidi, viši harmonijske komponente naponskog signala, kao i kombinacije porasta napona sa višim harmonicima signala ili padova napona sa višim harmonijskim komponentama naponskog signala.

Izgled osnovnog prednjeg panela virtuelnog instrumenta, razvijenog u LabVIEW softverskom paketu, za generisanje naponskih test signala, sa različitim tipovima standardnih poremećaja kvaliteta signala, predstavljen je na Slici 1. Neke osnovne funkcije implementirane na datom prednjem panelu virtuelnog instrumenta su: definisanje nominalnih vrednosti amplitude i frekvencije referentnog test signala za generisanje, definisanje brzine semplovanja signala i dužine trajanja finalne test sekvence naponskog signala za generisanje, mogućnost definisanja nivoa Gausovog šuma koji se može superponirati osnovnom korisnom signalu, definisanje nivoa promene nominalne vrednosti amplitude i frekvencije signala, definisanje nivoa DC offseta test signala za generisanje, definisanje procentualnih vrednosti amplitudnih nivoa pada napona i porasta napona kod test signala, definisanje maksimalnih procentualnih vrednosti svakog od pojedinačnih viših harmonijskih komponenata naponskog test signala za generisanje. Na konkretnom primeru sa Slike 1 predstavljen je prednji panel virtuelnog instrumenta za simulaciju naponskog tranzijenta. U ovom

konkretnom slučaju pojava tranzijenta signala generisana je u obliku kratkotrajnih brzih oscilacija naponskog test signala, koje su prouzrokovane isključivo uticajem više harmonijske komponente naponskog signala jedanaestog reda, što se može vrlo jasno i uočiti na Slici 1. Za svaki od standardnih poremećaja kvaliteta naponskog test signala za generisanje posebno se definišu osnovni parametri, kao što su: maksimalni nivoi svih poremećaja, dužina trajanja poremećaja signala, vreme porasta i opadanja konkretnog poremećaja, nivoi pojedinačnih viših harmonika signala, itd. Treba napomenuti i da je u LabVIEW programskom kodu realizovana specijalna trapezoidalna funkcija, kojom se obezbeđuje definisanje vremena porasta ili opadanja određenog poremećaja kvaliteta test signala. Na taj način moguće je generisati poremećaje signala koji odgovaraju poremećajima signala u realnim distributivnim mrežama.

### 3. REALIZACIJA PROCEDURE TESTIRANJA

Testirani instrument za analizu standardnih poremećaja kvaliteta električne energije funkcionalno je baziran na Matlab programskom algoritmu za detekciju poremećaja kvaliteta signala [1,2]. Ovaj instrument je realizovan tako da ima mogućnost za detektovanje šest osnovnih tipova poremećaja kvaliteta električne energije: porast napona, padove napona, više harmonijske komponente signala, naponske tranzijente, kombinacije pada napona sa višim harmonicima, kao i porasta napona sa višim harmonicima signala. Funkcionalni blok dijagram kompletne procedure softverski podržanog testiranja instrumenta za detekciju i analizu standardnih tipova poremećaja kvaliteta električne energije prikazan je na Slici 2. Procedura uključuje četiri osnovna funkcionalna segmenta: ulazni segment za izbor i regulaciju procentualnog nivoa pojedinačnih poremećaja kvaliteta referentnih test signala iz LabVIEW generatora poremećaja, generator referentnih signala sa standardnim poremećajima kvaliteta električne energije za testiranje instrumenta, Matlab analizator za detekciju i klasifikaciju standardnih poremećaja kvaliteta signala, kao i LabVIEW



Slika 2. Funkcionalni blok dijagram procesa testiranja instrumenta za analizu poremećaja kvaliteta električne energije

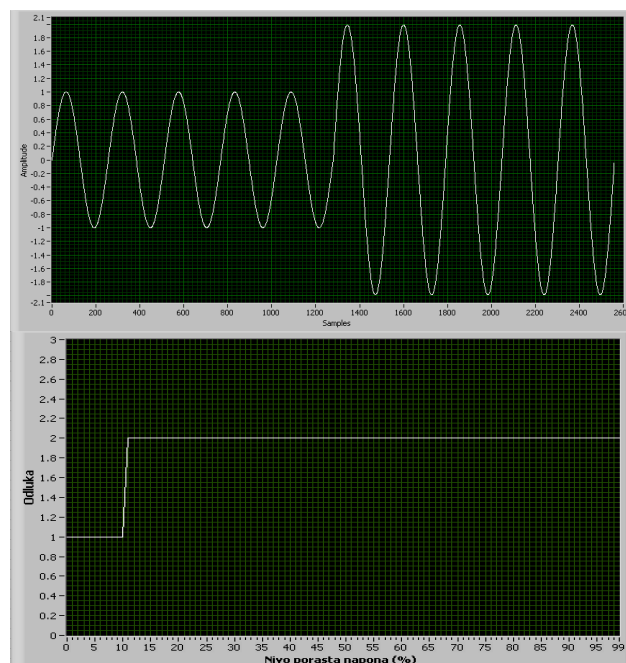
dijagram koji obezbeđuje grafičku prezentaciju konačne odluke o detektovanom tipu poremećaja kvaliteta signala u zavisnosti od promene amplitudnog nivoa poremećaja u test signalima. Postupak testiranja baziran je na pozivanju prethodno opisanog generatora standardnih poremećaja kvaliteta električne energije, kao posebne potprogramske sekvence u okviru glavnog LabVIEW programa kojim se kontroliše testiranje. Nakon pozivanja ovog generatora referentni naponski test signali, generisani sa odabranim osnovnim parametrima i željenim poremećajima kvaliteta signala, šalju se na ulaz testiranog Matlab analizatora poremećaja kvaliteta električne energije, sve u okviru dve programske petlje. Broj iteracija ovih programskih petlji definiše se od strane korisnika po potrebi, a u konkretnom slučaju broj iteracija ovih petlji zavisi od zahtevanog amplitudnog nivoa poremećaja test signala iz generatora. Konačna odluka o detektovanom tipu poremećaja signala može se predstaviti i u formi LabVIEW dijagrama, kao zavisnost odluke testiranog instrumenta o tipu poremećaja test signala od promene amplitudnog nivoa poremećaja u referentnim test signalima. Moguće različite varijante konačne odluke o detektovanom tipu poremećaja kvaliteta test signala prikazane su na prednjem panelu testiranog instrumenta za detekciju i označene su odgovarajućim brojevima od 1 do 7. Posebno je definisan i označen svaki

od eventualno mogućih poremećaja u kvalitetu signala za testiranje, kao što je detaljnije predstavljeno u Tabeli 1.

Primenom generatora poremećaja kvaliteta signala mogu se obezbediti referentni naponski signali za testiranje, sa mogućnošću odabira i varijacije različitih parametara signala, pri čemu se vrednosti više različitih parametara u test signalima mogu menjati istovremeno ili se svaki od uticajnih parametara može pojedinačno kontrolisati. Kao konačnu odluku testirani instrument na svom indikatoru prikazuje jedan od sedam različitih slučajeva, označenih brojevima od 1 do 7 i prethodno predstavljениh u Tabeli 1. Na Slici 3. prikazan je prednji panel LabVIEW generatora poremećaja kvaliteta signala kojim je generisan naponski

Tabela 1. Moguće varijante odluke testiranog instrumenta o detektovanom tipu poremećaja signala

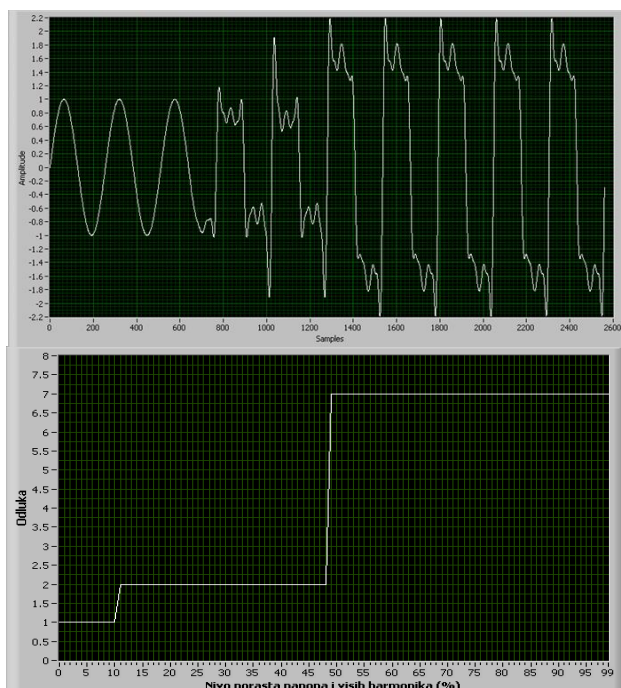
Tip detektovanog poremećaja kvaliteta signala	Oznaka poremećaja
Signal bez poremećaja	1
Porast napona	2
Padovi napona	3
Viši harmonici signala	4
Naponski tranzijenti	5
Pad napona sa višim harmonicima	6
Porast napona sa višim harmonicima	7



Slika 3. Generisanje test signala sa porastom napona i prikaz dijagrama odluke testiranog instrumenta

signal za testiranje u prisustvu porasta napona, uključujući i grafičku prezentaciju odgovarajućeg dijagrama konačne odluke o detektovanom tipu poremećaja kvaliteta signala na indikatoru testiranog instrumenta. Konkretni test signal je generisan sa kontinualnom promenom procentualnog nivoa porasta napona u opsegu 0 – 100% u odnosu na nominalnu vrednost amplitude signala, pri čemu je na slici predstavljen samo slučaj kada nivo porasta napona dostigne krajnju vrednost od 100%. Na osnovu dijagrama odluke može se jasno uočiti da testirani instrument samo u početnom segmentu dijagrama za male vrednosti nivoa poremećaja detektuje signal bez ikakvih poremećaja, ali sa kontinualnim povećanjem procentualnog nivoa porasta napona već na 10% poremećaja dolazi do promene odluke o detektovanom poremećaju, tako da testirani instrument prikazuje očekivanu konačnu odluku 2 – porast napona.

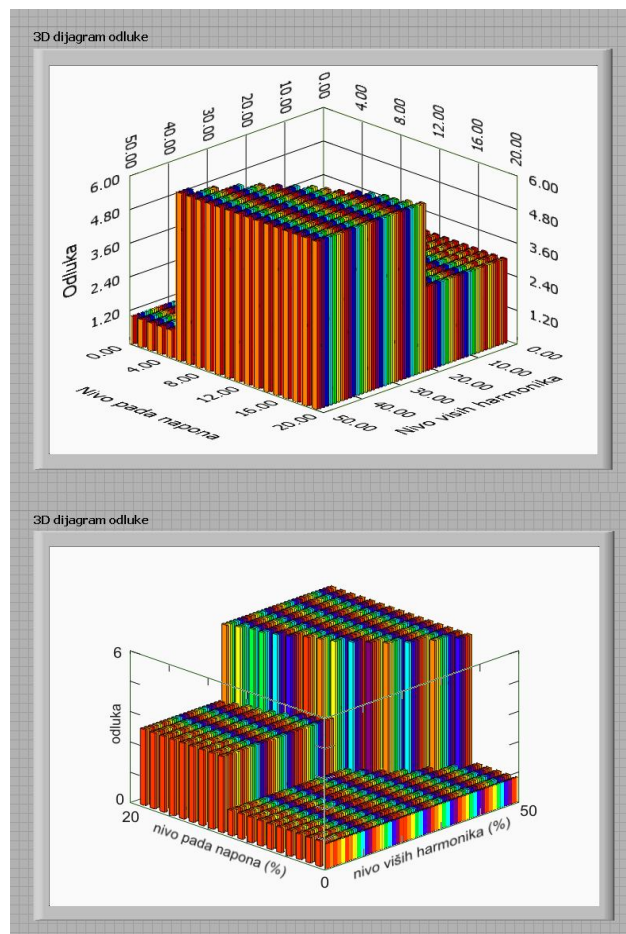
Prezentacija generisanog signala za testiranje instrumenta i dijagrama odluke o detektovanim poremećajima signala, za slučaj kombinacije istovremene kontinualne promene nivoa porasta napona i pojedinih viših harmonika signala, data je na Slici 4. Nakon početne detekcije signala bez poremećaja, testirani instrument u vrlo kratkom intervalu detektuje samo pojavu porasta napona, a zatim pri daljem porastu procentualnog nivoa poremećaja signala konačno počinje da se detektuje i kombinacija ova dva poremećaja, odnosno dolazi do promene odluke testiranog instrumenta za detekciju na 7 – porast napona sa višim harmonicima.



Slika 4. Test signal i dijagram odluke za slučaj promene porasta napona i viših harmonika u opsegu 0 - 100%

Dijagram odluke testiranog instrumenta o detektovanom tipu poremećaja kvaliteta signala može biti predstavljen i u 3D varijanti. U tom slučaju vrši se kontinualna promena procentualnih nivoa dva poremećaja naponskog signala za testiranje, nezavisno jedan od drugog. Na Slici 5. data je 3D grafička prezentacija dijagrama odluke za kontinualnu promenu nivoa pada napona u opsegu 0 – 20% i promenu

nivoa viših harmonika signala u opsegu 0 – 50%. Na X i Y osama prikazane su procentualne vrednosti poremećaja signala, odnosno viših harmonika signala i pada napona, dok su vrednosti konačne odluke testiranog instrumenta o detektovanom tipu poremećaja kvaliteta predstavljene na Z osi dijagrama. U cilju što bolje i jasnije preglednosti 3D dijagrama, na ovoj slici pored osnovnog prikaza data je i odgovarajuća prezentacija LabVIEW dijagrama odluke sa suprotne strane u odnosu na koordinatne ose dijagrama.



Slika 5. Prikaz 3D dijagrama odluke za slučaj kontinualne promene nivoa pada napona u opsegu 0 – 20% i promene nivoa viših harmonika u opsegu 0 – 50%

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana procedura testiranja instrumenta koji je baziran na Matlab programskom algoritmu za detekciju i analizu tipičnih poremećaja kvaliteta električne energije. Postupak testiranja realizovan je LabVIEW generatorom naponskih test signala, sa mogućnošću simulacije nekih standardnih poremećaja kvaliteta električne energije. Ovaj testirani instrument razvijen je za detekciju šest osnovnih tipova standardnih poremećaja kvaliteta: porast napona, pad napona, više harmonike signala, naponske tranzijente, kombinacije porasta napona sa višim harmonicima, kao i kombinacije pada napona sa višim harmonicima signala. Sama procedura testiranja uključuje pozivanje generatora standardnih poremećaja kvaliteta električne energije, kao posebnog potprogramskog segmenta u glavnoj LabVIEW softverskoj sekvenci za testiranje, nakon čega se naponski

test signali, prethodno generisani sa odabranim osnovnim parametrima i željenim tipom poremećaja kvaliteta, šalju direktno na ulaz Matlab analizatora poremećaja kvaliteta električne energije. Za sve moguće poremećaje kvaliteta u test signalima vrši se kontinualna regulacija amplitudnog nivoa poremećaja signala u opsegu 0 do 100%. Na ovaj način obezbeđeno je generisanje velikog broja različitih signala za potrebe testiranja, generisanih sa varijacijom osnovnih tipova poremećaja kvaliteta. Za ovu specifičnu primenu, u postupku testiranja instrumenta za detekciju poremećaja kvaliteta električne energije, analizirane su neke karakteristične kombinacije naponskih test signala sa tipičnim poremećajima kvaliteta električne energije, koji se mogu javiti u realnim elektrodistributivnim sistemima.

## ZAHVALNICA

Rezultati predstavljeni u ovom radu deo su istraživanja na nacionalnom projektu TR 32019, u okviru programa Tehnološkog razvoja, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] A. Milchevski, D. Kostadinov and D. Taskovski, "Classification of Power Quality Disturbances using Wavelets and Support Vector Machine", *Electronics and Electrical Engineering*, Vol. 19, No. 2, pp. 25-30, 2013.
- [2] D. Kostadinov and D. Taskovski, "Automatic Voltage Disturbance Detection and Classification using Wavelets and Multiclass Logistic Regression", *Proceedings of IEEE International Conference I2MTC 2012*, pp.103-106, Graz, Austria, 13–16 May 2012.
- [3] M. Simić, D. Denić, D. Živanović, D. Taskovski and V. Dimcev, "Development of a Data Acquisition System for the Testing and Verification of Electrical Power Quality Meters," *JPE – Journal of Power Electronics*, Vol. 12, No. 5, pp. 813-820, September 2012.
- [4] E. F. Fuchs and M.A.S. Masoum, *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines*, Academic Press, USA, February 2008.
- [5] H. Markiewicz, A. Klajn, "Power Quality Application Guide - Voltage Disturbances, Standard EN 50160, Voltage Characteristics in Public Distribution Systems", *Wroclaw University of Technology*, July 2004.
- [6] L. F. Auler, R. D'Amore, "Power Quality Monitoring Controlled through Low-Cost Modules," *IEEE Transact. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 58, No. 3, pp. 557–562, 2009.
- [7] B. D'Apice, C. Landi, A. Pelvio and N. Rignano, "A Multi-DSP Based Instrument for Real-Time Energy and PQ Measurements", *Metrology and Measurement Systems*, Vol. 14, No. 4, pp. 495–506, 2007.

# MERENJE UTICAJA ŠUMA NA SJEDINJAVANJE DINAMIČKIH SLIKA

## MEASURING THE EFFECTS OF NOISE IN DYNAMIC IMAGE FUSION

Rade Pavlović<sup>1</sup>, Vladimir Petrović<sup>2</sup>  
*Ministarstvo odbrane – Vojnotehnički institut<sup>1</sup>*  
*Imaging Science, University of Manchester<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu predstavljeni su rezultati objektivne mere za sjedinjavanje za procenu uspešnosti sjedinjavanja dinamičkih slika u slučaju kada je u jednoj od ulaznih sekvenci prisutan šum. Pri poređenju rezultata korišćene su standardne metode za sjedinjavanje mirnih slika. Metode koje su implementirane za sjedinjavanje dinamičkih slika su standardne multirezolucione metode (Laplasova piramida, diskretna vejljet transformacija, ...) i aritmetičko sjedinjavanje. Prikazani rezultati objektivnom merom dobijeni su na većem broju sekvenci i pokrivaju različite scenarije.

**Abstract** - In this paper, we present the results of objective measure for dynamic fusion evaluating of methods for image fusion in the presence of noise in one of the input sequences. The comparison of the results provided by methods for fusing stills images. Methods were implemented in dynamic image fusion are multiresolution standard fusion methods (Laplacian pyramid, discrete wavelet transform, ...) and arithmetic fusion. Finally, results of du objective measures carried out in a number of different sequences that cover different scenarios.

### 1. UVOD

Osnovna ideja osmatranja spregom više senzora je eliminacija efekata njihovih pojedinih nedostataka, što obezbeđuje uspešno funkcionisanje sistema u svim uslovima. Primenom više senzora zasnovanih na merenju različitih fenomena, kao na primer toplotnog zračenja (IC senzori) i refleksije svetlosti (kamere u vidnom opsegu), dobija se više realnih informacija o objektima koje posmatramo.

Multisenzorski sistemi koriste više različitih senzora koji nadgledaju istu situaciju ili prostor. Na ovaj način daju potpunije i pouzdanije informacije od sistema koji koriste samo jedan ili više senzora istog tipa. Sa druge strane, iako se u sistem unose potpunije informacije o željenom cilju, to ne znači da se one mogu koristiti bez prethodne obrade specifikirane za svaki senzor i bez koordinacije sa informacijama dobijenim iz drugih izvora. Ovaj problem rešava multisenzorsko sjedinjavanje (fuzija) informacija [1].

Iako je napredak i tehnologiji izrade senzora omogućio znatno smanjenje šuma na slikama i videu, ipak je šum i dalje prisutan u većini sistema i teško ga je odvojiti od korisnog signala. Postojanje veće količine šuma je najčešće prisutno u jeftinijim sistemima i sistemima koji zahtevaju veću brzinu.

Ovaj rad ima za cilj da se izvrši merenje efekata šuma na sjedinjavanje dinamičkih slika postojećim metodama sjedinjavanja koje se koriste za sjedinjavanje mirnih slika. Takođe, dati su i predlozi za izbor algoritma za fuziju dinamičkih slika u zavisnosti od odnosa signal-šum. Rad je organizovan na sledeći način. Posle uvoda u prvom delu, drugi deo predstavlja efekte koje ima šum u sjedinjavanju dinamičkih slika. Treći deo rada predstavlja procena sjedinjavanja u prisustvu šuma sa metodom koja se odnosi na dinamičko sjedinjavanje. U data je analiza rezultata izvedenih na sekvencama snimljenim u različitim scenarijima i vremenskim uslovima, nakon čega u petom delu sledi zaključak.

### 2. ŠUM U DINAMIČKOM SJEDINJAVANJU SLIKA

Prisustvo šuma u ulaznim slikama može bitno uticati na uspešnost sjedinjavanja. U nedostatku pouzdanih kriterijuma razlučivanja, šum se prilikom sjedinjavanja tretira kao prava informacija i tako prenosi u sjedinjenu sliku. Pored toga šum u ulaznim slikama može dodatno da zbuni proces sjedinjavanja i time prouzrokuje neželjena izobličenja i artefakte sjedinjavanja.

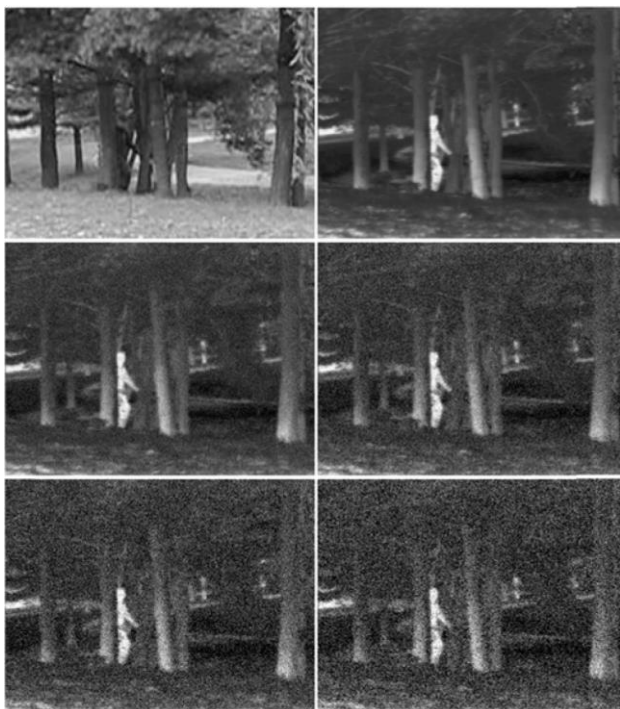
Šum koji igra značajnu ulogu u modernim vizuelnim sistemima, dolazi iz niza različitih izvora kao što su atmosferski, elektronika senzora i kvantizacija koji utiču na proces formiranja slike [2]. Kamera registruje svoju opservaciju u obliku digitalnog signala slike definisanog kroz matricu tačaka (piksela). Atmosferski efekti, kao što su strujanja vazduha, dim, magla itd. utiču na ovaj proces menjajući zračenje koje stiže na objektiv. Senzorski šum prouzrokuje elektronika same kamere i utiče na merenje u elektro-optičkom spektru. Naposljetku, izmerenu vrednost dalje menja kvantizacija dodelom približne umesto tačne vrednosti digitalnom signalu.

Kao primer šuma na slika na slici 1 dati su primeri televizijske slike i termovizijske slike iste scene iz VA1 sekvence koja je iskvarena na četiri različita odnosa signal-šum (20, 10, 3 i 1 dB). Na termovizijskoj slici bez šuma jasno su uočljivi objekti sa većim temperaturnim kontrastom, isti slučaj je i kad je odnos signal-šum 20dB. Prilikom pojačavanja šuma manji objekti su slabije uočljivi, da bi prilikom odnosa od 1dB gotovo neuočljivi i ne razlikuju se od šuma na slici.

U većini slučajeva sjedinjavanje video sekvenci vrši se metodama za sjedinjavanje mirnih slika koje ne mogu da uzmu u obzir vremensku zavisnost između frejmova koja je izuzetno visoka. Takođe ove metode slabije su otporne



na pojavu šuma u sekvencama jer one uzimaju u obzir svaki frejm iz sekvence pojedinačno.



Slika 1. Slike televizijske i termovizijske kamere (prvi red) i rezultati dodavanja Gausovog šuma na termovizijsku sliku sa odnosom signa-šum od 20, 10, 3 i 1dB respektivno

Aritmetičko sjedinjavanje predstavlja vrlo jednostavan i ponekad veoma efikasan način sjedinjavanja slika. Sjedinjena slika se formira piksel po piksel aritmetičkom kombinacijom odgovarajućih piksela u ulaznim slikama. Sjedinjena slika  $F$  aritmetičkim sjedinjavanjem iz ulaznih slika  $A$  i  $B$  dobija se prema jednačini:

$$F(m,n) = k_A A(m,n) + k_B B(m,n) + C \quad (1)$$

Koeficijenti sjedinjavanja  $k_A$  i  $k_B$  određuju relativni uticaj koji svaka od ulaznih slika ima na sjedinjenu na toj poziciji dok  $C$  reguliše srednju vrednost nivoa sivog sjedinjenih slika.

Modifikovano aritmetičko sjedinjavanje dali su Yamamoto i Yamada [3] za sjedinjavanje televizijskih i termovizijskih slika. Ova metoda je preklapanje ulaznih slika sa koeficijentima:

$$(k_A, k_B, C) = (1, 1, -(E[A(m,n)] + E[B(m,n)])) \quad (2)$$

Ova metoda se razlikuje od aritmetičkog usrednjavanja samo po dinamičkom opsegu sjedinjene slike.

Mane aritmetičkog sjedinjavanja mogu se donekle izbeći korišćenjem pred-obrađene slika. Na ovaj način poboljšava se efikasnost sjedinjavanja i značajna prednost u odnosu na korišćenje individualnih senzora. Iako pred-obrađena, kao što je negativ jedne slike i pojačanje kontrasta, poboljšava uspešnost, aritmetičko sjedinjavanje ne daje dobre rezultate kao ostale metode za sjedinjavanje slika.

U literaturi postoji više metoda sjedinjavanja slika od kojih su najzastupljenije multirezolucione i multiveličinske [4]. Multirezoluciona analiza transformiše signal slike u piramidalnu predstavu sastavljenu od podopsežnih signala opadajuće rezolucije od kojih svaki predstavlja jedan deo originalnog spektra. Veće strukture su u podopsezima nižih, a finiji detalji u podopsezima viših nivoa rezolucije. Sjedinjavanje slika multirezolucionim piramidama daje veću fleksibilnost prilikom izbora informacija za sjedinjenu sliku i negativne efekte loših izbornih odluka prilikom sjedinjavanja ograničava na samo određene delove spektra. Gausova piramida [5] je prva multirezoluciona tehnika primenjena u sjedinjavanju slika. U Gausovoj piramidi informacije iz originalne slike izražene su kroz niz sve grubljih niskopropusnih (NP) aproksimacija originalne slike. Ove aproksimacije dobijaju se iterativnom NP filtracijom gausovskim prozorom, praćenim decimacijom sa faktorom 2.

Diskretna vejevlet transformacija (DVT) [6] je veoma rasprostranjena tehnika u oblasti digitalne obrade slike i sjedinjavanja slika sa istih ili različitih senzora (sjedinjavanje satelitskih slika, kolor sjedinjavanje, ...).

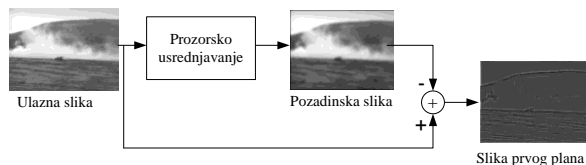
Multirezoluciona analiza (MR) ulaznih slika vrši se na osnovu Malat-ove teorije [7], dok se sjedinjavanje podopsega izvodi sa nekom od MR tehnika. Iako DVT ima široku primenu, ono pati od dva osnovna nedostatka:

- Nedostatak otpornosti na promene signala (shift invariance), tj. male promene u ulaznom signalu izazivaju značajne varijacije u distribuciji energije između koeficijenata u DVT i
- Loše selektivnosti po pravcima, koja je posledica razdvajanja filtera i maksimalne osetljivosti na ivice po horizontalnom, vertikalnom i dijagonalnom pravcu.

Zahtevnost ranije multirezolucionih algoritama je računarski dosta velika i dovodi u pitanje primenu za sjedinjavanje u realnom vremenu. Kompromis između računarske zahtevnosti i kvaliteta sjedinjavanja predstavlja računarski efikasan algoritam za sjedinjavanje (RES) [8]. Cilj je dvostruk: postići računarski efikasno sjedinjavanje primenljivo u realnom vremenu i da se održe dobre performanse i pouzdanost. Ova metoda postiže značajno smanjenje zahtevnosti sjedinjavanja upotrebom efikasnih filtera i razlaganjem na dva frekventna opsega. Veće pojave (niže frekvencije) sjedinjuju se jednostavnim aritmetičkim metodama, dok se pouzdana izborna tehnika primenjuje na sitnije detalje u višim delovima spektra. Sjedinjavanje slika na ovaj način daje dosta dobre rezultate, ponekad i bolje od zahtevnijih metoda.

Ova metoda sjedinjavanja koristi predstavu signala sa samo dva frekventna opsega. Ulazna slika razlaže se na dve slike iste veličine koje sadrže niži i viši deo njenog spektra. Niskofrekventna slika, zvana pozadinska sadrži nultu učestanost i samo grube detalje i najveće objekte iz ulazne slike. Nasuprot tome, slika prvog plana sadrži više učestanosti iz originalnog spektra. To su sitni objekti,

ivice, šare i ostali detalji neophodni za prepoznavanje i opis pojava i objekata. Spektralno razlaganje u pozadinsku i sliku prvog plana postiže se na taj način što se ulazna slika prvo filtrira NP filtrom, što daje pozadinsku sliku koja se onda oduzima od originala da bi se dobila slika prvog plana (slika 2).



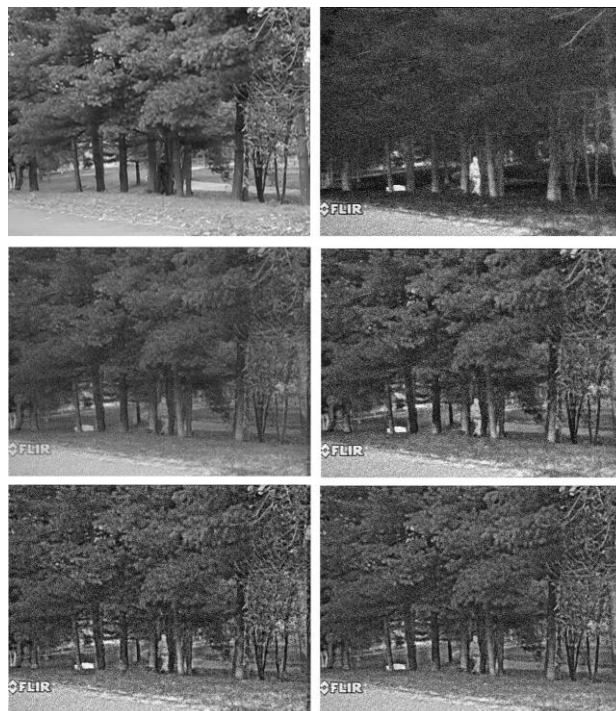
Slika 2. Razlaganje ulazne slike na pozadinsku sliku i sliku prvog plana

Rezultati sjedinjavanja navedenim metodama za sjedinjavanje još jednog frejma iz sekvence VA1 prikazani su na slici 3. Sa slike se vidi da se aritmetičkim sjedinjavanjem dobijaju najlošiji rezultati i da je došlo do gubitka kontrasta na mestima gde su komplementarni signali. Ostale metode daju bolje rezultate i ističe se sjedinjavanje Laplasovom piramidom, gde je najjači kontrast između objekata i pozadine.



Slika 3. Rezultati sjedinjavanja televizijske i termovizijske slike (prvi red) različitim metodama respektivno: aritmetičko, Laplasovom piramidom, DVT i RES

Sjedinjavanje u slučaju kad je jedna od slika (u ovom slučaju termovizijska) iskvarena šumom sa odnosom signal-šum od 1dB, prikazano je na slici 4. Sa slike se vidi da je najmanji uticaj šuma na sjedinjenu sliku vidljiv u aritmetičkom sjedinjavanju, iako je ovom metodom došlo do narušavanja kontrasta, dok je na ostalim slikama prisustvo šuma znatno uočljivije.



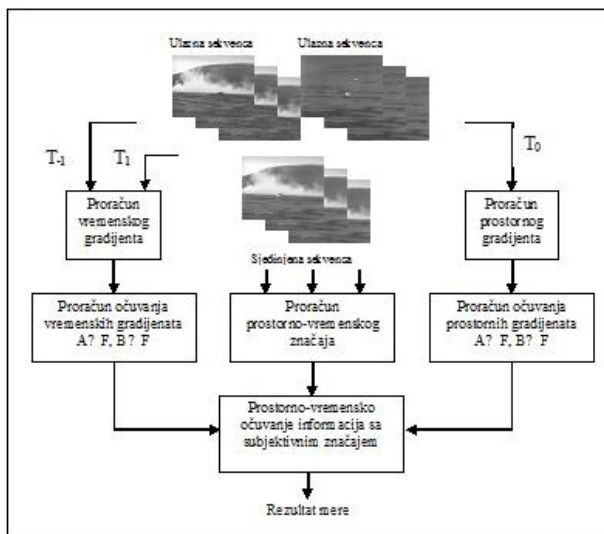
Slika 4. Rezultati sjedinjavanja televizijske i šumom iskvarena termovizijske slike (prvi red) različitim metodama respektivno: aritmetičko, Laplasovom piramidom, DVT i RES

### 3. PROCENA SJEDINJAVANJA U PRISUSTVU ŠUMA

Većina algoritama za procenu uspešnosti sjedinjavanja slika napravljeni su za mirne slike i daju dobre rezultate prilikom sjedinjavanja prostornih informacija iz ulaznih slika u sjedinjenu sliku. Ovo ne znači da se ovi algoritmi ne mogu koristiti za sjedinjavanje video sekvenci ali pri njihovom korišćenju javljaju se problemi. Jedan od njih je vremenska stabilnost zbog promena na sceni zbog koje bi trebalo menjati parametre kroz sekvencu, na primer broj nivoa dekompozicije kod Laplasove ili vejvlet sjedinjavanja, kako bi dobili što bolje rezultate sjedinjavanja. Pored toga računarska zahtevnost predloženih algoritama nije bitna ako se radi o sjedinjavanju mirnih slika ali je veoma važna ako se radi sjedinjavanje u realnom vremenu.

Dinamička, gradijentna mera za proračun uspešnosti sjedinjavanja sekvence slika DQ [9] nastavak je mere  $Q^{AB/F}$  [10] za mirne slike i prikazana je na slici 5. Ova mera daje prenesene informacije iz ulaznih sekvenci u sjedinjenu sekvencu. Proračun mere zasnovan je na tri uzastopna frejma sve tri sekvence. Za tekući frejm iz sve tri sekvence koristi se mera za očuvanje ulaznih informacija u sjedinjenoj sekvenci. Ovaj doprinos očuvanju informacija računa se za svaku lokaciju  $m,n$  na slici. Međutim, prethodni i sledeći frejm iz svake sekvence koriste se za proračun vremenskog gradijenta informacija koji obezbeđuje proračun očuvanja ulaznih vremenskih informacija na svakoj lokaciji u sjedinjenu sekvencu. Oba skupa proračuna integrišu se u jedan skup za proračun očuvanja prostorno-vremenskih informacija

za svaki piksel na slici. Ovi proračuni množe se težinskim koeficijentima koji su dobijeni kao rezultat subjektivnog značaja za tekući frejm. Individualni rezultati za svaki frejm se onda usrednjavaju da bi se dobila jedinstvena mera za celu sekvencu.



Slika 5. Mera za dinamičku procenu uspešnosti sjedinjavanja

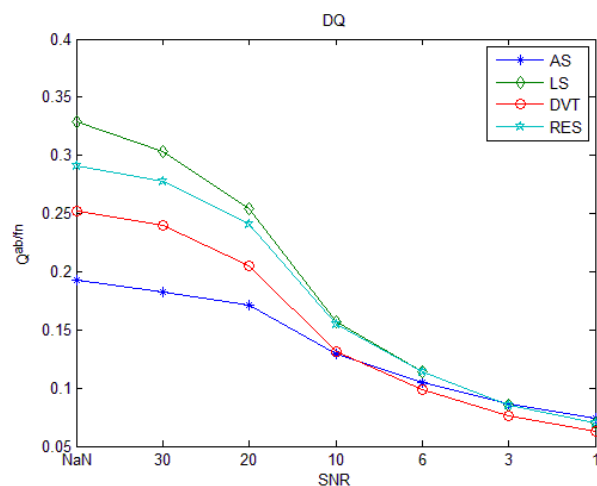
#### 4. ANALIZA REZULTATA

Primer sjedinjavanja televizijske slike i šumom iskvarena termovizijske slike iz urbane scene (prvi red) dat je na slici 6. Kao i kod prethodnog primera najmanje primetan je šum kod aritmetičkog sjedinjavanja uz najlošiji kontrast (drugi red levo). Laplasova metoda (drugi red desno) sjedinjavanja daje najbolje rezultate i najuočljiviji su topli objekti (ljudi). Ostale metode daju lošije rezultate uz veće prisustvo šuma.



Slika 6. Rezultati sjedinjavanja televizijske i termovizijske slike (prvi red) različitim metodama respektivno: aritmetičko, Laplasovom piramidom, DVT i RES

Na slici 7 dati su rezultati mere DQ primenjene na 15 sekvenci različitih scenarija koje su sjedinjene najzastupljenijim metodama za sjedinjavanje mirnih slika (aritmetičko sjedinjavanje – AS, laplasovo sjedinjavanje – LS, sjedinjavanje diskretnom vejevlet transformacijom DVT i računarski efikasnim sjedinjavanjem – RES). Kao ulazne sekvence korišćena je čista televizijska slika i zašumljena termovizijska slika različitim nivoima šuma (30, 20, 10, 6, 3 i 1db). Sa slike se vidi da prilikom manjeg prisustva šuma na ulaznim sekvencama sjedinjavanje Laplasovom piramidom daje najbolje rezultate. Pri porastu prisustva šuma Laplasova piramida i računarski efikasno sjedinjavanje daju najbolje i gotovo identične rezultate, a dok pri izrazito zašumljenim slikama aritmetičko sjedinjavanje daje nešto bolje rezultate od svih ostalih metoda. Ovo se može objasniti činjenicom da kod aritmetičkog sjedinjavanja nema decimacije signala i sjedinjavanjem u podopsezima koje mogu dodatno uticati na šum u sjedinjenoj slici.



Slika 7. Grafički prikaz rezultata sjedinjavanja dobijenih pomoću objektivne mere DQ

#### 5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja rezultate istraživanja uticaja šuma na dinamičko (video) sjedinjavanja slika. Kreiran je skup od većeg broja sekvenci različitih scenarija i pri tome jedna od ulaznih sekvenci iskvarena je sa različitim snagama šuma (6 različitih slučajeva). Metode koje su korišćene u fuziji su standardne metode za sjedinjavanje slika. Za procenu uspešnosti sjedinjavanja korišćena je mera za dinamičko sjedinjavanje.

Na osnovu rezultata mere DQ za procenu uspešnosti sjedinjavanja dinamičkih slika koja je zasnovana na merenju očuvanja informacija iz ulaznih u sjedinjenu sekvencu izvedeni su zaključci o primeni različitih metoda sjedinjavanja. Prilikom sjedinjavanja dinamičkih slika sa malim šumom najbolje rezultate daje sjedinjavanje Laplasovom piramidom. Pri odnosu signal-šum manjem od 20 računarski efikasna metoda daje dobre rezultate i zbog male zahtevnosti pogodna je za primenu u realnim sistemima. Pri odnosu manjem od 3dB aritmetičko sjedinjavanje, kao najjednostavnija i najmanje zahtevna metoda predstavlja najbolje rešenje za fuziju.

**LITERATURA**

- [1] V Petrovic, T Cootes, „Obejtively adaptive image fusion”, *Information fusion*, Volume 8, Issue 2, April 2007, pp. 168-176
- [2] V Petrovic, C Xydeas, „Sensor noise effects on signal-level image fusion performance”, *International Journal of Information Fusion*, 4: 2003 pp 167-183,
- [3] Yamamoto K, Yamada K, „Image Processing and fusion to detect Navigation Obstacles”, *Proc. SPIE*, Vol. 3374, 1998, str. 337-346
- [4] A Toet, „Hierarchical image fusion,” *Mach. Vision Appl.* 3, 3–11, 1990
- [5] P Burt, E Adelson, „The Laplacian pyramid as a compact image code”, *IEEE Transactions on Communication*, COM-31,1983, pp. 532-540
- [6] S Nikolov, P R Hill, D R Bull, C N Canagarajah, „Wavelets for image fusion,” in *Wavelets in Signal and Image Analysis, from Theory to Practice*, A. Petrosian and F. Meyer, Eds. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [7] S G Mallat, „A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation”, *IEEE Trans. PAMI*, 11(7), pp 674-693, 1989.
- [8] V Petrović, C Xydeas, „Computationally Efficient Pixel-level Image Fusion, *Proceedings of Eurofusion99, Stratford-upon-Avon, October 1999*, pp177-184
- [9] V Petrovic, T Coots, R Pavlović, “Dynamic Image Fusion Performance Evaluation”, [Information Fusion, 2007 10th International Conference on](#)
- [10] V Petrović, C Xydeas, „Objective Evaluation of Signal-level Image Fusion Performance”, *Optical Engineering, SPIE, Vol 44(8), 087003, 2005*

# PRIMENA OPEN SOURCE GIS REŠENJA ZA AUTOMATIZACIJU HIDROLOŠKIH PRORAČUNA NEIZUČENIH SLIVOVA

## APPLICATION OF OPEN SOURCE GIS FOR AN AUTOMATED HYDROLOGIC ANALYSIS OF UNGAUGED BASINS

Nikola Zlatanović<sup>1</sup>, Mileta Milojević<sup>1</sup>, Jelena Čotrić<sup>1</sup>, Irina Milovanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi – Zavod za zaštitu od bujica i erozije, Beograd

*Sadržaj – Hidrološke analize se relativno često vrše u inženjerskoj praksi pri projektovanju hidrotehničkih objekata. U Srbiji, kao i u većem delu ostatka sveta, najčešći je slučaj da se takve analize vrše na mestima gde ne postoje prethodna merenja, na tzv. neizučenim slivovima. Takvi proračuni zahtevaju analizu mnoštva prostornih podataka, i dugotrajnu obradu. Ovaj rad predstavlja jedno rešenje za značajno ubrzavanje procesa korišćenjem dostupnih softvera otvorenog koda.*

*Abstract – Hydrologic analyses are frequently performed in engineering practice when designing hydraulic structures and flood protection measures. In Serbia, as well as in most other parts of the world, these analyses are needed in basins where no previously measured streamflow data exists, in so-called ungauged catchments. Such analyses require a vast amount of spatial data and are very time-intensive. This paper deals with automating the processing and analyzing of spatial data for hydrologic calculations using open source software, in order to greatly speed up the process.*

### 1. UVOD

Hidrološke analize su neophodne kao podloga za projektovanje hidrotehničkih objekata. Bilo da je u pitanju projektovanje objekata za odbranu od poplava ili erozije, propusta, postrojenja za vodosnabdevanje, male hidroelektrane itd, hidrološki proračuni su neophodni kao ulazni podatak. Hidrološko osmatranje malih vodotokova je retkost svuda u svetu. Posebno nedostaju mereni i osmotreni podaci o proticajima velikih voda. S obzirom da hidraulički proračuni vodotokova zahtevaju poznavanje hidroloških parametara, odnosno talasa velikih voda i maksimalnih proticaja za definisanje verovatnoće, do ovih podataka se dolazi posrednim putem - hidrološkim proračunima za hidrološki neizučene slivove.

Za hidrološke proračune neizučenih slivova je potrebno mnoštvo ulaznih podataka ili podloga, uključujući topografske i morfološke odlike terena slivne površine, meteorološke podatke (podaci o padavinama i klimi), pedološke podloge (zastupljenost i rasprostranjenost tipova zemljišta), geološke podloge, način korišćenja zemljišta i zemljišni pokrivač itd.

Ovaj rad predstavlja jedno rešenje za značajno ubrzavanje procesa korišćenjem dostupnih softvera otvorenog koda.

### 2. METODOLOGIJA

#### 2.1 Hidrološki proračun

Usled nedostatka merenja na kojima bi se vršila statistička obrada, kod neizučenih slivova se u hidrološkoj praksi najčešće koriste parametarske metode koje koriste podatke o reljefnim, meteorološkim, klimatološkim i ostalim karakteristikama sliva za procenu hidrološkog režima.

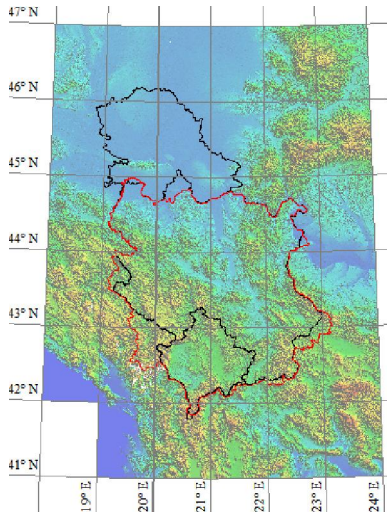
Za procenu oticaja vode usled padavina, korišćena je SCS CN metoda za računanje efektivnih padavina. SCS CN metoda je razvijena za računanje ukupnog oticaja na osnovu ukupnih padavina, koje računa na osnovu stanja na slivu u vidu hidrološke klase zemljišta, zemljišnog pokrivača, načina obrade zemljišta i prethodnih uslova vlažnosti [1].

Kako SCS CN metoda za računanje količine oticaja ne uzima u obzir vreme, već ukupni oticaj, za računanje hidrograma direktnog oticaja korišćena je metoda sintetičkog jediničnog hidrograma [2]. Time se vrši procena maksimalnog oticaja poplavnog talasa, kao i procena vremena nailaska poplavnog talasa nakon kiše.

#### 2.2 Ulazni podaci

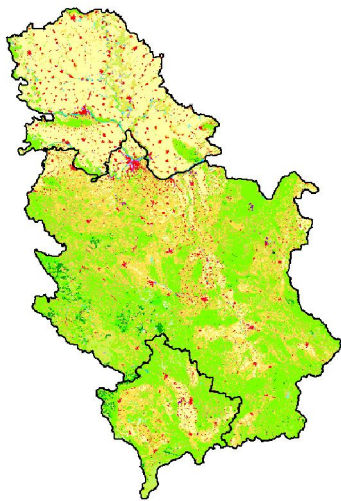
**Digitalni model terena** (DTM – Digital Terrain Model i DEM – Digital Elevation Model) je matematička predstava kontinualne površi terena na osnovu reprezentativnog seta podataka u formi tačaka, linija i drugih informacija prikupljenih o terenu. U širem smislu, digitalni model terena, pored podataka, obuhvata i procedure za organizovanje tih podataka u okviru baze podataka o terenu, kao i odgovarajuće metode interpolacije na osnovu tih podataka.

Za potrebe ove studije, korišćen je SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) digitalni model terena, za teritoriju Republike Srbije. SRTM je internacionalni poduhvat predvođen NASA-om, tokom kojeg je snimljen digitalni model terena širom sveta putem modifikovanog radarskog sistema montiranog na spejs šatl [3]. Dostupan je za besplatno preuzimanje putem interneta. Na slici 1 je prikazan digitalni model teren koji je korišćen.



Slika 1. SRTM digitalni model terena za teritoriju Srbije

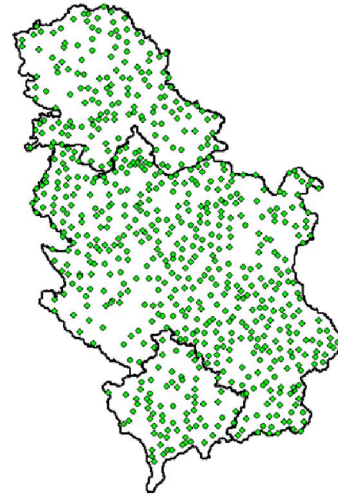
**Zemljišni pokrivač i korišćenje zemljišta** imaju veoma veliki uticaj na hidrološke procese kao što su evapotranspiracija, vlažnost zemljišta i obnavljanje količina podzemnih voda. CORINE (Coordination of Information on the Environment – Koordinacija informacija o životnoj sredini) program je implementiran od strane Evropske Komisije sa svrhom da se razvije baza podataka koja će sadržati konzistentne lokalizovane geografske informacije o zemljišnom pokrivaču evropskih zemalja [4].



Slika 2. CORINE zemljišni pokrivač za teritoriju Republike Srbije

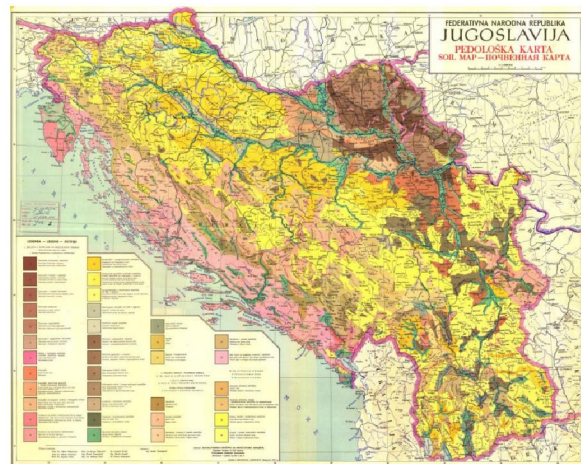
**Padavinske stanice** predstavljaju veoma važan izvor meteoroloških podataka za potrebe hidroloških proračuna, naročito kada su u pitanju neizučeni slivovi. Kada ne postoje, ili nisu raspoložive vrednosti osmotrenih proticaja na nekom vodotoku, slivovi takvih vodotoka se nazivaju neizučeni slivovima, i najčešće se u hidrološkoj praksi proračuni proticaja vrše preko merenih podataka o padavinama, u sprezi sa ostalim raspoloživim hidrološkim, meteorološkim i klimatskim parametrima.

Jedna od važnijih informacija potrebnih u hidrološkim analizama jeste zapremina pale vode na neki sliv. Na osnovu merenja padavina na više tačaka unutar sliva ili u njegovoj neposrednoj blizini, zapremina pale vode se može odrediti na više načina, mada se najčešće u inženjerskoj praksi koristi metoda Tisenovih poligona jer kombinuje jednostavnost i relativnu tačnost.



Slika 3. Mreža padavinskih stanica

**Pedološke podloge**, tj. podaci o zemljištu, su digitalizovani sa Pedološke karte Federativne Narodne Republike Jugoslavije u razmeri 1:1.000.000 iz 1959. godine, koju je izradilo Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta. Izvorni oblik ove karte je prikazan na slici 4.



Slika 4. Pedološka karta Federativne Narodne Republike Jugoslavije iz 1959. godine

Trenutno ne postoji zvanična pedološka karta u digitalnom obliku koja pokriva čitavu teritoriju Republike Srbije.

### 2.3 Korišćeni softver

Da bi se u potpunosti automatizovale metode predstavljene u delu 2.1 korišćenjem podatke predstavljene u delu 2.2, program je napisan korišćenjem programskog jezika R i geografskog informacionog sistema SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses). Glavni razlozi za odabir ovakve kombinacije softvera su sledeći: 1) oba programska paketa su sposobna za efikasnu obradu i analizu prostornih podataka, 2) oba programska paketa se lako nauče sa osnovnim predznanjem programiranja i GIS-a, i 3) oba programska paketa su besplatna i otvorenog koda, čineći ih idealnim za naučna istraživanja.

R je integrisan softverski paket sa alatima za obradu podataka, proračune i grafički prikaz [5]. Iako je razvijan kao implementacija programskog jezika S sa glavnom primenom u oblasti statističkih proračuna, R se lako nadograđuje kroz funkcije i module, a R zajednica je poznata po tome da je vrlo aktivna. Jedan od ovih paketa, RSAGA, omogućava pristup svim funkcijama za prostornu analizu terena koju nudi SAGA GIS korišćenjem programskog jezika R. R je besplatno dostupan putem GNU GPL javne licence, koja omogućava korisnicima (pojedincima, organizacijama ili kompanijama) prava da koriste, izučavaju, umnožavaju ili modifikuju softver.

SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) je besplatan geografski informacioni sistem otvorenog koda za editovanje, obradu i analizu prostornih podataka. Ovaj softverski paket se neprestano proširuje putem kompleta metoda koje su organizovane u module unutar programa, i mogu biti pozvane bilo iz grafičkog interfejsa programa ili iz nekog programerskog okruženja (npr. R, Python, shell scripts etc) [6].

### 2.4 Analizirani slivovi

U ovom radu, analiziran je ukupno 21 sliv za koje su bili raspoloživi podaci o proticajima. Kriterijumi za izbor slivova su sledeći:

- da je slivna površina manja od 500 km<sup>2</sup>
- da je niz hidroloških merenja dovoljno dugačak (bar 20 godina) i bez dužih prekida
- da sliv ne poseduje hidrotehničke objekte koji vrše promene na hidrološki režim toka, kao što su veće akumulacije, značajne mere odbrane od poplava, kompleksni sistemi za navodnjavanje itd.

Na Slici 5 su prikazani položaji odabranih slivova na karti Srbije, a u Tabeli 1 je dat tabelarni prikaz slivova sa pripadajućim slivnim površinama.



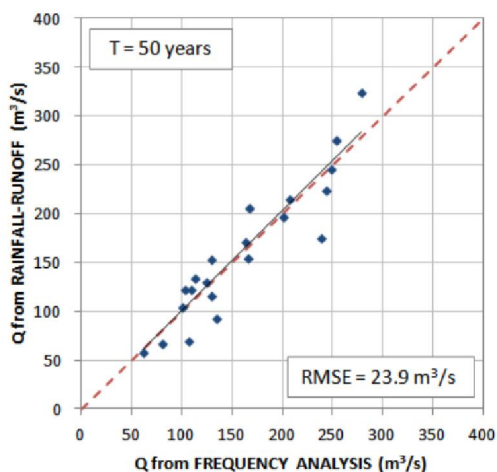
Slika 5. Položaji analiziranih slivova

Tabela 1. Spisak analiziranih slivova

R.br.	Reka	Hidrološka stanica	Slivna površina (km <sup>2</sup> )
1	Jasenica	Donja Šatornja	84
2	Crnajka	Crnajka	96
3	Kozarska	Tupalovce	98
4	Lukovska	Merčez	113
5	Lopatnica	Bogutovac	116
6	Jablanica	Sedlari	140
7	Gradac	Degurić	159
8	Toplica	Magovo	180
9	Obnica	Belo Polje	185
10	Kutinska	Radikina Bara	205
11	Tamnava	Koceljeva	208
12	Dičina	Brdani	208
13	Rasina	Brus	213
14	Visočica	Bračevci	227
15	Bjelica	Guča	239
16	Lužnica	Svođe	319
17	Kolubara	Valjevo	340
18	Kosanica	Visoka	370
19	Resava	Manastir Manasija	388
20	Visočica	Visočka Ržana	403
21	Moravica	Ivanjica	475

### 3. REZULTATI

Metodologija opisana u poglavlju 2 je primenjena na odabrane slivove za koje je bilo raspoloživih podataka i koji su zadovoljili zadate kriterijume. U Srbiji, kao i u većini država sveta, merodavni proticaji za odbranu od poplava su definisani povratnim periodom, odn. verovatnoćom pojave određenog proticaja. Iz tog razloga su rezultati metodologije proračuna za neizučene slivove poređeni sa rezultatima statističke analize merenih proticaja. Ovi rezultati su uporedno prikazani na Slici 6, za primer povratnog perioda od 50 godina (verovatnoća pojave proticaja jednom u pedeset godina). Na x osi su naneti rezultati statističke analize dok su na y osi naneti rezultati proračuna za neizučene slivove. Idealno, sve tačke bi trebalo da ležu na pravu  $x=y$ .



Slika 6. Poređenje rezultata dobijenih proračunom (y osa) sa rezultatima statističke analize (x osa)

### 4. ZAKLJUČAK

Korišćenjem pomenutih softverskih paketa, programskog jezika R i SAGA GIS-a, postupak od nekoliko dana se može skratiti na svega nekoliko minuta računarskog vremena, pod uslovom da su podaci unapred pripremljeni (kao što su opisani u poglavlju 2.2). Rezultati potvrđuju da je postojeće metode za hidrološki proračun neizučenih slivova moguće automatizovati i višestruko ubrzati, ali takođe da je potrebno još poraditi na usavršavanju same metodologije hidrološkog proračuna. Način automatizacije proračuna opisan u ovom radu bi trebalo da omogući hidrolozima da više vremena posvete noveliranju hidrološke metodologije za neizučene slivove, a manje vremena troše na proračun i obradu prostornih podataka.

### 5. LITERATURA

- [1] Soil Conservation Service, *National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10*, US Department of Agriculture (USDA), Washington, D.C., 1985.
- [2] Jovanović, S., *Hidrologija*, Građevinski tehničar III, IRO Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [3] Rodriguez, E. et al, *An assessment of the SRTM topographic products (Technical Report JPL D-31639)*, Jet Propulsion Laboratory, California, 2005.
- [4] Bossard, M., Feranec, J., Othel, J., *CORINE Land Cover Technical Guide - Addendum 2000*, European Environment Agency, Copenhagen, 2000.
- [5] R Development Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2011.
- [6] Olaya, V., *A gentle introduction to SAGA GIS - Edition 1.1, 2004. (Dostupno na <http://downloads.sourceforge.net/saga-gis/SagaManual.pdf>)*



# PRIMENA GENERALIZOVANE KONSTRUKTIVNE HEURISTIKE NA PERMUTACIONI FLOWSHOP PROBLEM APPLICATION OF THE GENERALIZED CONSTRUCTIVE HEURISTIC ON THE PERMUTATION FLOWSHOP PROBLEM

Miloš Danilović, Oliver Ilić  
*Fakultet organizacionih nauka u Beogradu*

**Sadržaj** – U radu je prikazana generalizovana konstruktivna heuristika za rešavanje kombinatornih optimizacionih problema. Cilj eksperimentalne studije, prikazane u radu je da uporedi rezultate, dobijene primenom ove heuristike sa rezultatima najpoznatijih metaheuristika. Generalizovani konstruktivni algoritam, označen kao GCA, omogućava izbor najraznovrsnijih heuristika prostim izborom vrednosti svojih argumenata. Testovi su sprovedeni na problemu minimizacije vremenskog razmaka proizvodnje (*makespan*) u permutacionim protočnim radionicama (*permutation flowshops*). Numerički eksperimenti su sprovedeni na skupu od 120 Taillard-ovih benčmark testova. Rezultati su upoređeni sa rezultatima jedanaest najboljih metaheuristika koje obuhvataju simulirano kaljenje, tabu pretragu, genetske algoritme, mravlje kolonije i algoritme lokalne pretrage. Poređenja pokazuju da su rezultati generalizovane konstruktivne heuristike u rangu najboljih metaheuristika, pri čemu novi algoritam zahteva značajno manje vreme rada računara.

**Abstract** – In this paper a generalized constructive heuristic for solving combinatorial optimization problems is presented. The goal of the experimental study, presented in this paper is to compare the results obtained using the generalized constructive heuristic proposed by Danilović and Ilić with the results obtained using well known metaheuristics. The generalized constructive algorithm referred to as GCA makes it possible to select a wide variety of heuristics just by the selection of its arguments values. Tests have been made on the problem of minimizing *makespan* in the permutation flowshops. Computational experiments were conducted on a set of 120 benchmark problem instances, originally proposed by Taillard. Comparison was made with eleven best metaheuristics in this field comprising simulated annealing, tabu search, genetic algorithms, ant colonies and local search algorithms. Obtained results are in the range of the results obtained using best algorithms with significantly lower time consumption.

## 1. UVOD

Kako za rešavanje NP-kompletnih problema kombinatorne optimizacije ne postoje egzaktne polinomijalni algoritmi, autori predlažu raznovrsne heuristike, čiji je cilj da u zadovoljavajućem vremenu daju rešenja koja u dozvoljenim granicama odstupaju od optimalnih rešenja. U većini ovih heuristika operacije se

izvode nad permutacijama početnog skupa objekata, a heuristike se međusobno razlikuju po načinu na koji generišu te permutacije i po kriterijumu za odabir željenih permutacija između svih mogućih permutacija. Prema načinu na koji se generišu permutacije, ove heuristike mogu da se podele na konstruktivne heuristike i heuristike poboljšanja. U konstruktivnim heuristikama se, polazeći od jednog odabranog objekta, u svakoj sledećoj iteraciji broj odabranih objekata koji se permutuju uvećava za jedan. Heuristike poboljšanja permutuju kompletan skup objekata u potrazi za optimalnom permutacijom. Velika međusobna sličnost ovih heuristika nameće potrebu da se postupci generisanja i odabira željenih permutacija generalizuju. Generalizovani algoritam bi omogućio da se veliki broj postojećih heuristika predstavi jednim algoritmom sa različitim vrednostima svojih argumenata, što bi pojednostavilo postupke analize i poboljšanja tih algoritama. U radovima [1,2] je predstavljena generalizacija konstruktivnih heuristika i predloženi generalizovani algoritam, GCA je upoređen sa NEH heuristikom [3] koja je originalno korišćena za određivanje minimalnog vremena razmaka proizvodnje  $C_{max}$  (*makespan*) u permutacionim problemima protočne radionice (*permutation flowshop problems* - PFSP). Zahvaljujući svojoj jednostavnosti i efikasnosti, korišćena je u ogromnom broju drugih heuristika, kako za PFSP tako i za druge probleme [4-9]. Autori su u radovima [1,2] pokazali, koristeći obimne eksperimentalne rezultate, prednosti GCA u odnosu na NEH algoritam.

U ovom radu su predstavljeni rezultati studije u kojoj je GCA poređen sa najpoznatijim metaheuristikama za rešavanje PFSP-a. Karakteristika svih analiziranih metaheuristika je da, u odsustvu matematičke zasnovanosti njihovih postupaka primenjuju veštačko ograničavanje vremena rada računara, najčešće proporcionalno veličini instance na kojoj se problem testira. U takvom okruženju, GCA beleži značajnu prednost, jer zahvaljujući generalizovanoj postavci može neposrednije da uspostavi vezu između vremena rada računara i poboljšanja vrednosti ciljne funkcije kroz korake algoritma. Kao rezultat, dobijeni rezultati potvrđuju veliku prednost u efikasnosti GCA u odnosu na upoređivane heuristike uz vrednosti ciljne funkcije u rangu najboljih vrednosti poređenih metaheuristika.

Rad je organizovan na sledeći način. U delu 2 je definisan PFSP, a u delu 3 je predstavljen GCA. Poređenje rezultata dobijenih na 120 Taillard-ovih test instanci, koje se

smatraju najtežim instancama za posmatrani problem je prikazano u delu 4 rada. Zaključna razmatranja su data u delu 5 ovog rada.

## 2. PERMUTACIONI FLOWSHOP PROBLEM

Problem minimizacije  $C_{max}$  u PFSP može da se formuliše na sledeći način. Svaki od  $n$  poslova iz skupa  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  je raspoloživ u početnom nultom trenutku i treba da bude procesuiran na  $m$  mašina  $M_1, M_2, \dots, M_m$  po tom redosledu, pri čemu ni jedna mašina ne može da obrađuje više od jednog posla istovremeno i ni jedan posao ne može da se istovremeno obrađuje na više od jedne mašine. Kada počne da se procesuirati, posao se kompletira bez prekidanja (*no-preemption*), sva priprema vremena su uključena u vreme obrade posla i nema ograničenja skladištenja između mašina. Problem, koji se najčešće označava kao  $F|prmu|C_{max}$  je određivanje redosleda poslova koji treba da se obavi na svakoj mašini, tako da  $C_{max}$ , odnosno vreme završetka poslednjeg posla na  $M_m$ , bude minimalno. Permutaciona (*prmu*) verzija *flowshop* problema podrazumeva da je na svakoj mašini usvojeni redosled poslova isti. U opštem slučaju isti redosled poslova na svim mašinama ne daje uvek optimalan redosled, tako da je  $F|prmu|C_{max}$  u opštem slučaju jednostavniji problem od generalnog,  $F||C_{max}$ .

Neka  $j$ -ti posao po redosledu u nizu iz skupa  $\{1, 2, \dots, n\}$  ima oznaku  $j$ . Vreme procesuiranja  $j$ -tog posla na  $i$ -toj mašini je  $t_{ij}$ , a vreme proteklo od početnog trenutka  $t = 0$  do završetka  $j$ -tog posla na  $i$ -toj mašini je  $C_{ij}$ . *Makespan*,  $C_{max} = C_{m,n}$  se određuje iz sistema jednačina:

$$\begin{aligned} C_{1,1} &= t_{1,1} \\ C_{i,1} &= C_{i-1,1} + t_{i,1} \\ C_{1,j} &= C_{1,j-1} + t_{1,j} \\ C_{i,j} &= \max(C_{i-1,j}, C_{i,j-1}) + t_{i,j} \end{aligned}$$

Druga i treća jednačina mogu da se predstave u apsolutnom obliku kao:

$$\begin{aligned} C_{i,1} &= C_{i-1,1} + t_{i,1} = C_{i-2,1} + t_{i-1,1} + t_{i,1} = \sum_{k=1}^i t_{k,1} \\ C_{1,j} &= C_{1,j-1} + t_{1,j} = C_{1,j-2} + t_{1,j-1} + t_{1,j} = \sum_{k=1}^j t_{1,k} \end{aligned}$$

Pregrupisavanjem suma i preuređivanjem sabiraka u sumama se dobije značajna formulacija *makespan*-a:

$$C_{max} = \max_{1 \leq k_1 \leq k_2 \leq \dots \leq k_{m-1} \leq n} [P]$$

pri čemu je:

$$P = \sum_{j=1}^{k_1} t_{1,j} + \sum_{j=k_1}^{k_2} t_{2,j} + \dots + \sum_{j=k_{m-2}}^{k_{m-1}} t_{m-1,j} + \sum_{j=k_{m-1}}^n t_{m,j}$$

$P$  se sastoji od  $m$  parcijalnih suma u kojima su fiksirane vrednosti za  $i$ , redni broj mašine. Sume mogu da imaju najmanje jedan a najviše  $n$  sabiraka. Ova formulacija je osnov za većinu poznatih postupaka za odoređivanje *makespan*-a.

Čuveni algoritam Johnson-a [10] rešava  $F2|prmu|C_{max}$ , koji je istovremeno i generalni  $F2||C_{max}$  problem.

$Fm|prmu|C_{max}$  i  $F|prmu|C_{max}$  su strogo NP-kompletni za  $m \geq 3$ , [11].

## 3. GCA

Deterministički problem kombinatorne optimizacije može da se formuliše kao četvorka  $(O, F, C, g)$ , pri čemu je:

- $F(O)$  konačan skup dopustivih rešenja za datu instancu  $O$ ;
- $C(x)$ ,  $x \in F(O)$ , označava realnu ciljnu funkciju kao meru dopustivog rešenja  $x$ ;
- $g$  predstavlja funkciju tipa optimizacije, i najčešće je "min" odnosno "max".

Zadatak optimizacije je da odredi, za datu instancu  $O$ , *optimalno rešenje*, odnosno dopustivo rešenje  $x$  koje zadovoljava:

$$C(x) = g\{C(x') \mid x' \in F(O)\}. \quad (1)$$

Bez gubitka opštosti postupaka, svaki skup objekata u permutacionim kombinatornim problemima može da se predstavi skupom  $S^n = \{1, 2, \dots, n\}$  gde je  $n$  kardinalnost od  $O$  (u nastavku će instance kardinalnosti  $n$  biti označene sa  $O^n$ ). Opšti model konstruktivne heuristike, GCA, može da se prikaže kroz korake Algoritma 1.

### Algoritam 1: GCA

**Function** GCA( $O^n, C, g$ )

```

1  inicijalizacija( $n, g_1$ )
2   $k \leftarrow 1$ 
3  repeat
4  |   selekcija( $n - k, g_2$ )
5  |   umetanje( $k, \xi$ )
6  |    $k \leftarrow k + 1$ 
   until  $k = n$ 

```

**return**  $x \leftarrow \pi^n$

GCA gradi rešenje  $x$ , korak po korak, na osnovu skupa predefinisanih pravila. Ova pravila se odnose na:

- *Inicijalizacija*: izbor, na osnovu funkcije  $g_1$ , jednog elementa iz  $S^n$  koji će biti uvršten u rešenje  $x$ . Po završetku inicijalizacije  $x$  ima samo jedan element;
- *Selekcija*: kriterijum izbora, na osnovu  $g_2$ , sledećeg elementa koji će biti pridodat rešenju;
- *Umetanje*: izbor, na osnovu kriterijuma  $\xi$ , pozicije na koju će izabrani element biti umetnut.

Funkcije  $g_1$ ,  $g_2$ , i  $\xi$ , su u najvećem broju aplikacija ekvivalentne sa  $g$  iz (1). U  $k$ -toj iteraciji  $S^n$  je particionisan na dva podskupa,  $\{A_1^k, A_2^{n-k}\}$ , pri čemu su u  $A_1^k$ , kardinalnosti  $k$ , odabrani elementi iz prethodnih iteracija, a u  $A_2^{n-k}$  preostali elementi iz  $S^n$ . Kroz iteracije može da se čuva jedna ili više sekvenci u koje se u sledećoj iteraciji umeće novi element. Konkretno, na početku  $k$ -te iteracije algoritma postoje  $w$  podsekvenci:

$$\{\rho_1^k, \rho_2^k, \dots, \rho_w^k\} : P^k = \{\rho_i^k, i = 1, \dots, w\}.$$

Ukoliko sve sekvence  $\rho_i^k$  iz  $P^k$  zadovoljavaju  $\xi$ , odgovarajuće  $P^k$  se označava se  $P^k(\xi)$ . U svaku

sekvencu iz  $P^k$  se u ovoj iteraciji može da umetne novi element na  $k + 1$  različitu poziciju, znači broj mogućih različitih sekvenci, dužine  $k + 1$  je  $w \cdot (k + 1)$  formirajući skup sekvenci  $PP^{k+1}$ . Označimo sa  $\mathbf{ins}(\rho^k, j, l)$  rezultujuću sekvencu dužine  $(k + 1)$  koja se dobija umetanjem  $v(j, l)$  broja  $j$  na  $l$ -tu poziciju u  $\rho^k$ . Redosled umetanja, označen sa  $ord$  ima veoma važnu ulogu u konstruktivnim heuristikama. Razlikovaćemo  $ASC$ , za koji je redosled umetanja  $l = 1, 2, \dots, k+1$  i  $DSC$ , za koji je redosled umetanja  $l = k+1, k-1, \dots, 1$ . Na osnovu uvedenih definicija može da se konstruiše opšti postupak PERMGEN za generisanje svih permutacija  $Z^{k+1}$  od  $k+1$  elementa na osnovu datog skupa permutacija  $Z^k$  od  $k$  elemenata.

---

**Algoritam 2:** Formiranje  $Z^{k+1}$  iz  $Z^k$ 


---

```

Function PERMGEN1( $Z^k, ord$ )
1   $i \leftarrow 1$ 
2   $ii \leftarrow 1$ 
3  repeat
4  | if  $ord = "ASC"$  then  $l \leftarrow 1$  else  $l \leftarrow k + 1$ 
5  | repeat
6  | |  $z^{k+1, ii} \leftarrow (z^{k, i} \xrightarrow{v(k+1, l)} \mathbf{ins}(z^{k, i}, k + 1, l))$ 
7  | | if  $ord = "ASC"$  then  $l \leftarrow l + 1$  else  $l \leftarrow l - 1$ 
8  | |  $ii \leftarrow ii + 1$ 
9  | | if  $ord = "ASC"$  then (until  $l > k + 1$ ) else (until  $l < 1$ )
9  | |  $i \leftarrow i + 1$ 
    until  $i > |Z^k|$ 

return  $Z^{k+1}$ 
    
```

---

GCA, predstavljen kao Algoritam1 može da se, na osnovu prethodnih razmatranja, definiše kao funkcija  $GCA(ESARG)$ , gde je  $ESARG$  prošireni skup argumenata,  $ESARG = \{O^n, C, g, \xi, ord, ARG\}$ .

Argument  $ARG$  predstavlja skup opcionalnih parametara  $\{\mathbf{arg}_1 \dots \mathbf{arg}_7\}$ :

- $\mathbf{arg}_1$  - kriterijum selekcije elementa u  $k$ -toj iteraciji iz skupa  $A_2^{n-k}$  Algoritma 1;
- $\mathbf{arg}_2$  - ceo broj, jednak maksimalnom broju pamćenih sekvenci, podrazumevana vrednost je 1;
- $\mathbf{arg}_3$  je ceo broj, čija je vrednost:
  - 0, ukoliko je u  $k$ -toj iteraciji  $\xi$  primenjen na  $\rho_1^k$
  - 1, ukoliko se  $\xi$  primenjuje na  $(\rho_1^k, \rho_2^{n-k})$ ;
  - 2, ukoliko se u situacijama međusobno jednakih vrednosti ciljne funkcije,  $\xi$  primenjuje na  $(\rho_1^k, \rho_2^{n-k})$ , inače na  $\rho_1^k$ . Podrazumevana vrednost je 0;
- $\mathbf{arg}_4$  - primenjeni kriterijum  $\xi$ , korišćen samo u slučajevima kada je  $\mathbf{arg}_2 > 1$ ;
- $\mathbf{arg}_5$  je binarna promenljiva, čija je vrednost:
  - 0, ako se  $\xi$  primenjuje na  $PP^{k+1}$  kao celinu i

- 1, ako se  $\xi$  primenjuje posebno na svaki  $P_i^{k+1}$ . Podrazumevana vrednost je 0;
- $\mathbf{arg}_6$  - je argument koji definiše opseg dozvoljenog odstupanja vrednosti ciljne funkcije od trenutne optimalne vrednosti. Može da bude definisan kao realni interval, kao funkcija ili, u specijalnom slučaju kao  $min$ , kada se selektuje samo permutacija sa najnižom vrednošću ciljne funkcije. Podrazumevano je  $min$ ;
- $\mathbf{arg}_7$  - (*kašnjenje*) je ceo broj koji određuje broj iteracije posle koje započinje simultano procesuiranje više od jedne sekvence. Znači, procesuiranje više od jedne sekvence počinje od  $\mathbf{arg}_7$ -te iteracije. Podrazumevana vrednost je 1.

GCA omogućava definiciju heuristike samo na osnovu izbora vrednosti argumenata (argumenti koji imaju podrazumevane vrednosti se ne unose u listu argumenata). Vrednost argumenta  $\mathbf{arg}$  iz  $ESARG$  se označava kao  $value(\mathbf{arg})$ . Skoro sve konstruktivne heuristike mogu da budu potpuno definisane određivanjem vrednosti ovih argumenata. Ovo otvara širok opseg mogućnosti da se formiraju nove, i poboljšaju postojeće heuristike.

Prednost predloženog pristupa leži u mogućnosti da se, u okviru iste sesije, primene, jedan za drugim, više algoritama,  $A_1, \dots, A_z$  sa različitim vrednostima svojih argumenata, i da se zatim izabere *najbolje rešenje* kao konačno rešenje. Ovo podrazumeva dopustivo rešenje algoritma  $A$ , označano kao  $x(A)$ , gde je:

$$C(x(A)) = g\{C(x'(A)) \mid x'(A) \in \{x_1(A_1), \dots, x_z(A_z)\}\}.$$

Neka  $MULTIGCA(A_1, \dots, A_z, t_{\max})$  označava takav složeni algoritam, gde  $t_{\max}$  definiše maksimalni dozvoljeni utrošak CPU vremena. Vrednosti argumenata svakog od algoritama mogu da budu unapred definisani ili dinamički menjani tokom izvršavanja algoritama. U ovom drugom slučaju je neophodno postojanje postupka za izbor vrednosti argumenata. Najjednostavniji način je da se definiše postupak ARGCHOICE kojim se bira vrednost između vrednosti argumenata dva algoritma.

---

**Algoritam 3:** Izbor vrednosti argumenata
 

---

```

Procedure ARGCHOICE ( $ESARG^c, ESARG^1, ESARG^2$ )
1   $x^1 \leftarrow GCA(ESARG^c, ESARG^1)$ 
2   $x^2 \leftarrow GCA(ESARG^c, ESARG^2)$ 
3  if  $C(x^1) = g(C(x^1), C(x^2))$  then return  $x^1, ESARG^1$ 
4  else return  $x^2, ESARG^2$ 
    
```

---

$ESARG^c$  je podskup vrednosti argumenata koji su isti u oba algoritma, dok su  $ESARG^1$  i  $ESARG^2$  vrednosti preostalih argumenata za prvi, odnosno drugi algoritam respektivno.

#### 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

GCA sa odabranim vrednostima svojih argumenata je poređen sa 11 najpoznatijih metaheuristika za rešavanje PFSP. Testovi su sprovedeni na Taillard-ovim benchmark problemima [12]. Trajanja obrade poslova su generisana

slučajno iz uniformne raspodele nad brojevima 1,2,...,99. Taillard je ispitivao instance sledećih 12 parova ( $m, n$ ): (5,20), (10,20), (20,20), (5,50), (10,50), (20,50), (5,100), (10,100), (20,100), (10,200), (20,200) i (20,500) i, za svaki par odabrao  $Q = 10$  instanci koje su izgledale najteže. Svi eksperimenti su obavljani na Intelu Core2 Duo 2.2 GHz PC sa 4GB memorije.

Za svaku instancu je izračunato procentualno povećanje  $\Delta[\pi]$  u odnosu na  $C_{\max}[\pi^*]$  kao:

$$\Delta[\pi] = (C_{\max}[\pi] - C_{\max}[\pi^*]) / C_{\max}[\pi^*] \times 100\% \quad (2)$$

gde je  $\pi^*$  optimalna ili najbolja poznata sekvenca, a  $\pi$  sekvenca dobijena predloženim poboljšanjem.

Treba napomenuti da se u osnovi GCA razlikuje od svih ovih heuristika po tome što utrošak CPU vremena može direktno da se veže za kvalitet dobijenih rešenja, jer se izborom broja paralelnih sekvenci koje se obrađuju algoritmom unapred može da definiše dužina rada programa, za razliku od metaheuristika kod kojih je

dužina rada stohastička vrednost. U svim radovima se zbog ovoga trajanje obrade primenom heuristika veštački ograničava nekom vrednošću, koja je za probleme vezane za Taillard-ove instance usvojena da bude  $n*m/2*60$  milisekundi. U Tabeli 1 je prikazano poređenje GCA sa 11 najpoznatijih metaheuristika [13-21], i to:

- SA – simulirano kaljenje - Osman and Potts (1989);
- TB - tabu pretraga - Widmer and Hertz (1989);
- CHEN , REEV – genetski algoritam Chen et al. (1995) i Reeves (1995);
- MUR – hibridni genetski algoritam sa lokalnom pretragom - Murata et al. (1996);
- RU1, RU2 – dva genetska algoritma - Ruiz et al. (2006);
- AA – genetski algoritam - Aldowaisan i Allahvedi (2003);
- ILS – iterativna lokalna pretraga - Stutzle (1998);
- ANT1, ANT2 – dva algoritma mravljih kolonija - Chandrasekharan i Ziegler (2004).

**Tabela 1.** Poređenje 11 najpoznatijih metaheuristika sa GCA

instanca	NEH	RU1	RU2	SA	TB	CHEN	REEV	MUR	ILS	AA	ANT1	ANT2	t[sec]	GCA	tGCA [sec]
20x5	3.31	0.26	0.04	1.09	4.33	4.15	0.62	0.80	0.49	0.94	0.04	0.21	3.00	1.02	0.0143
20x10	4.94	0.73	0.13	2.63	6.07	5.18	2.04	2.14	0.59	1.54	0.15	0.37	6.00	1.53	0.0325
20x20	3.75	0.43	0.09	2.38	4.44	4.26	1.32	1.75	0.36	1.43	0.06	0.24	12.00	1.04	0.0585
50x5	0.83	0.07	0.02	0.52	2.19	2.03	0.21	0.30	0.20	0.36	0.03	0.01	7.50	0.27	0.0990
50x10	5.45	1.71	0.72	3.51	6.04	6.54	2.06	3.55	1.48	3.72	1.40	0.85	15.00	2.42	0.2343
50x20	6.38	2.74	1.28	4.52	7.63	7.74	3.56	5.09	2.20	4.69	2.18	1.59	30.00	3.84	0.4918
100x5	0.58	0.07	0.02	0.30	1.06	1.35	0.17	0.27	0.18	0.32	0.04	0.03	15.00	0.26	0.4350
100x10	2.43	0.62	0.29	1.48	3.01	3.80	0.85	1.63	0.68	1.72	0.47	0.27	30.00	1.17	0.9108
100x20	5.41	2.75	1.66	4.63	6.74	8.15	3.41	4.87	2.55	4.91	2.59	2.09	60.00	3.59	2.2068
200x10	1.26	0.43	0.20	1.01	2.07	2.76	0.55	1.14	0.56	1.27	0.23	0.27	60.00	0.72	4.0003
200x20	4.47	2.31	1.48	3.81	4.97	7.24	2.84	4.18	2.24	4.21	2.26	1.92	120.00	2.91	8.6308
500x20	2.25	1.40	0.96	2.52	12.58	4.72	1.66	3.34	1.25	2.23	1.15	1.09	300.00	1.44	50.6305
Prosek:	3.42	1.13	0.57	2.37	5.09	4.83	1.61	2.42	1.06	2.28	0.88	0.75		1.69	

Nedvosmislen zaključak koji može da se izvede na osnovu prikazanih rezultata je ogromna razlika u vremenima izvršenja programa metaheuristika u odnosu na novi algoritam. Ovo je i bilo očekivano jer je u novom programu iskorišćena izuzetna efikasnost samog konstruktivnog postupka. Ono što unapred nije moglo da se pretpostavi je značajan kvalitet dobijenih rešenja, jer za mnoge instance GCA daje bolja rešenja od heuristika, a u ostalima se procentualno neznatno razlikuje od najboljih. Ovo dalje navodi na opravdanu pretpostavku, koja u praksi treba i da se pokaže, da predloženi postupak, ili neka njegova modifikacija, može da se koristi kao konstruktivna heuristika za najbolje od poznatih metaheuristika, i na taj način se ostvare još bolji rezultati tih heuristika.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj rada je upoređivanje GCA sa najpoznatijim algoritmima za rešavanje PFSP. Ustanovljena veza između generisanja permutacija i koraka u konstruktivnim heuristikama je omogućila definisanje generalizovane konstruktivne heuristike kojom se formulisanje većine

konstruktivnih heuristika svodi na definisanje vrednosti argumenata te generalizovane heuristike. Mogućnosti ovako generalizovane heuristike su raznovrsne, od mogućnosti za jednostavno konstruisanje novih heuristika, preko izuzetno pogodnih uslova za najraznovrsnije analize uticaja argumenata na kvalitet rešenja, do pojednostavljenja poboljšanja postojećih heuristika.

Dobijeni rezultati poređenja GCA sa najpoznatijim metaheuristikama ukazuju da se uz izuzetno visoku efikasnost GCA dobijaju kvalitetna rešenja, koja su u rangu najboljih rezultata upoređivanih heuristika.

GCA otvara više pravaca budućih istraživanja. Prvo, predloženi skup argumenata može da se proširuje, što bi proširilo primenljivost generalizovanog koncepta. Takođe, istraživanja mogu da idu ka definisanju generalizovanih heuristika poboljšanja kao i metaheuristika. Da bi se ovo ostvarilo, potrebno je da se generalizuje koncept susedstva i da se formalizuje "razmena" kojom dve podsekvence jedne permutacije uzajamno menjaju mesta. Sledeći pravac istraživanja je

korišćenje prednosti generalizacije za sprovođenje eksperimenata kojim bi se omogućilo poboljšanje postojećih algoritama. Najzad, GCA može da se koristi za dobijanje početne populacije za druge kombinatorne algoritme, prvenstveno za one u kojima konstruktivne heuristike imaju značajnu ulogu.

## LITERATURA

- [1] Danilović, M., O. Ilić, “Nova formalizacija i proširenje faze umetanja u NEH heuristici”, YUINFO 2013, pp. 304-309.
- [2] Danilović, M., O. Ilić, “Extending the NEH heuristic by using a generalized constructive algorithm”, Computers & Operations Research, rad na reviziji.
- [3] Nawaz, M., Jr. Ensore and E. Ham, “A heuristic algorithm for the  $m$ -machine,  $n$ -job flow-shop sequencing problem”, OMEGA, The International Journal of Management Science 11, pp. 91–95, 1983.
- [4] Companys, R. and M. Mateo, “Different behaviour of a double branch-and-bound algorithm on  $Fm|prmu|C_{max}$  and  $Fm|block|C_{max}$  problems”, Computers & Operations Research 34, pp. 938–953, 2007.
- [5] Eksioglu, B., S. D. Eksioglu and P. Jain, “A tabu search algorithm for the flowshop scheduling problem with changing neighbourhoods”, Computers and Industrial Engineering 54, pp. 1–11, 2008.
- [6] Etiler, O., B. Toklu, M. Atak and J. Wilson, “A genetic algorithm for flow shop scheduling problem”, Journal of the Operational Research Society 55, pp. 830–835, 2004.
- [7] Ying, K. C. and C. J. Liao, “An ant colony system for permutation flow-shop sequencing”, Computers and Operations Research 31, pp. 791–801, 2004.
- [8] Tasgetiren, M. F., Y. C. Liang, M. Sevkli and G. Gencyilmaz, “A particle swarm optimization algorithm for makespan and total flowtime minimization in the permutation flowshop sequencing problem”, European Journal of Operational Research 177, pp. 1930–1947, 2007.
- [9] Rad, S.F., R. Ruiz and N. Boroojerdian, “New high performing heuristics for minimizing makespan in permutation flowshops”, OMEGA 37, pp. 331–345, 2009.
- [10] Johnson, S. M. “Discussion: Sequencing  $n$  jobs on two machines with arbitrary time lags”, Management Science 5, pp. 299–303, 1959.
- [11] Garey, M. R. D., D. S. Johnson and R. Sethi, “The complexity of flow shop and job shop scheduling”, Mathematics of Operations Research 1, pp. 117–129, 1976.
- [12] Taillard, E. *Scheduling instances, downloadable from website: <http://ina.eivd.ch/collaborateurs/etd/problem.es.dir/ordonnancement.dir/ordonnancement.html>*
- [13] Osman, I., Potts, C., 1989. “Simulated annealing for permutation flow-shop scheduling”. OMEGA, The International Journal of Management Science 17 (6), 551–557.
- [14] Widmer, M., Hertz, A., 1989. “A new heuristic method for the flow shop sequencing problem”. European Journal of Operational Research 41 (2), 186–193.
- [15] Chen, C.-L., Vempati, V.S., Aljaber, N., 1995. “An application of genetic algorithms for flow shop problems”. European Journal of Operational Research 80 (2), 389–396.
- [16] Reeves, C.R., 1995. “A genetic algorithm for flowshop sequencing”. Computers and Operations Research 22 (1), 5–13.
- [17] Murata, T., Ishibuchi, H., Tanaka, H., 1996. “Genetic algorithms for flowshop scheduling problems”. Computers and Industrial Engineering 30 (4), 1061–1071.
- [18] Ruiz, R., Maroto, C., Alcaraz, J., 2006. “Two new robust genetic algorithms for the flowshop scheduling problem”. OMEGA, the International Journal of Management Science 34, 461–476.
- [19] Aldowaisan, T., Allahvedi, A., 2003. “New heuristics for no-wait flowshops to minimize makespan”. Computers and Operations Research 30 (8), 1219–1231.
- [20] Stutzle, T., 1998. “Applying iterated local search to the permutation flow shop problem”. Technical report, AIDA-98-04, FG Intellektik, FB Informatik, TU Darmstadt.
- [21] Chandrasekharan, R., Ziegler, H., 2004. “Ant-colony algorithms for permutation flowshop scheduling to minimize makespan/total flowtime of jobs”. European Journal of Operational Research 155 (2), 426–438.

# DVA PRISTUPA IZBORU UČESNIKA NA PROJEKTU ZA OPTIMIZACIJU VREMENA I TROŠKOVA

## TWO APPROACHES ON SELECTION OF PROJECT PARTICIPANTS TO OPTIMIZE THE TIME AND COST

Zvonimir Božilović<sup>1</sup>, Nenad Nikolić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graditelj-inženjering d.o.o., Visoka 28, Beograd, [z.bozilovic@union-nikolatesla.co.rs](mailto:z.bozilovic@union-nikolatesla.co.rs)

<sup>2</sup>Velesstroj d.o.o., Koste Nađa 34b, Novi Beograd, [nenad.nikolic@velesstroj.rs](mailto:nenad.nikolic@velesstroj.rs)

**Sadržaj** – Rad ukazuje da se na projektu sa više učesnika mogu primeniti dva pristupa za izbor i raspored učesnika na delove projekta: 1) Prvo izabrati učesnike iz skupa potencijalnih učesnika i zatim takvim učesnicima dodeliti zadatke na projektu, i 2) Istovremeno vršiti izbor učesnika i dodelu zadataka. Pri tome, aktivnosti projekta mogu da imaju zadata vremena trajanja ili postoje određene varijante za navedene parametre definisane od strane vlasnika projekta ili sadržane u ponudama izvođača na objavljeni tender za izvođenje projekta. Ako učesnici iskazuju svoje ciljeve, sa stanovišta vremena i (ili) troškova, nastaju problemi usaglašavanja takvih parcijalnih ciljeva sa globalnim ciljevima na projektu. Potrebno je primeniti višekriterijumsku optimizaciju, što se ilustruje na hipotetičkom projektu.

**Abstract** – The paper indicates that on project with multiple participants, two approaches may be applied in selection and arrangements of the participants in project parts: 1) First is to select those from a set of potential participants and then to allocate them project tasks, and 2) The selection of participants and allocation of tasks should be done simultaneously. In addition, the project activities can have a given fixed time periods and costs, or there can be certain variations in the parameters defined as such by the project owner or in contractor's bids, contained in the tender for execution of the project. If the participants express their goals from the point of time and (or) costs, problems of compliance of partial and global project goals may arise. It is necessary to apply multiple criteria optimization, which a hypothetical project will be illustrate.

### 1. UVOD

Mnogi složeni projekti u praksi se izvode uz angažovanje više učesnika koji su specijalizovani za odgovarajuće delove projekta. To je posebno izraženo na nekom građevinskom projektu na kome se mogu angažovati izvođači samo za radove iz domena njihovih delatnosti. Na primer, jedna građevinska kompanija (GK) može da sama obavlja određene radove na projektu koji izvodi i za ostale radove je neophodno da angažuje potrebne izvođače sa strane. Postavlja se problem kako da GK izabere najpovoljnije izvođače i ostvari postavljene ciljeve projekta. Prvenstveno se razmatra trajanje projekta i ukupni troškovi (videti, na primer [1]). Istovremeno, izvođači mogu da iskazuju svoje interese i za GK se postavlja problem usaglašavanja globalnih ciljeva

projekta sa parcijalnim ciljevima izvođača. Time nastaju višekriterijumski problemi i potrebno je koristiti opšte principe višekriterijumske optimizacije (videti, na primer [2]). Sa odabranim rešenjem se formira plan projekta primenom standardnog softvera za upravljanje projektima (UP).

### 2. KARAKTERISTIKE PROJEKTA

Uobičajeno je da se za osnovne elemente projekta smatraju aktivnosti ili zadaci, resursi, troškovi i vreme. Resursi su radna snaga, mehanizacija i drugo što je potrebno koristiti da se izvede određena aktivnost. U suštini, troškovi i vreme su takođe resursi (odnosno zasebni vidovi resursa). U elemente projekta se mogu uključiti kvalitet i druge karakteristike projekta.

#### 2.1. Aktivnosti i struktura projekta

Projekat je jedinstveni poduhvat sa skupom aktivnosti koje je potrebno obaviti da se ostvari postavljeni cilj. Aktivnosti imaju odgovarajuće zavisnosti čime se određuje struktura projekta. Najčešće zavisnosti su tipa „Završetak-Početak“ (*Finish to Start*, posmatrana aktivnost može da započne nakon što se završi njena prethodna aktivnost ili više prethodnih aktivnosti).

#### 2.2. Grafičko prikazivanje projekta

Za grafičko prikazivanje strukture projekta se koriste dva oblika mrežnih dijagrama (MD): dijagram orijentisan aktivnostima (AON, *Activity Oriented Network*) i dijagram orijentisan događajima (EON, *Event Oriented Network*). Drugi oblik (uobičajeno se naziva Metod predhodenja, *Precedence Method*) je prikladniji i koriste svi standardni softverski paketi za UP.

#### 2.3. Trajanje aktivnosti i analiza vremena

Bilo koja aktivnost projekta može da ima determinističko trajanje ili stohastičko trajanje dato sa tri procenjena parametra ( $a$  - optimističko,  $m$  - najverovatnije i  $b$  - pesimističko trajanje,  $a \leq m \leq b$ ) na osnovu kojih se izvodi matematičko očekivano trajanje  $t_e = (a+4m+b):6$  za analizu vremena i varijansa  $\sigma^2 = ((b-a)/6)^2$ . Analizom vremena se određuje minimalno trajanje projekta. Metod CPM (*Critical Path Method* – Metod kritičnog puta) se koristi ako sve aktivnosti imaju deterministička vremena. Metod PERT (*Program Evaluation and Review Technique* – Metod ocene i revizije programa) se

primenuje kada bar jedna aktivnost ima stohastičko trajanje. U prvom slučaju se određuje determinističko trajanje projekta, a u drugom slučaju očekivano trajanje projekta i varijanse aktivnosti se koriste za proračun verovatnoća odigravanja značajnih događaja na projektu.

Rezultat analize vremena i raspored aktivnosti u vremenu se prikazuje Gantogramom (Gant dijagram – DG ili linijski dijagram – LD, *Gantt Chart*).

Određena aktivnost može da ima jedinstveno trajanje ili više varijanti za vremena trajanja, što se odražava na njene troškove.

#### 2.4. Resursi na projektu i nivelisanje resursa

Obavljanje neke aktivnosti zahteva korišćenje određenih resursa sa odgovarajućim cenama koje određuju troškove aktivnosti. Uobičajeno se vrši podela na resurse tipa radne snage i mehanizacija (tzv. nepotrošivi resursi tipa *Work*, definiše se potreban broj jedinica resursa u jedinici vremena trajanja aktivnosti – čas ili dan) i resurse tipa materijala (tzv. potrošivi resursi material *Material*, definiše se potreban broj jedinica resursa za aktivnost i može da se izvedu potrebe u jedinici vremena obavljanja aktivnosti).

Za resurse tipa *Work* se definišu raspoložive količine u vremenskoj jedinici projekta (dan) i potrebno obezbediti da ukupne potrebe za posmatranim resursom na svim aktivnostima ne prelaze raspoloživu količinu tog resursa u svakoj vremenskoj jedinici projekta (vrši se tzv. nivelisanje resursa, odnosno svođenje potreba za resursom u raspoložive granice, primenom *Algoritma Gray-Kidda*). Pri tome se pomeraju aktivnosti iz perioda sa nedovoljno resursa u periode sa dovoljno resursa na osnovu odgovarajućih pravila i obavljaju se samo aktivnosti čije ukupne potrebe ne premašuju raspoložive resurse. Standardni softver za UP omogućava programsko nivelisanje resursa tipa *Work*.

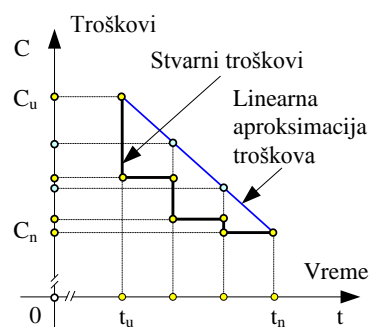
Resurse tipa *Material* karakterišu nabavke, skladištenje, trošenje za obavljanje aktivnosti i zalihe. Uobičajeno se smatra da se ova vrsta resursa može obezbediti u potrebnim količinama za plan projekta sa raspoloživim resursima tipa *Work*. Najčešće korišćeni softver za UP kod nas (MS Project i Primavera) vrše sam proračun potreba za resursima tipa *Material*, a softver *CA-SuperProject* podržava nivelisanje resusa tipa *Work* i tipa *Material*. Međutim, kako softver za UP proračunava potrebe za svim vrstama resursa, mogu da se unesu nabavke resursa tipa *Material* i interaktivno sprovede proces svođenja potreba u raspoložive granice: analitičar neposredno pomera početke aktivnosti iz perioda sa negativnim zalihama u periode sa nenegativnim zalihama i softver vrši analizu vremena i nivelisanje resursa tipa *Work* (videti [3]).

Za grafičko prikazivanje potrebnih resursa i raspoloživih resursa se koriste histogrami resursa (HG).

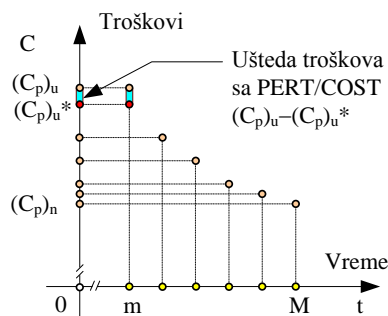
#### 2.5. Analiza troškova i metod CPM/COST

Posmatrana aktivnost, u oštem slučaju, može da se izvodi za normalno trajanje ( $t_n$ ) sa normalnim troškovima ( $C_n$ ). Njeno kraće trajanje zahteva dodatne troškove (slika 1) i usiljeno trajanje ( $t_u$ ) se ostvaruje sa usiljenim troškovima ( $C_u$ ). Neke aktivnosti mogu da imaju jedinstvena vremena  $t_n=t_u$  i troškove  $C_n=C_u$ , odnosno jedinstvene troškove  $C_n=C_u$  za sve varijante vremena ili iste troškove za različita vremena u odgovarajućim podintervalima na intervalu  $[t_u, t_n]$ . Varijante vremena aktivnosti mogu da budu poznate determinističke vrednosti, a kada se vrše procene vremena usvaja se  $t_u=a$  i  $t_n=b$ .

Podaci za aktivnosti se akumuliraju na nivou projekta (slika 2), kada nastaje normalno trajanje projekta ( $M$ ) sa normalnim troškovima ( $C_p)_n$  i usiljeno trajanje projekta ( $m$ ) sa usiljenim troškovima ( $C_p)_u$  ako sve aktivnosti imaju usiljeno trajanje ( $t_u$ ). Primenom metoda PERT/COST (*Crashing Analysis*), za koji neki autori koriste primereniji naziv CPM/COST, se određuju minimalni troškovi za dato trajanje projekta ( $T_0$ ) skraćivanjem onih aktivnosti koje zahtevaju najmanje dodatne troškove projekta,  $T_0 \in [m, M]$ . Optimalni troškovi ( $C_p)_u^*$  za minimalno trajanje projekta ( $m$ ) nastaju kada se skrate samo neophodne aktivnosti za potrebna vremena i važi  $(C_p)_u^* < (C_p)_u$ . Neke aktivnosti mogu da budu skraćene delimično ili u celosti na usiljeno trajanje, a određene aktivnosti mogu da zadrže normalno trajanje.



Slika 1. Stvarni troškovi i linearna aproksimacija troškova aktivnosti



Slika 2. Varijante trajanja projekta i odgovarajući optimalni troškovi

U osnovnoj literaturi se ne razmatra više izvođača na projektu (smatra se da projekat izvodi jedan izvođač) i uobičajeno se koristi linearna aproksimacija troškova aktivnosti za ostala dopustiva vremena  $t_i$ ,  $(t_u)_i < t_i < (t_n)_i$ . Ispravnije je analizirati stvarne troškove.

## 2.6. Hijerarhijska organizacija projekta

Složeni projekti se uobičajeno definišu sa više nivoa hijerarhije (što podržava standardni softver za UP): aktivnosti, podgrupe aktivnosti, grupe aktivnosti sa odgovarajućim podgrupama, itd. U navedenom slučaju, projekat ima najviši nivo (0) ima projekat i slede grupe (nivo 1), podgrupe (nivo 2) i aktivnosti (nivo 3). Proračun podataka za potrebne resurse i troškove se vrši za nivoe 2, 1 i 0 primenom tehnike „od dole prema gore“, polazeći od aktivnosti sa najnižim nivoom. Dalje mogu da se formiraju primereni izveštaji o troškovima (na primer, za delove projekta, po mesecima i sl.)

## 3. PROJEKAT SA VIŠE IZVOĐAČA

Kada na projektu postoji više izvođača, potrebno je razmatrati nove elemente i karakteristike projekta. Smatra se da je za obavljanje pojedinih radova kvalifikovano više izvođača i potrebno da se za jedan rad izabere samo jedan izvođač. Pod određenom vrstom radova je podesno smatrati odgovarajuću grupu aktivnosti ili fazu projekta.

### 3.1. Definisanje trajanja i troškova aktivnosti

Podaci za trajanje aktivnosti i troškove mogu da budu zadati dvojakom: (a) jedinstvena vremena i troškovi, i (b) varijante za navedene parametre definisane od strane vlasnika projekta ili sadržane u ponudama izvođača na objavljeni tender za izvođenje projekta.

### 3.2. Dva nivoa ciljeva i konflikti ciljeva

Trajanje projekta i troškovi projekta se mogu smatrati prvim, najvišim nivoom ciljeva. U opštem slučaju su to konflikti ciljevi – kraće trajanje projekta zahteva veće troškove i obrnuto (manji troškovi zahtevaju duže trajanje projekta).

Drugi, niži nivo ciljeva su zahtevi izvođača – što duže ili što kraće angažovanje na projektu, što veća vrednost njihovih radova kao što veće učešće u troškovima projekta, angažovanje u određenim vremenskim intervalima i sl. Takvi ciljevi mogu da budu konflikti sa stanovišta pojedinih izvođača (veće učešće jednih izvođača u troškovima projekta zahteva manje učešće ostalih izvođača) i konflikti u odnosu na ciljeve projekta (veći troškovi određenih izvođača daju veće troškove projekta).

### 3.3. Prioriteti za ciljeve i prioritete za izvođače

Prirodno je da ciljevi na projektu imaju veće prioritete od ciljeva izvođača. Ako se zanemare ciljevi izvođača i sve aktivnosti imaju jedinstvena vremena, određuje se minimalno trajanje projekta i proračunavaju odgovarajući troškovi. Ako postoje aktivnosti sa više varijanti za njihova vremena trajanja, prioritet može da se postavi za trajanje projekta ili troškove projekta, odnosno da se istovremeno razmatra trajanje i troškovi projekta. Rešenja se određuju metodom CPM/COST (slika 3).

Izvođači mogu da budu ravnopravni, jednakih prioriteta ili se određeni izvođači favorizuju (na primer, izvođači koji su često angažovani na ranijim projektima) postavljajući im više prioritete u odnosu na ostale izvođače. Pri tome, više izvođača mogu da imaju jednake prioritete. U opštem slučaju, ciljevi izvođača mogu da budu ravnopravni sa ciljevima projekta. U posebnim slučajevima se za ciljeve nekih favorizovanih izvođača može definisati da imaju prioritet u odnosu na ciljeve projekta.

Nezavisno od definisanih prioriteta ciljeva na projektu, opravdano je da se izvrši sveobuhvatna analiza zavisnosti svih razmatranih ciljeva: (a) viši prioritete za ciljeve projekta, (b) viši prioritete za izvođače, (c) ravnopravni ciljevi projekta i izvođača, (d) kombinovanje (a) do (c).

### 3.3. Dva pristupa izboru izvođača projekta

Nakon što se odredi polazni skup potencijalnih izvođača na projektu ( $J$ ), dalji izbor izvođača za konkretne delove projekta može da se vrši primenom dva pristupa.

#### 3.3.1. Dve etape izbora izvođača projekta

Prvo se, na osnovu određenih kriterijuma, određuje uži skup potencijalnih izvođača ( $J^*$ ) sa uslovom da među izabranim izvođačima postoji jedan ili više sa kvalifikacijama za svaki deo projekta. Drugim rečima, skup  $J$  se sužava na  $J^*$  ( $J^*$  je podskup za  $J$ ,  $J^* \subset J$ ). U krajnjem slučaju se ovi skupovi poklapaju (izabrani su svi potencijalni učesnici,  $J^* = J$ ). Proizilazi da u opštem slučaju važi  $J^* \subseteq J$ . Primenjuje se višekriterijumska optimizacija (VKO) tipa višeatributivnog odlučivanja (VAO) koja se naziva i višekriterijumska analiza (VKA).

Zatim se iz skupa  $J^*$  biraju izvođači za delove projekta, sa uslovom da bilo koji jedan deo projekta može da obavi samo jedan izvođač. Primenjuje se VKO tipa višeciljnog odlučivanja (VCO) koje se naziva i višekriterijumsko programiranje (VKP). Konkretni matematički modeli pripadaju klasi mešovitog celobrojnog linearnog programiranja (MCLP). Najbitnije su binarne promenljive za odlučivanje (posmatrani izvođač se bira za određeni rad ako odgovarajuća binarna promenljiva ima vrednost 1, u suprotnom se ne bira – binarna je 0).

#### 3.3.2. Neposredni izbor izvođača projekta

Drugi pristup čini samo druga etapa iz prvog pristupa, tako što se neposredno vrši izbor izvođača za delove projekta razmatranjem polaznog skupa ( $J$ ) sa svim potencijalnim izvođačima. Time nastaju odgovarajuća proširenja modela MCLP iz prvog pristupa. Ostaje uslov da je za bilo koji jedan deo projekta odgovaran samo jedan izvođač.

## 4. VARIJANTE PROBLEMA IZBORA IZVOĐAČA

Neka projekat ima  $m$  delova (faza) označenih sa  $A_i$ ,  $i \in I = \{1, \dots, m\}$ . Neka se potencijalni izvođači označe sa  $B_j$  i njihov broj iznosi  $n$ ,  $j \in J = \{1, \dots, n\}$ .



#### 4.1. Jedinstveni parametri za aktivnosti

**Problem 4.1.1.** Zadana su jedinstvena vremena ( $t_i$ ) i troškovi ( $c_i$ ) za faze  $A_i$ ,  $i \in I$ . Za neke ili sve faze  $A_i$  konkuriše više izvođača  $B_j$  i takvim  $A_i$  odgovaraju podskupovi potencijalnih  $B_j$  sa  $j \in J_i \subseteq J$ ,  $i \in I$ . Posmatrajući izvođače  $B_j$ , neki ili svi konkurišu za više faza  $A_i$  i takvim  $B_j$  odgovaraju podskupovi  $A_i$  sa  $i \in I_j \subseteq I$ ,  $j \in J$ .

Analiza vremena određuje minimalno trajanje projekta  $T_p^*$ . Mogu da se proračunaju odgovarajući troškovi  $C_p(T_p^*)$  za projekat i  $C_j(T_p^*)$  za izvođače,  $j \in J$ . Važi  $\sum C_j(T_p^*) = C_p(T_p^*)$ . Pošto su zadata vremena  $t_i$  za  $A_i$ , na svakoj  $A_i$  može da se rasporedi bilo koji  $B_j$  koji je kvalifikovan za potrebne radove na  $A_i$ ,  $j \in J_i$ ,  $i \in I$ . Proizilazi da postoji višestruko optimalno rešenje sa stanovišta trajanja i troškova projekta. Međutim, sa stanovišta izvođača  $B_j$  može da se primeni model VKP i vrši maksimizacija vrednosti njihovih radova (troškova):

$$\max C_j, j \in J \quad (1)$$

Prioritetnim izvođačima  $B_j$  se dodeljuje više faza  $A_i$  ili faze sa većim troškovima, tako da se njima ostvaruju veći troškovi  $C_j > C_j(T_p^*)$ . Time će neki ili svi  $B_j$  sa nižim prioritetima imati manje troškove  $C_j < C_j(T_p^*)$ . U opštem slučaju problem ima više *Pareto-optimalnih rešenja*, što zavisi od broja nivoa za kriterijume i brojeva izvođača koji konkurišu za pojedine faze.

#### 4.2. Više varijanti parametara za aktivnosti

Mogu da se definiše izbor izvođača  $B_j$ ,  $j \in J_i$ , za tri problema sa više varijanti za podatke o fazama  $A_i$ ,  $i \in I$ .

**Problem 4.2.1.** Neka određene ili sve faze  $A_i$  imaju više varijanti  $D_v$  za vremena trajanja ( $t_{iv}$ ) i troškove ( $c_{iv}$ ) sa  $v \in V_i = \{1, \dots, n_i\}$ , gde je  $n_i$  broj varijanti parametara za  $A_i$ ,  $i \in I$ . Podesno je da se parametri za  $A_i$  iskazuju opadajućim nizovima od normalnih do usiljenih vrednosti:  $t_{i1} = (t_n)_i > t_{i2} > \dots > t_{i,n(i)} = (t_u)_i$  i  $c_{i1} = (c_n)_i > c_{i2} > \dots > c_{i,n(i)} = (c_u)_i$ ,  $i \in I$ . Sada se umesto  $n_i$  koristi  $n(i)$  da se olakša vizuelno praćenje indeksa za usiljene parametre  $t_{i,n(i)}$  i  $c_{i,n(i)}$ ,  $i \in I$ .

Za svaku fazu  $A_i$ ,  $i \in I$ , je poznat izvođač  $B_j$ ,  $j \in J$ . Time svaka  $A_i$  ima jednočlani skup  $J_i \subseteq J$  za odgovarajući  $B_j$  sa  $j \in J_i$ ,  $i \in I$ . Istovremeno, za neke ili sve  $B_j$ ,  $j \in J$ , izvršena je dodela više  $A_i$  sa  $i \in I_j \subseteq I$ . Potrebno je izvršiti izbor sa kojom varijantom  $t_{iv}$  za trajanje i  $c_{iv}$  za troškove kod  $A_i$  je potrebno da se angažuje poznati  $B_j$ ,  $v \in V_i$ ,  $i \in I$ ,  $j \in J$ . Optimizaciju ciljeva sa stanovišta projekta i izvođača iskazuje naredni model VKP.

$$\min T_p \quad (2.1)$$

$$\min C_p \quad (2.2)$$

$$\max C_j, j \in J \quad (2.3)$$

Problem ima više *Pareto-optimalnih rešenja*. Napred je ukazano se sa kriterijima (2.1) i (2.2) za projekat određuju rešenja primenom metoda CPM/COST (slika 2) i mogu da se proračunaju troškovi izvođača. Istovremeno razmatranje i kiterijuma (2.3) za jednog ili više izvođača

znatno usložava problem. Na primer, u [4] smo prikazali linearnu aprokcimacija troškova faza sa favorizovanjem jednog izvođača i u [5] stvarne troškove faza sa favorizovanjem dva međusobno ravnopravna izvođača.

**Problem 4.2.2.** Neke ili sve faze  $A_i$ ,  $i \in I$ , imaju više varijanti parametara za vremena trajanja i troškove kao u problemu 4.2.1, ali za neke ili svaku fazu  $A_i$  konkuriše više izvođača  $B_j$  sa  $j \in J_i$ ,  $i \in I$ . Time se određuje i koji izvođači  $B_j$  konkurišu za više  $A_i$  sa  $i \in I_j$ ,  $j \in J$ . Potrebno je izvršiti izbor varijante  $D_{iv}$  za trajanje  $t_{iv}$  i troškove  $c_{iv}$  kod  $A_i$  i izbor  $B_j$  koji će obaviti  $A_i$ ,  $v \in V_i$ ,  $i \in I$ ,  $j \in J_i$ .

**Problem 4.2.3.** Izvođači  $B_j$ ,  $j \in J_i$ , nemaju istovetne parametre za istu fazu  $A_i$  koju mogu izvoditi (isti broj varijanti  $D_{iv}$  ili iste vrednosti parametara za odgovarajuću varijantu),  $i \in I_j$ ,  $j \in J$ . Neka broj varijanti  $D_{iv}$  za parametre kod  $A_i$  kada je obavlja  $B_j$  iznosi  $n_{ij}$ . Podesno je koristiti oznake  $t_{ijv}$  za vremena i  $c_{ijv}$  za troškove kod  $A_i$  kada je obavlja  $B_j$  sa varijantom  $D_{iv}$ ,  $v \in V_{ij} = \{1, \dots, n_{ij}\}$ ,  $i \in I$ ,  $j \in J$  (strožije:  $i \in I_j$  za  $j \in J$  i  $j \in J_i$  za  $i \in I$ ). Parametri za  $A_i$  su  $t_{ijl} = (t_n)_{ij} > t_{ij2} > \dots > t_{i,n(i,j)} = (t_u)_{ij}$  i  $c_{ijl} = (c_n)_{ij} > c_{ij2} > \dots > c_{i,n(i,j)} = (c_u)_{ij}$ , gde  $n(i,j) = n_{ij}$ ,  $i \in I$ ,  $j \in J$ . Ovom problemu je specifično da se za  $A_i$  određuje normalno trajanje  $(t_n)_i = t_{ij1} = (t_n)_{ij}$  sa varijantom  $v=1$  kod onog  $B_j$  koje ima minimalne normalne troškove  $c_{ij1} = (c_n)_{ij}$ ,  $j \in J_i$ ,  $i \in I$ . Usiljeno trajanje za  $A_i$  iznosi  $(t_u)_i = t_{i,n(i,j)} = (t_u)_{ij}$  za varijantu  $v=n(i,j)$  kada odgovarajući  $B_j$  obavlja  $A_i$  za najkraće (minimalno) vreme. Time su određeni i pripadajući usiljeni troškovi  $(c_u)_i = c_{i,n(i,j)} = (c_u)_{ij}$ ,  $j \in J_i$ ,  $i \in I$ .

**Napomena:** Uopšteni modeli VKP za problem 4.2.2. i 4.2.3. mogu da se definišu po analogiji sa modelom (2.1), (2.2), (2.3) problema 2.2.2. Razlike nastaju pri definisanju konkretnih matematičkih modela i njihovom rešavanju.

### 5. VIŠEKRITERIJUMSKO PROGRAMIRANJE

Rešenje modela VKP u matematičkom smislu jeste skup svih Pareto-optimalnih rešenja, ukoliko model nema savršeno rešenje koje određuje ekstremne vrednosti za sve kriterijume. Ako postoji savršeno rešenje, onda je prisutna saglasnost svih kriterijuma, odnosno ne postoji konfliktnost kriterijuma i nije potrebno dalje rešavanje modela. Rešenje za primenu je savršeno rešenje.

Realni problemi najčešće nemaju savršeno rešenje i potrebno je odrediti Pareto-optimalna rešenja (nazivaju se i efikasna rešenja). Međutim, nije uvek moguće odrediti sva takva rešenja (pošto može da ih bude izuzetno mnogo) ili nije potrebno odrediti sva efikasna rešenja već samo ona koje za određene kriterijume obezbeđuju vrednosti u okviru željenih granica.

#### 5.1. Pareto-optimalna (efikasna) rešenja

Razmatrano rešenje  $x^z$  je efikasno ako ima dve karakteristike u odnosu na bilo koje drugo rešenje  $x^w$ : (a)  $x^z$  ostvaruje bolju vrednost za najmanje jedan kriterijum, i (b)  $x^z$  ostvaruje lošiju vrednost za najmanje jedan kriterijum. Ako  $x^w$  ima navedene karakteristike u odnosu na  $x^z$  i sva ostala rešenja, onda je i  $x^w$  efikasno. Ako  $x^z$

ima samo karakteristiku (a) i ne ostvaruje lošiju vrednost ni za jedan kriterijum u odnosu na  $x^w$ , onda  $x^w$  nije efikasno ( $x^z$  dominira nad  $x^w$ , odnosno  $x^w$  je dominirano od  $x^z$ ). Obrnuto, ako  $x^z$  ima samo karakteristiku (b) i ne ostvaruje bolju vrednost ni za jedan kriterijum u odnosu na  $x^w$ ,  $x^z$  nije efikasno ( $x^z$  je dominirano od  $x^w$ ,  $x^w$  dominira nad  $x^z$ ). Rešenja koja nisu efikasna se izostavljaju.

### 5.2. Rešavanje modela VKP i izbor konačnog rešenja

Prvo se vrši polazna analiza modela i ako je potrebno odrede se nova efikasna. Na kraju se bira konačno rešenje za primenu.

#### 5.2.1. Polazna analiza modela VKP

Vrši se optimizacija za svaki kriterijum posebno i nezavisno od ostalih kriterijuma. Podesno je prikazati slučaj kada se svim kriterijumima vrši maksimizacija, kao što su troškovi izvođača:  $C_1, C_2, \dots, C_m$ . Prvo se za model sa  $C_1$  odredi optimalno rešenje  $x^{(1)*}$  i maksimalna vrednost  $C_1^*$ . Rešenje  $x^{(1)*}$  se naziva marginalno rešenje za  $C_1$  ili prvo ekstremeno efikasno rešenje. Vrednost  $C_1^*$  se naziva idealna vrednost za  $C_1$ . Zatim se sa  $x^{(1)*}$  vrši proračun vrednosti za ostale kriterijume:  $C_{1k} = C_k(x^{(1)*})$ ,  $k=2,3,\dots,m$ . Ove vrednosti se nazivaju posledice marginalnog rešenja  $x^{(1)*}$ , odnosno posledice idealne vrednosti  $C_1^*$ . Proces se nastavlja sa  $C_2$  i završava sa  $C_m$  (tabela 1).

Tabela 1. Marginalna rešenja sa posledicama

max	$x^{(j)*}$	$C_1$	$C_2$	...	$C_m$
$C_1$	$x^{(1)*}$	$C_{11}=C_1^*$	$C_{12}=C_2(x^{(1)*})$	...	$C_{1m}=C_m(x^{(1)*})$
$C_2$	$x^{(2)*}$	$C_{21}=C_1(x^{(2)*})$	$C_{22}=C_2^*$	...	$C_{2m}=C_m(x^{(2)*})$
...	...	...	...	...	...
$C_m$	$x^{(m)*}$	$C_{m1}=C_1(x^{(m)*})$	$C_{m2}=C_2(x^{(m)*})$	...	$C_{mm}=C_m^*$
$C_j^*$ (max)		$C_1^*$	$C_2^*$	...	$C_m^*$
$C_j^-$ (min)		$C_1^-$	$C_2^-$	...	$C_m^-$

Ograničenja modela definišu prostor  $X$  sa dopustivim vrednostima za promenljive. Sva efikasna rešenja čine skup  $X_{eff}$ . Savršeno rešenje  $x^*$  određuje idealnu tačku  $C^*=[C_1^*, \dots, C_m^*]$ . Najbolje (idealne, najveće) vrednosti  $C_j^*$  i najlošije (najmanje) vrednosti  $C_j^-$  definišu kriterijumski prostor  $C_{eff}$ . Ako ne postoji  $x^*$  (ono nije dopustivo rešenje,  $x^* \in X$ ), onda  $C^*$  nije dopustiva tačka (nije u  $C_{eff}$ ,  $C^* \notin C_{eff}$ ).

#### 5.2.2. Određivanje novih Pareto-optimalnih rešenja

Postoji više metoda za dalje rešavanje modela VKP. Smatra se da je najefikasnije koristiti interaktivne metode u kojima donosilac odluka ili analitičar ugrađuje određene preference, odnosno zahteve. Pri tome je potrebno imati na umu da nova rešenja mogu imati vrednosti za kriterijume u prostoru  $C_{eff}$ .

Najjednostavniji je Metod  $\varepsilon$ -ograničenja. Izdvaja se jedan najznačajniji kriterijum za optimizaciju, neka je to  $C_s$ , a ostali (svi ili samo bitniji) se prenose u ograničenja uz postavljanje donjih granica  $C_{k0}$  za željene vrednosti:

$$\max C_s \tag{3.1}$$

$$C_k \geq C_{k0}, k \in \{1, \dots, m\}, k \neq s \tag{3.2}$$

Za granice  $C_{k0}$  važe uslovi  $C_k^- \leq C_{k0} \leq C_k^*$ ,  $k \in \{1, \dots, m\}$ ,  $k \neq s$ . Međutim, to ne mogu da budu bilo koje vrednosti  $C_{k0} \in [C_k^-, C_k^*]$ . Postoji njihova zavisnost i granice za jedne kriterijume uslovljavaju moguće vrednosti za neke od preostalih kriterijuma. Osnovno je pravilo da kada ne postoji rešenje, nužno je „oslabiti“ ograničenja, odnosno postaviti manje vrednosti  $C_{k0}$  polazeći od najmanje značajnih kriterijuma. Ako je potrebno, ponoviti korigovanje granica dok se ne odredi novo dopustivo rešenje, u ovom slučaju  $x^{(m+1)*}$ . To je efikasno rešenje,  $x^{(m+1)*} \in X_{eff}$  i podesno je da unese u tabelu sa marginalnim rešenjima koja postaje „tabela Pareto-optimalnih rešenja sa posledicama“. Kriterijum  $C_s$  ostvaruje uslovljenu optimalnu vrednost  $C_s^{(m+1)*}$ , uslovljenu sa granicama  $C_{k0}$  za odgovarajuće kriterijume. Ostalim kriterijumima je potrebno proračunati ostvarene vrednosti sa  $x^{(m+1)*}$ :  $C_{m+1,k} = C_k(x^{(m+1)*})$ ,  $k \in \{1, \dots, m\}$ ,  $k \neq s$ . Neki  $C_k$  dobijaju  $C_{m+1,k} > C_{k0}$ . Kriterijum  $C_s$  ima  $C_{m+1,s} = C_s(x^{(m+1)*})$ .

Proces se može nastaviti razmatranjem istog kriterijuma  $C_s$  ili nekog drugog kriterijuma, dok se ne odredi dovoljno rešenja za izbor konačnog rešenja. Posmatrajući posledice  $C_{m+1,k}$  može da se ponovo vrši optimizacija  $C_s$  sa većim granicama  $C_{k0} > C_{m+1,k}$  za favorizovane  $C_k$  i manjim granicama  $C_{k0} < C_{m+1,k}$  za manje značajne  $C_k$ , dok se nekim  $C_k$  mogu postaviti granice  $C_{k0} = C_{m+1,k}$ .

## 6. ILUSTRATIVNI PRIMER

Neka se za ilustraciju problema 4.2.3. razmatra projekat sa  $n=9$  faza  $A_i$ ,  $i \in \{1, \dots, 9\}$  koje imaju zavisnosti tipa *Finish to Start*. Skupovi  $S_i$  sadrže indekse faza od kojih zavisi posmatrana  $A_i$ . Postoji  $m=4$  potencijalnih izvođača  $B_j$ ,  $j \in \{1, \dots, 4\}$ . Polazni podaci za faze su određeni na osnovu podataka za njihove aktivnosti (tabela 2, slika 3). U tabeli se prate koji  $B_j$  može da obavi  $A_i$  i koje su varijante za vremena i troškove. Na primer, fazu  $i=4$  može da obavi jedan od izvođača  $j=1,2$ . Pri tome,  $j=1$  ima  $n_{41}=2$  varijante za parametre ove faze, dok broj varijanti za  $j=2$  iznosi  $n_{42}=3$ . Trajanja aktivnosti se iskazuju vremenskim jedinicama (v.j.) i troškovi sa novčanim jedinicama (n.j.).

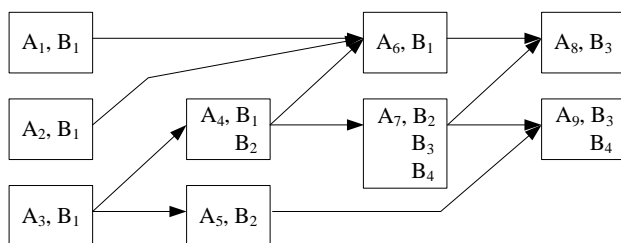
Sa početnom analizom se utvrđuje da kriterijumi imaju različita marginalna rešenja (tabela 3). Mogu da se prate ostvarene vrednosti za kriterijume, raspored izvođača na faze, vremena trajanja faza i brojevi faza za izvođače. Uočava se da  $B_4$  dobija dve faze kada se vrši optimizacija njegovih troškova, a u ostalim slučajevima se ne angažuje. Utvrđuje se da ne postoji savršeno rešenje  $x^*$ .

Iznalaženje novog efikasnog rešenja može da se ilustruje minimizacijom  $C_p$  sa zahtevima da favorizovani  $B_1$  i  $B_2$  ostavari najmanje  $C_{10}=70\% C_1^*$  i najmanje  $C_{20}=60\% C_2^*$ . Određuje rešenje 7), odnosno  $x^{(7)*}$  sa  $T_p=17=141,67\% T_p^*$ ,  $C_p=132=03,94\% C_p^*$ ,  $C_1=63=70\% C_1^*$ ,  $C_2=40=76,92\% C_2^*$ ,  $C_3=29=50\% C_3^*$  i  $C_4=0$  (slika 4). Dodatni zahtev da trajanje projekta ne bude duže od  $T_0=16=133,33\% T_p^*$  uvećava troškove projekta u rešenju 8)

na  $C_p^*=133=104,72\%C_p^*$  i troškove za  $B_2$  na  $C_2=41=78,85\%C_2^*$ . Za  $B_1, B_3$  i  $B_4$  se zadržavaju troškovi.

Tabela 2. Podaci za faze  $A_i$  i potencijalne izvodače  $B_j$

$i$	$S_i$	$j$	$n_{ij}$	$V_{ij}$	$t_{ij1}$	$t_{ij2}$	$t_{ij3}$	$c_{ij1}$	$c_{ij2}$	$c_{ij3}$
1	$\emptyset$	1	1	{1}	4	-	-	14	-	-
2	$\emptyset$	1	2	{1,2}	3	2	-	13	14	-
3	$\emptyset$	1	3	{1,2,3}	5	4	3	15	22	24
4	{3}	1	2	{1,2}	2	1	-	12	14	-
		2	3	{1,2,3}	3	2	1	13	14	15
5	3	2	3	{1,2,3}	4	3	2	14	22	24
6	{1,2,4}	1	2	{1,2}	6	5	-	16	20	-
7	{4}	2	1	{1}	3	-	-	13	-	-
		3	2	{1,2}	4	3	-	14	15	-
		4	3	{1,2,3}	5	4	3	15	20	25
8	{6,7}	3	2	{1,2}	4	3	-	14	22	-
9	{5,7}	3	2	{1,2}	5	4	-	15	21	-
		4	2	{1,2}	4	3	-	14	20	-



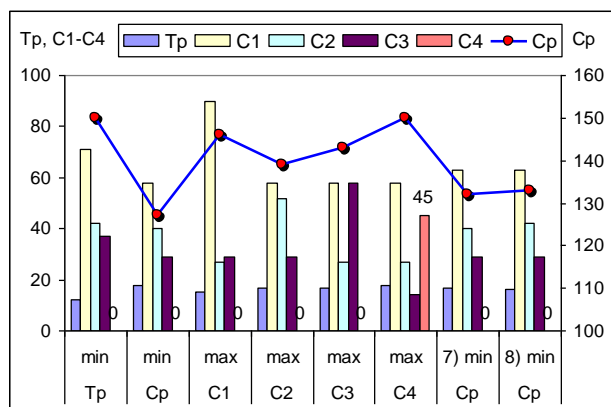
Slika 3. MD projekta sa  $A_i$  i potencijalnim  $B_j$

Tabela 3. Marg. rešenja sa posledicama problema 4.2.3.

Optimizacija kriterijuma	min $T_p$	min $C_p$	max $C_1$	max $C_2$	max $C_3$	max $C_4$	
Marg. rešenja	$x^{(Tp)*}$	$x^{(Cp)*}$	$x^{(C1)*}$	$x^{(C2)*}$	$x^{(C3)*}$	$x^{(C4)*}$	
Kriterijumi i ostvarene vrednosti	$T_p$	<b>12</b>	<u>18</u>	15	17	17	<u>18</u>
	$C_p$	<u>150</u>	<b>127</b>	146	139	143	<u>150</u>
	$C_1$	71	<u>58</u>	<b>90</b>	<u>58</u>	<u>58</u>	<u>58</u>
	$C_2$	42	40	<u>27</u>	<b>52</b>	<u>27</u>	<u>27</u>
	$C_3$	37	29	29	29	<b>58</b>	<u>14</u>
$C_4$	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<b>45</b>	
Faze, izvodači za faze i vremena za faze	$A_1$	$B_1, 4$	$B_1, 4$	$B_1, 4$	$B_1, 4$	$B_1, 4$	$B_1, 4$
	$A_2$	$B_1, 3$	$B_1, 3$	$B_1, 2$	$B_1, 3$	$B_1, 3$	$B_1, 3$
	$A_3$	$B_1, 3$	$B_1, 5$	$B_1, 3$	$B_1, 5$	$B_1, 5$	$B_1, 5$
	$A_4$	$B_2, 1$	$B_2, 3$	$B_1, 3$	$B_2, 1$	$B_2, 3$	$B_2, 3$
	$A_5$	$B_2, 4$	$B_2, 4$	$B_2, 4$	$B_2, 2$	$B_2, 4$	$B_2, 4$
	$A_6$	$B_1, 5$	$B_1, 6$	$B_1, 5$	$B_1, 6$	$B_1, 6$	$B_1, 6$
	$A_7$	$B_2, 3$	$B_2, 3$	$B_2, 3$	$B_3, 3$	$B_3, 3$	$B_4, 3$
	$A_8$	$B_3, 3$	$B_3, 4$	$B_3, 4$	$B_3, 4$	$B_3, 4$	$B_3, 4$
	$A_9$	$B_3, 5$	$B_3, 5$	$B_3, 5$	$B_3, 5$	$B_3, 4$	$B_4, 5$
Izvođači i brojevi dodeljenih faza	$B_1$	4	4	5	4	4	4
	$B_2$	3	3	2	2	2	2
	$B_3$	2	2	2	2	3	1
	$B_4$	0	0	0	0	0	2

Neka se smatra da je prihvatljivo poslednje rešenje 8) i proces rešavanja problema se završava. Međutim, detaljnija analiza za izbor konačnog rešenja može da se vrši primenom VKA i razmatranjem svih dobijenih efikasnih rešenja. Pri tome je podesno definisati

koeficijente značajnosti kriterijuma i za rezultat se određuje višekriterijumska rang lista efikasnih rešenja. Kao konačno se bira rešenje sa vrha takve liste ili neko od narednih rešenja ako je to opravdano.



Slika 4. Vrednosti kriterijuma za marginalna rešenja i nova efikasna rešenja 7) i 8)

### 7. ZAKLJUČAK

Izložena su dva pristupa izboru izvodača na projektu i definisani odgovarajući problemi. Za složeniji od tih problema je prikazno rešavanje na hipotetičkom projektu.

### LITERATURA

[1] C. Hendrickson, *Project Management for Construction*, Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2008., <http://pmbok.ce.cmu.edu/> (Chapter 11. Advanced Scheduling Techiques, Part 11.4. Crashing and Time/Cost Tradeoffs).

[2] Ehrgott, M., *Multicriteria optimization – Lecture notes in economics and mathematical systems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000.

[3] Nikolić I., "Modeli nivelisanja resursa i planiranja nabavki sirovina na projektu", *IIPP, Naučno-stručni časopis Istraživanja i projektovanja za privredu*, broj 18 – 2007, godina V, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd, str. 25-28, [http://issuu.com/iipp/docs/casopis\\_iipp\\_18](http://issuu.com/iipp/docs/casopis_iipp_18)

[4] Nikolić I., Božilović Z., Nikolić N., "Minimizacija trajanja projekta i maksimizacija vrednosti radova favorizovanih izvodača na projektu sa ograničenim troškovima", *Zbornik radova, SYM-OP-IS 2013, XL Simpozijum iz operacionih istraživanja*, Zlatibor, 09–12. septembar 2013. godine, str. 215-220, [http://www.symopis2013.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/Zbornik\\_radova\\_SYMOPIS2013.pdf](http://www.symopis2013.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/Zbornik_radova_SYMOPIS2013.pdf)

[5] Nikolić I., Božilović Z., Nikolić N., "Neke specifičnosti planiranja trajanja i troškova projekta sa više izvodača", *SPIN 2012, VIII Skup privrednika i naučnika*, Fakultet organizacionih nauka u Beogradu i Privredna komora Srbije, 05-06. novembar 2013, str. 161-167, <http://www.spin.fon.bg.ac.rs/doc/Zbornik%20radova%20SPIN%202013.pdf>

# OCENA KVALITETA ANALITIČKOG SPREDŠIT MODELA EVALUATING THE QUALITY OF THE ANALYTICAL SPREADSHEET MODEL

Lena Đorđević<sup>1</sup>, Slobodan Antić<sup>1</sup>  
Fakultet organizacionih nauka<sup>1</sup>

**Sadržaj** – U radu se opisuje koncept analitičkog spredšit modela i karakteristike kvaliteta potrebnih za njegovu ocenu. U cilju analize kvaliteta konkretnog analitičkog spredšit modela predstavlja se model problema minimizacije troškova transporta prevedenog u problem upravljanja diskretnim objektom razvijen u spredšitu. Na opisanom primeru dokazano je da je koncept diskretnog objekta upravljanja izuzetno pogodan za razvijanje u analitičkim spredšit modelima, usled svoje strukture gde je svaka od celina: zakon ponašanja, oblast upravljanja i ciljni funkcional, zasebno postavljena.

**Abstract** - The paper presents analytical spreadsheet model concept and quality characteristics necessary for its evaluation. In order to analyze quality of specific analytical spreadsheet model we describe transport costs minimization problem translated to discreet control object model, developed in spreadsheet. Described example proves that discreet control object concept is very appropriate for developing in analytical spreadsheet models, due to its structure where parts: law of behavior, control space and performance criterion, are placed separately.

## 1. UVOD

Oblast primene spredšitova je veoma raznovrsna, od izrade poslovnih modela i aplikacija preko postavljanja obrazaca do dekorativnog formatiranja. O širini upotrebe spredšitova svedoče brojni radovi, kao što je prikazano u [1], [2], [3]. Iz tog razloga se javljaju poteškoće prilikom postavljanja opštih smernica za rad sa spredšitovima. Specifičnost i upotrebljivost smernica se povećava proporcionalno opadanju opsega spredšitova koji se razmatraju. Bilo koja preporuka za rad sa spredšitovima je korisna samo za ograničeni skup ili domen spredšitova. Usled navedenih razloga, definisanje domena je neophodno pri kreiranju smernica.

### 1.1 Domen analitičkih spredšit modela

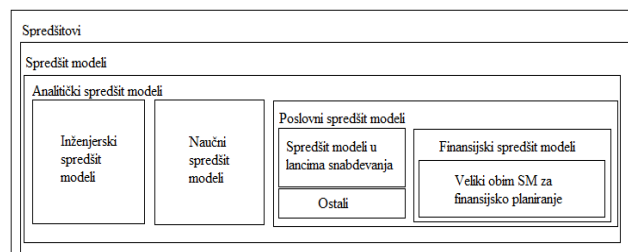
Domen analitičkih spredšit modela (ASM) se može definisati na osnovu iskustva u radu sa spredšit modelima zasnovanim na disciplinama nauke o menažmentu, kao i modelima u finansijama, marketingu, lancima snabdevanja i drugim poslovnim disciplinama. Kako se navodi u [4] analitički spredšit model je računarski spredšit program koji implementira matematički model u cilju analize, koja se koristi kao organizaciono sredstvo u širem poslovnom kontekstu. Analitički spredšit model poseduje sledeća svojstva:

1. Kao spredšit računarski program, analitički spredšit model je kreiran u nekom od spredšit jezika, kao što je Excel.
2. Analitički spredšit model implementira konceptualni matematički model,

kojim se formuliše domen ekspertize, kako se navodi u [5], [6].

3. Analitički spredšit model, prema [7], [5], [8], treba da omogući analizu promenom ulaznih vrednosti i posmatranjem izlaznih.
4. Kao organizaciono sredstvo, analitički spredšit model je namenjen upotrebi od strane kreatora, ali i njegovih kolega i naslednika.
5. Analize se izvršavaju u širokom poslovnom kontekstu, sa svrhom ostvarenja organizacionih ciljeva. U skladu sa tim izlazi spredšita su projektovani da zadovolje potrebe zaposlenih.

Značajno je naglasiti razliku između analitičkih spredšit modela i spredšit modela zasnovanih na podacima, koji podrazumevaju velike skupove numeričkih vrednosti. Spredšitovi koji podrazumevaju samo alate za pretragu, pregled donošenja odluka kao što su sortiranje, filtriranje i pivot tabele ne pripadaju grupi analitičkih spredšit modela. ASM primarno su zasnovani na poslovnoj logici ugrađenoj u model, a ne samo na podacima, sa velikim skupovima vrednosti i malim brojem jednostavnih formula. ASM se koriste u različitim oblastima poslovanja: upravljanje lancima snabdevanja, istraživanje tržišta, raspoređivanje, finansije, ali i u inženjerstvu i nauci. Oni se obimno razmatraju u obrazovanju studenata nauke o menažmentu, kantitativne analize i u poslovnim školama. Primeri ovih modela mogu se naći u brojnim radovima kao što su [2], [5], [9], [10], [11], [12], [13]. Domen analitičkih spredšit modela prikazan je Slikom 1.



Slika 1. Domen analitičkih spredšit modela

### 1.2 Kvalitet analitičkih spredšit modela

Dimenzije kvaliteta analitičkog spredšit modela veoma zavise od domena istog. Prema [4] na najopštijem nivou ASM visokog kvaliteta treba da poseduje sledeće karakteristike:

1. Pogodnost za efikasne analize
2. Čitljivost (od strane korisnika)
3. Transferabilnost
4. Tačnost
5. Mogućnost ponovnog korišćenja (sa drugim ulaznim podacima)
6. Mogućnost modifikovanja (u skladu sa novim okolnostima)

Navedene dimenzije kvaliteta direktno su uslovljene definicijom ASM. Prilikom ocene kvaliteta ASM, bez obzira na domen istog potrebno je uzeti u obzir preporuke dovoljno specifične sa jedne strane, ali dovoljne širine za obuhvatanje preporuka postojećih metodologija kreiranih na osnovu iskustva iz prakse, nauke o menadžmentu, modeliranja, razvoja softvera i spredšit inženjerstva. U skladu sa tim svaki spredšit model treba da sadrži sledeće elemente:

1. Modularni dizajn
2. Strukturni dizajn
3. Informacioni tokovi
4. Opseg polja za ulazne i izlazne podatke
5. Deo modela za preračun
6. Deo modela za izveštaje

Modul predstavlja skup sličnih elemenata. Primer modula predstavlja nekoliko ćelija radnog lista, veći deo radnog lista, ceo radni list, skup radnih listova ili cela radna knjiga. Modul najvišeg nivoa je modul koji nije podmodul nekog drugog. Moduli nižeg nivoa ne sadrže podmodule. Svaki modul ima svoju jasno definisanu namenu. Modularni dizajn spredšita podrazumeva tri modula najvišeg nivoa: ulazni, za preračune i izlazni. Ulazni modul namenjen je skladištenju svih ulaznih podataka u redovima spredšita i njihovo prilagođavanje modulu za preračun. Modul za preračun koristi se za implementaciju matematičkog modela. Modul za izveštaje (izlazni modul) predstavlja rezultate u formi koja je odgovarajuća za korisnika. Strukturni dizajn može se definisati kao smisljena organizacija ASM, sastavljenog od skupova povezanih blokova tzv. modula. Strukturni dizajn je standardna tehnika preuzeta iz softverskog inženjerstva. Njegova primena zanjajno utiče na čitljivost, tačnost, mogućnost ponovnog korišćenja i modifikovanja. Ovakva organizacija modela u skladu je sa logikom ulaznih i izlaznih modula i uređenih informacionih tokova. U cilju efikasne analize korišćenjem ASM, ulazne i izlazne vrednosti modela moraju biti jasno razdvojene i lako uočljive, bez "ometanja" izazvanih preračunom. Analitičar treba da može da koristi model na isti način kao sisteme za podršku odlučivanja ili softvere za web analitiku. Spredšit mora biti organizovan tako da:

- analize ne uključuju logiku modela;
- ulazne vrednosti budu grupisane odvojeno od preračuna;
- izlazne vrednosti budu grupisane odvojeno od preračuna;

Ulazno-izlazna struktura ASM omogućava transferabilnost i olakšava analize. Informacioni tokovi modela treba da budu direktni, bez ukrštanja. Na najvišem nivou informacioni tokovi počinju od ulaznih podataka, nastavljaju se kroz deo za preračun i završavaju sa izlaznim vrednostima. Uređeni informacioni tokovi omogućavaju modifikaciju modela promenom dela za preračune, pri čemu su ulazni i izlazni deo izolovani. Ulazni modul predstavlja deo modela namenjen skladištenju ulaznih podataka. Projektovanje i dizajn ulaznog modula zahteva poznavanje domena problema koji se predstavlja modelom. Ovaj modul se najčešće sastoji iz više podmodula kao što su:

- promenljive okolnosti (ulazne promenljive na koje organizacija nema uticaja);
- pretpostavke;
- upravljačke promenljive (promenljive koje predstavljaju upravljačku odluku organizacije);
- ulazna obrada (prevođenje prethodnih ulaznih podataka u potrebnu formu za dalje preračune);

Modul za preračune namenjen je implementaciji matematičkog modela od strane spredšit inženjera. On preuzima informacije iz ulaznog modula, izvodi preračune i generiše informacije potrebne za izlazni deo ili modul izveštaja. Jedna od preporuka za kreiranje ovog dela modela je korišćenje više podmodula za različite blokove preračuna, koji se pozivaju na radne listove. Organizacija ulaznih podataka, takođe, značano utiče na modul preračuna. Modul izveštaja sadrži sve izlaze modela. Modul i podmoduli treba da budu formatirani u skladu sa potrebama, preferencama i okruženjem korisnika.

## 2. SPREDŠIT MODEL OBJEKTA DISKRETNOG UPRAVLJANJA

Koncept modeliranja različitih problema iz oblasti proizvodnje, logistike i lanaca snabdevanja, finansija, upravljanja ljudskim resursima i drugih, kao problema upravljanja diskretnim sistemima, odnosno upravljanja diskretnim objektom izuzetno je pogodan za razvijanje u spredšitovima. Osnovna kategorija u ovom pristupu modeliranju jeste diskretno vreme  $t$ , koje može da uzima vrednosti samo u diskretnim tačkama  $t=0,1,2,\dots,T$ , koje će predstavljati unapred definisan vremenski interval (čas, dan, tromesečje itd).  $T$  je fiksirani prirodni broj. Posledica ovakvog prilaza je da se ne sagledavaju promene vrednosti u njihovom kontinuitetu iz trenutka u trenutak vremena, već se posmatra kao da do promena dolazi samo u definisanim diskretnim tačkama  $t$  (krajevima unapred definisanih vremenskih intervala).

Objekat diskretnog upravljanja ima sledeću formu:

Zakon ponašanja:

$$X_t = f(X_{t-1}, p_t, u_t), t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

Oblast upravljanja:

$$u_t = U_t(X_{t-1}, p_t), t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

gde su:

$f(X_{t-1}, p_t, u_t) = (f^1(X_{t-1}, p_t, u_t), f^2(X_{t-1}, p_t, u_t), \dots, f^N(X_{t-1}, p_t, u_t))$   
- vektor funkcija sa vrednostima iz prostora  $E^N$ ,

$X_t$  - vrednost N-dimenzione vektor funkcije koja prikazuje stanje objekta upravljanja na kraju tekućeg vremenskog perioda  $t$ ,

$X_{t-1}$  - vrednost N-dimenzione vektor funkcije koja prikazuje stanje objekta upravljanja na kraju prethodnog vremenskog perioda  $t-1$ ,

$p_t$  - vrednost S-dimenzione vektor funkcije koja prikazuje okolnosti objekta upravljanja u tekućem vremenskom periodu  $t$ ,

$u_t$  - vrednost R-dimenzione vektor funkcije koja prikazuje upravljanje objektom upravljanja u tekućem vremenskom periodu  $t$ ,

$U_t(X_{t-1}, p_t)$  - neprazan skup u prostoru promenljivih  $u^1, u^2, \dots, u^R$ , koji je definisan za svako  $t, t=1, 2, \dots, T$ .

Uređena trojka  $(X, p, u)$  koju čine stanje, okolnosti i upravljanje, naziva se diskretni proces. Objekat diskretnog upravljanja predstavlja simulacioni model objekta posmatranja. Proces upravljanja diskretnim objektom ostvaruje se na sledeći način:

- Nulti korak: Da bi moglo da se upravlja diskretnim objektom prvo je potrebno postaviti početne vrednosti promenljivih stanja  $X_0$ .
- Prvi korak: Utvrditi vrednost tačke okolnosti  $p_t$  za vremenski period  $t=1$ .
- Drugi korak: Na osnovu relacija za oblast upravljanja  $U_t(X_{t-1}, p_t)$  i konkretnih vrednosti za  $X_0$  i  $p_t$  definiše se skup vrednosti (oblast upravljanja) koje može da uzme upravljačka tačka  $u_t$ .
- Treći korak: Iz skupa dopustivih vrednosti za  $u_t$  uzima se jedna kombinacija vrednosti kojom se definiše položaj upravljačke tačke  $u_t$  u prostoru upravljanja.
- Četvrti korak: Pošto su sada poznate vrednosti  $X_0, p_1$  i  $u_1$ , na osnovu relacija za  $X_1 = f(X_0, p_1, u_1)$  izračunava se stanje objekta posmatranja na kraju vremenskog perioda  $t=1$ .

Sada se proces upravljanja vraća na prvi korak u kome se utvrđuje vrednost tačke okolnosti  $p_2$  za vremenski period  $t=2$ . Proces se nastavlja sve dok se ne izračunaju vrednosti promenljivih stanja na kraju poslednjeg vremenskog perioda  $t=T$ . Ovako dobijeno upravljanje jeste dopustivo upravljanje, koje ne mora biti i optimalno. Za utvrđivanje optimalnosti jednog procesa potrebno je prvo utvrditi cilj upravljanja, a zatim i kriterijum efikasnosti upravljanja, kao meru dostignutosti cilja. Optimalno upravljanje će biti ono koje maksimizuje (minimizuje) funkciju cilja.

Kao kriterijum efikasnosti upravljanja u opštem obliku, uzima se zbirni funkcional:

$$J = f^0(X_0, p_1, u_1) + f^0(X_1, p_2, u_2) + \dots + f^0(X_{T-1}, p_T, u_T) = \sum_{t=1}^T f^0(X_{t-1}, p_t, u_t) \quad (3)$$

gde je  $f^0(X_{t-1}, p_t, u_t)$  neka zadata funkcija.

Sada postoje svi elementi da se matematički korektno definiše zadatak optimalnog upravljanja diskretnim objektom. Objekat diskretnog upravljanja gradi se na osnovu činjenica koje definišu dinamiku stanja sistema koji se opisuje. Posle izrade modela objekta diskretnog upravljanja moguće je definisati različite ciljeve upravljanja definisanim objektom upravljanja, a za svaki definisani cilj treba utvrditi i kriterijum efikasnosti upravljanja, odnosno ciljni funkcional. Treći globalni korak u korišćenju principa upravljanja diskretnim sistemima je pronalaženje metode kojom će se birati upravljanje objektom diskretnog upravljanja sa namerom da se zadovolji postavljeni cilj upravljanja. Ovakav pristup omogućava da se svaka od navedenih celina

(model objekta diskretnog upravljanja, ciljni funkcional ili metoda nalaženja odgovarajućeg upravljanja) zasebno koriguje u skladu sa novosaznatim činjenicama, a da se pri tome ne ugroze druge dve celine.

### 3. ANALITIČKI SPREDŠIT MODEL PROBLEMA MINIMIZACIJE TROŠKOVA TRANSPORTA PREVEDENOG U PROBLEM UPRAVLJANJA DISKRETNIM OBJEKTOM

U cilju analize kvaliteta analitičkog spredšit modela upravljanja diskretnim objektom u nastavku rada predstavljen je model problema minimizacije troškova transporta prevedenog u problem upravljanja diskretnim objektom razvijen u spredšitu [14]. Uprošćeni opis problema može se predstaviti na sledeći način.

Proizvod ima obavezu da u naredna 4 vremenska perioda isporučuje proizvod X u dinamici definisanoj u Tabeli 1.

PERIOD	1	2	3	4
Količina	290	215	200	390

Tabela 1. Dinamika isporuke proizvoda X

Na raspolaganju ima tri vrste prevoznih sredstava: P1, P2 i P3. Svaka od tih vrsta prevoza raspolaže određenim kapacitetom, izraženim u broju "kontejnera" u jednom vremenskom periodu, a prema podacima iz Tabele 2.

PREVOZ	P1	P2	P3
Kapacitet	4	6	3

Tabela 2. Kapacitet prevoznih sredstava

Veličina "kontejnera" zavisi od vrste prevoza. Broj jedinica količine proizvoda X, sadržanih u jednom kontejneru obzirom na vrstu prevoza, data je u Tabeli 3.

PREVOZ	P1	P2	P3
Kapacitet	50	45	65

Tabela 3. Broj jedinica količine proizvoda X sadržanih u jednom kontejneru

Cena prevoza "kontejnera" za svaku od vrsta prevoza je različita, a takođe zavisi i od vremenskog perioda u kome se prevoz obavlja, kao što je dato u Tabeli 4 u din/kontejner.

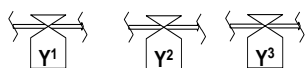
PREVOZ	P1	P2	P3
Kapacitet	50	45	65

Tabela 4. Cena prevoza po kontejneru

Potrebno je sačiniti plan prevoza planiranih količina proizvoda X u zadatoj dinamici, sa ciljem da se ostvare minimalni ukupni troškovi prevoza.

U cilju modeliranja problema u spredšitu prvo je potrebno identifikovati tokove u sistemu. U tekstu zadatka je moguće uočiti 3 materijalna toka čiji su subjekti tokova proizvodi X prevezeni određenom vrstom prevoznih sredstava. Faze tokova su:

prevoz sredstvima 1  
prevoz sredstvima 2  
prevoz sredstvima 3  
Y<sub>i</sub>  
akcija



Slika 2. Tokovi od jedne faze

Ovo se može prikazati grafički kao na Slici 2, gde su Y<sub>t</sub><sup>i</sup> prevoz proizvoda X sredstvima i-te vrste (i=1,2,3) u tekućem vreme periodu t.

Sledeći korak predstavlja identifikacija uticajnih faktora. Uzmimo da je t=6 dana (jedna radna nedelja). Pažljivim čitanjem teksta problema izdvojicemo sledeće uticajne faktore:

- p<sub>t</sub><sup>1</sup> - dinamika prevoza proizvoda X
- p<sub>t</sub><sup>i+1</sup> - raspoloživi broj kontejnera i-tog prevoznog sredstva (i=1,2,3)
- p<sub>t</sub><sup>i+4</sup> - nosivost jednog kontejnera i- tog prevoznog sredstva (i=1,2,3)
- p<sub>t</sub><sup>i+7</sup> - cena prevoza jednog kontejnera i- tog prevoznog sredstva (i=1,2,3)
- u<sub>t</sub><sup>i</sup> - količina prevezenih proizvoda X i- tim prevoznim sredstvom (i=1,2,3)

Nakon definisanja tokova i uticajnih faktora potrebno je definisati matematički model. Za razvijanje jednačina za regulatore protoka uzima se da je prevoz svakim od i vrsta prevoznih sredstava (i=1,2,3) etapni sa etapama na počecima delova vremenskih perioda. Uzmimo da je zbir prethodnih kašnjenja oduku funkcije formiranja diskretne količine protoka jednak nuli. To sve ima za posledicu da su faktori kašnjenja K<sub>i</sub> (i=1,2,3) jednaki nuli, te da se celokupna diskretna količina protoka c<sub>i</sub> = u<sub>i</sub> (i=1,2,3) realizuje u istom vremenskom periodu u kome je i počelo njeno formiranje. Tako dobijama jednačine za regulatore protoka u formi:

$$Y_t^i = u_t^i, \quad i = 1,2,3; \quad t = 1,2,3,4 \quad (4)$$

Kada su u pitanju ograničenja raspoloživog kapaciteta broj kontejnera, koji se mora angažovati za prevoz u<sub>i</sub> količinskih jedinica proizvoda X, određuje se na osnovu relacija:

$$S_t^i = INT\left[\frac{u_t^i}{p_t^{i+4}}\right] + \delta_t^i \quad (5)$$

$$\delta_t^i = \begin{cases} 1 \text{ za } \frac{u_t^i}{p_t^{i+4}} - INT\left[\frac{u_t^i}{p_t^{i+4}}\right] > 0 \\ 0 \text{ za } \frac{u_t^i}{p_t^{i+4}} - INT\left[\frac{u_t^i}{p_t^{i+4}}\right] = 0 \end{cases}, \quad i = 1,2,3; \quad t = 1,2,3,4 \quad (6)$$

Taj broj ne može biti veći od raspoloživog broja kontejnera u prevozu i-te vrste.

$$S_t^i \leq p_t^{i+1} \quad i = 1,2,3; \quad t = 1,2,3,4 \quad (7)$$

Cilj, da se ostvari planirana dinamika prevoza proizvoda X, ugrađuje se u relacije oblasti upravljanja

$$p_t^1 = \sum_{i=1}^3 u_t^i, \quad t = 1,2,3,4 \quad (8)$$

Cilj, da se obezbede minimalni troškovi prevoza, ugrađuje se u ciljni funkcional čiju vrednost treba minimizirati.

$$\min\{J = \sum_{t=1}^4 \sum_{i=1}^3 S_t^i \cdot p_t^{i+7}\} \quad (9)$$

Sada je objekat diskretnog upravljanja zadat svojim zakonom ponašanja:

$$Y_t^i = u_t^i, \quad i = 1,2,3; \quad t = 1,2,3,4 \quad (10)$$

i oblašću upravljanja

$$\begin{aligned} 0 &\leq p_t^{i+1} - S_t^i \\ 0 &= p_t^1 - \sum_{i=1}^3 u_t^i, \quad i = 1,2,3; \quad t = 1,2,3,4 \end{aligned} \quad (11)$$

pri čemu su

$$\delta_t^i = \begin{cases} 1 \text{ za } \frac{u_t^i}{p_t^{i+4}} - INT\left[\frac{u_t^i}{p_t^{i+4}}\right] > 0 \\ 0 \text{ za } \frac{u_t^i}{p_t^{i+4}} - INT\left[\frac{u_t^i}{p_t^{i+4}}\right] = 0 \end{cases}, \quad i = 1,2,3; \quad t = 1,2,3,4$$

$$S_t^i = INT\left[\frac{u_t^i}{p_t^{i+4}}\right] + \delta_t^i \quad (12)$$

Poznato je početno stanje X<sub>0</sub><sup>i</sup> = 0 (i=1,2,3).

Treba odabrati takvo dopustivo upravljanje u<sub>t</sub><sup>r</sup> (r=1,2,3; t=1,2,3,4) za definisani objekat, koje pri predviđenoj dinamici okolnosti p<sub>t</sub><sup>s</sup> (s=1,2,...,10; t=1,2,3,4) za zadato vreme T=4 prevodi diskretni objekat upravljanja iz zadatog početnog faznog stanja X<sub>0</sub><sup>i</sup> u neki dati skup konačnih faznih stanja X<sub>4</sub><sup>i</sup> ∈ M<sub>4</sub> a da pri tome za svako t=1,2,3,4 budu ispunjeni uslovi oblasti upravljanja i da funkcional J:

$$\min\{J = \sum_{t=1}^4 \sum_{i=1}^3 S_t^i \cdot p_t^{i+7}\} \quad (13)$$

dobije minimalnu vrednost.

Po kreiranju matematičkog modela problema, matematičke relacije se prevode u spređit model. U radnom listu se tabele raspoređuju u određenim oblastima. Na primer:

- Vrednosti promenljivih okolnosti p rasporediti u oblasti polja D11:G20.
- Formule za pomoćne promenljive S rasporediti u oblasti polja D24:G26.
- Formule za pomoćne promenljive δ rasporediti u oblasti polja D30:G32.
- Prostor za upisivanje vrednosti promenljivih upravljanja rezervisati u oblasti polja D36:G38.
- Formule za oblast upravljanja O rasporediti u oblasti polja D42:G46.
- Formule za ciljni funkcional rasporediti u oblasti polja D50:G50.

Kada se prevedu relacije matematičkog modela objekta diskretnog upravljanja u odgovarajuće Excel formule, dobija se spredšit simulacioni model opisanog problema. U daljem tekstu su date Excel formule za vremenski period  $t=1$ , koje se nalaze u koloni D. Ove formule treba preneti i na ostale četiri kolone.

**POMOĆNE PROMENLJIVE S**

D24 =IF(D36/D15-TRUNC(D36/D15)>0;1;0)

D25 =IF(D37/D16-TRUNC(D37/D16)>0;1;0)

D26 =IF(D38/D17-TRUNC(D38/D17)>0;1;0)

**POMOĆNE PROMENLJIVE δ**

D30 =TRUNC(D36/D15)+D24

D31 =TRUNC(D37/D16)+D25

D32 =TRUNC(D38/D17)+D26

**OBLAST UPRAVLJANJA O**

D77 =D11-SUM(D36:D38)

D78 =SUM(D36:D38)-D11

D79 =D12-D30

D80 =D13-D31

D81 =D14-D32

**CILJNI FUNKCIONAL J**

D92 =C50+D30\*D18+D31\*D19+D32\*D20

Slika 3. Analitički spredšit model problema

Pažljivim izborom vrednosti promenljivih upravljanja može se pronaći dopustivo rešenje. To je ono rešenje koje obezbeđuje nenegativnost vrednosti koje daju formule oblasti upravljanja, raspoređene u oblasti polja D77:G81. Negativne vrednosti odgovarajućih relacija oblasti upravljanja treba da budu putokaz ka pronalazenju dopustivih vrednosti promenljivih upravljanja. Bolje rešenje će biti ono koje daje manju vrednost ciljnom funkcionalu, odnosno manji zbir troškova prevoza proizvoda X. Kada se realizuju svi opisani koraci dobija je analitički spredšit model problema minimizacije troškova transporta prevedenog u problem upravljanja diskretnim objektom, prikazan Slikom 3.

**4. ANALIZA KVALITETA ANALITIČKOG SPREDŠIT MODEL PROBLEMA PREVEDENOG U PROBLEM UPRAVLJANJA DISKRETNIM OBJEKTOM**

Prilikom ocene kvaliteta ASM opisanog problema prevedenog u problem upravljanja diskretnim objektom u obzir ćemo uzeti preporuke navedene u poglavlju 1.2. U skladu sa tim spredšit model se analizira kroz elemente modularni dizajn, strukturni dizajn, informacioni tokovi, opseg polja za ulazne i izlazne podatke, deo modela za preračun, deo modela za izveštaje. Karakteristike kvaliteta elemenata ASM date su Tabelom 5.

Tabela 5. Karakteristike kvaliteta elemenata ASM

Karakteristike kvaliteta elemenata ASM	
Modularni dizajn	Tri modula najvišeg nivoa sa podmodulima po potrebi.
Strukturni dizajn	U skladu je sa logikom ulaznih i izlaznih modula.
Informacioni tokovi	Direktni, bez ukrštanja. Na najvišem nivou počinju od ulaznih podataka, nastavljaju se kroz deo za preračun i završavaju sa izlaznim vrednostima.
Ulazni/izlazni moduli	Razdvojeni po blokovima
Modul za preračun	Razdvojen po blokovima
Modul izveštaje	Razdvojen po blokovima

Opisani ASM karakteriše modularni dizajn predstavljen kroz tri modula najvišeg nivoa: ulazni, za preračune i izlazni. Ulazni modul namenjen je skladištenju ulaznih podataka promenljivih okolnosti i ulaznih podataka promenljivih upravljanja, koje unosi korisnik. Modul za preračun koristi se za implementaciju matematičkog modela i obuhvata pomoćne promenljive S i δ, kao i oblast upravljanja. Modul za izveštaje (izlazni modul) predstavlja rezultate u formi ciljnog funkcionala kojim se lako određuje kvalitet upravljanja. Primena strukturnog dizajna utiče na čitljivost, tačnost, mogućnost ponovnog korišćenja i modifikovanja modela. Ovakva organizacija modela u skladu je sa logikom ulaznih i izlaznih modula i uređenih informacionih tokova. Ulazne i izlazne vrednosti modela su jasno razdvojene i lako uočljive, bez "ometanja" izazvanih preračunom. Kao što se može videti iz opisa i grafičkog prikaza modela on je organizovan tako da su ulazne i izlazne vrednosti grupisane odvojeno od preračuna i predstavljaju skupove povezanih blokova. Informacioni tokovi modela su direktni i bez ukrštanja. Na najvišem nivou informacioni tokovi počinju od ulaznih podataka, nastavljaju se kroz deo za preračun i završavaju sa izlaznim vrednostima. Uređeni informacioni tokovi omogućavaju modifikaciju modela promenom dela za preračune, pri čemu su ulazni i izlazni deo izolovani.

U skladu sa definicijom ASM opisani model je pogodan za efikasne analize i lako čitljiv od strane korisnika usled koncepcije objekta diskretnog upravljanja gde je svaka od celina: zakon ponašanja, oblast upravljanja i ciljni funkcional zasebno postavljena. Formatiranje ćelija



upravljačkih promenljivih žutom bojom, jasno upućuje korisnika na deo modela koji je raspoloživ za unos podataka. Na taj način su u cilju efikasne analize korišćenjem ASM, ulazne i izlazne vrednosti modela jasno razdvojene i lako uočljive, bez “ometanja” izazvanih preračunom. Svaka celina se može menjati u skladu sa novosaznatim činjenicama, a da se pri tome ne ugroze druge dve celine, što podržava aspekt mogućnosti ponovnog korišćenja sa drugim ulaznim podacima i mogućnost modifikovanja u skladu sa novim okolnostima. Tačnost modela obezbeđena je prevođenjem verbalnog modela u matematički, a matematičkog u spreadšit model, kao i primenom uslovnog formatiranja i validacije podataka u oblasti upravljanja. Uslovno formatiranje i validacija podataka oblasti upravljanja sprečavaju i daju jasan znak za unos vrednosti kojima bi se probila ograničenja modela. Karakteristike kvaliteta ASM na opštem nivou prikazane su Tabelom 6.

Tabela 6. Karakteristike kvaliteta ASM na opštem nivou

Karakteristike kvaliteta ASM na opštem nivou	
Pogodnost za efikasne analize	Pogodan za efikasne analize usled koncepcije objekta diskretnog upravljanja gde je svaka od celina: zakon ponašanja, oblast upravljanja i ciljni funkcional zasebno postavljena. Ulazne i izlazne vrednosti modela su jasno razdvojene i lako uočljive, bez “ometanja” izazvanih preračunom.
Čitljivost	Na visokom nivou usled razdvojenosti ulaznih/izlaznih i modula za preračun, formatiranja ćelija i uslovnog formatiranja.
Transferabilnost	Podržana karakteristikama spreadšit okruženja i primenom struktumog dizajna.
Tačnost	Obezbeđena je prevođenjem verbalnog modela u matematički, a matematičkog u spreadšit model, kao i primenom uslovnog formatiranja i validacije podataka u oblasti upravljanja.
Mogućnost ponovnog korišćenja	Svaka celina se može menjati u skladu sa novosaznatim činjenicama, a da se pri tome ne ugroze druge celine primenom struktumog dizajna.
Mogućnost modifikovanja	Svaka celina se može menjati u skladu sa novosaznatim činjenicama, a da se pri tome ne ugroze druge celine primenom struktumog dizajna.

## 5. ZAKLJUČAK

Analitički spreadšit modeli su opšte prihvaćeni i upotrebljivi u najrazličitijim oblastima kao što su upravljanje lancima snabdevanja, istraživanje tržišta, raspoređivanje, finansije, ali i u inženjerstvu i nauci. Oni se obimno koriste u obrazovanju studenata nauke o menadžmentu, kvantitativne analize i u poslovnim školama. Jedan od domaćih primera upotrebe ASM u obrazovanju studenata može se naći na Fakultetu organizacionih nauka, gde studenti Operacionog menadžmenta uče da modeliraju i rešavaju različite probleme kroz analitičke spreadšit modele razvijene u skladu sa konceptom diskretnog objekta upravljanja.

Koncept diskretnog objekta upravljanja izuzetno je pogodan za razvijanje analitičkih spreadšit modela, usled svoje strukture gde je svaka od celina: zakon ponašanja, oblast upravljanja i ciljni funkcional, zasebno postavljena. Kao što je prikazano u radu ovi modeli su prema svim svojim karakteristikama veoma visokog kvaliteta. Takođe, ovakvi modeli omogućavaju razvijanje i implementaciju metaheurističkih metoda pretraživanja oblasti upravljanja, u cilju određivanja optimalnog rešenja.

Dalji pravci istraživanja tematike razmatrane u radu obuhvataju modeliranje drugih problema operacionog menadžmenta kroz analitičke spreadšit modele i ocenjivanje kvaliteta istih, kao i uključivanje metaheurističkih metoda za njihovo rešavanje. U ocenjivanje kvaliteta mogu se uključiti i dodatne karakteristike, osim onih navedenih u radu, u skladu sa domenom problema.

## LITERATURA

- [1] Jelen, B. “The Spreadsheet at 25: 25 Amazing Excel Examples that Evolved from the Invention that Changed the World“, Holy Macro! Books, 2005.
- [2] Grossman, T. A., Mehrotra V., Özlük Ö. “Lessons from Mission-Critical Spreadsheets”, Communications of the Association for Information Systems, 2007.
- [3] Powell, S. G., Baker K. R., Lawson B. “Errors in Operational Spreadsheets”, Journal of Organizational and End User Computing 21(3): 24-36, July-September 2009.
- [4] Grossman, T. A., Mehrotra, V., Sander, J. C. “Towards Evaluating the Quality of a Spreadsheet: The Case of the Analytical Spreadsheet Model” Proc. European Spreadsheet Risks Int. Grp. (EuSpRIG) 2011 ISBN 978-0-9566256-9-4, arXiv:1111.6907v1
- [5] Powell, S. G., K. R. Baker “Management Science: The Art of Modeling with Spreadsheets 3<sup>e</sup>”, John Wiley&Sons, 2010.
- [6] Grossman, T. A. and Ö. Özlük “A Paradigm for Spreadsheet Engineering Methodologies”, Proceedings of the European Spreadsheet Risks Interest Group 5th Annual Symposium, Klagenfurt, Austria, July 2004.
- [7] Grossman, T. A. “A Primer on Spreadsheet Analytics”, Proceedings of the European Spreadsheet Risks Interest Group 9th Annual Symposium, Greenwich, England, 2008.
- [8] Spreadsheet Analytics Spreadsheet Analytics: Resources for Spreadsheet Analysts, <http://www.usfca.edu/bps/spreadsheet-analytics/>, accessed Decembar 10, 2013.
- [9] Winston W, Albright S. “Practical Management Science”, South-Western College Publishing, 2008.
- [10] Ragsdale C. T. “Spreadsheet Modeling and Decision Analysis”, South-Western College Publishing, 2010.
- [11] Interfaces, Special Issue on The Use of Spreadsheet Software in the Application of Management Science and Operations Research, L. J. Leblanc and T. A. Grossman, eds., Interfaces, July-August 2008.
- [12] Benninga S. “Financial Modeling“, MIT Press, 2008.
- [13] Croll G. J. “The Importance and Criticality of Spreadsheets in the City of London”, Proceedings of the European Spreadsheet Risks Interest Group, 2005.
- [14] Kostić K., Simulacija biznis situacija, FON, Beograd 2012.

# MOGUĆNOST PRIMENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U KONTROLI UTROŠKA GORIVA MOTORNIM VOZILIMA U VOJSCI SRBIJE

## POSSIBLE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE CONTROL OF CONSUMPTION OF FUEL VEHICLES IN SERBIAN ARMY

Nenad Pavlović<sup>1</sup>, Velibor Jovanović<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centralna logistička baza Vojske Srbije

**Sadržaj** – *Savremeni trendovi i razvoj informacionih tehnologija omogućuju kvalitativnu i kvantitativnu primenu različitih dostignuća i rešenja. Isto tako, daje se mogućnost usavršenja postojećih sistema i njihovog unapređenja i korišćenja u svakodnevnoj praksi. Shodno tome, u radu je dat predlog mogućnosti primene informacionih tehnologija u kontroli utroška goriva motornih vozila u Vojsci Srbije. Kapacitivne sonde već imaju svoju široku primenu u industriji i na tržištu i pokazale su se pouzdanim u sistemu praćenja utroška pogonskog goriva motornih vozila. Korišćenjem ovakvih sondi značajno se smanjuje utrošak goriva, a samim tim i novčana sredstva za kupovinu istih. Primena ovakvog sistema u Vojsci Srbije podrazumeva razvoj sistema u organizaciji ustanova Ministarstva Odbrane i Vojske Srbije, primena za sopstvene potrebe, tj. na potrošačima goriva – motornim vozilima, jeftinije i bezbednije korišćenje, kao i ponudu tehnologije na tržištu. Ovim konceptom stvara se mogućnost i uštede i zarade, ali i položaja konkurentnosti na tržištu.*

**Abstract** – *Current trends and developments in information technology offer opti qualitative and quantitative application of various achievements and solutions. Also, given the possibility of improvements to existing systems and their development and use in everyday practice. Accordingly, this paper proposes a range of applications of information technology to control the fuel consumption of motor vehicles in the Army of Serbia. Capacitance probes already have a wide application in the industry and the market and have proven to be reliable in the system of monitoring of fuel consumption of motor vehicles. Using these probes significantly reduces fuel consumption, and therefore the funds to purchase them. The application of this system in the army of Serbia includes the development of systems in the organization of institutions of Ministry of Defence and Serbian Army, the application for their own needs, the consumers of fuel - motor vehicles, cheaper and safer use and technology offerings on the market. This concept creates the possibility of savings and earnings, and competitive position in the market.*

**Ključne reči** – *informacione tehnologije, snabdevanje, Vojska Srbije, gorivo,*

**Keywords** – *information technology, supply, Serbian Army, fuel,*

### 1. UVOD

Napredak u nauci, tehnici i ekonomiji uzrok je nastanka složenih sistema i primene automatizacije u brojnim oblastima ljudske delatnosti. Po ugledu na preduzeća u tržišnoj privredi, vojska kao kompleksna institucija koja raspolaže sa ograničenim resursima ima potrebu da unapredi efikasnost poslovanja.

Imajući u vidu da je reforma logistike Vojske Srbije još uvek aktuelna, te da je neophodno smanjenje ukupnih troškova, javlja se potreba za optimizacijom postojećeg sistema snabdevanja, kao podsistema logistike, primenom savremenih metoda, tehnika, softvera i opreme.

Pogonsko gorivo predstavlja izuzetno značajan resurs kako u vojnoj organizaciji tako i na globalnom nivou. U dosadašnjim istraživanjima razmatrana je optimizacija postojećeg sistema praćenja kvantitativnog stanja mirnodopskih zaliha goriva na pumpnim stanicama u Vojsci Srbije, sa aspekta efikasnosti i ekonomičnosti, prepoznata je kroz racionalizaciju, modernizaciju i automatizaciju dela postojećih vojnih kapaciteta [1]. Modernizacija tehničke opreme, sa težištem na kvalitetnoj informatičkoj podršci za praćenje stanja i tokova goriva, predstavlja značajnu fazu racionalizacije i razvoja sistema za snabdevanje pogonskim gorivom u Vojsci Srbije [2].

Međutim, u vremenima ekonomske krize, javlja se i potreba za racionalnijim utroškom pogonskog goriva kod svih krajnjih potrošača. Racionalizacija podrazumeva pravilno planiranje upotrebe motornih vozila, objedinjavanje transportnih zadataka na realcijama gde je to izvodljivo, ali i pravilnu upotrebu vozila od strane neposrednih korisnika, tj. vozača. Racionalnom i ekonomičnom vožnjom mogu se uštedeti znatna pogonska sredstva.

Kao i ostale radne organizacije koje u svom sastavu imaju vozne parkove i Vojska Srbije se susreće sa problemom racionalnog utroška, zloupotrebom i krađom pogonskog goriva. Utrošak pogonskog goriva u jedinicama Vojske Srbije planira se na godišnjem nivou, a godišnja kvota goriva obuhvata potrošače svih vrsta. S druge strane, ekonomska situacija, nizak životni standard stanovništva, nezaposlenost i čest rast cena goriva, čine jaku osnovu i povod su pojava otuđenja pogonskog goriva iz motornih vozila.

## 2. KARAKTERISTIKE SISTEMA ZA KONTROLU UTROŠKA GORIVA

Da bi se postigla potpuna kontrola nad gorivom potrebno je da postoji mogućnost praćenja kompletnog puta goriva od utakanja u rezervoar vozila, tj. od benzinske pumpe do kraja eksploatacije, odnosno potrošnje. Za ostvarenje potpunog uvida u utrošak goriva, potrebno je pod kontrolom držati sledeće:

- prilikom točenja goriva svaki utočeni litar treba da završi u rezervoaru;
- iz rezervoara gorovo ne može da nestane, samo motor može da ga utroši;
- onemogućiti istakanje goriva na crevu povratnog voda ili na bilo koji drugi način neovlašćenog istakanja.

Ako se ispune gore pomenuti uslovi, svo plaćeno i utočeno gorivo će utrošiti motor. Za kontrolu utroška goriva, postoje tri tipa merne opreme: merač nivoa goriva sa plovkom, merač protoka goriva i kapacitivna sonda.

**Merač nivoa goriva sa plovkom** se fabrički ugrađuje u vozila. Njegova prednost je u tome što je jeftin i nalazi se u svakom vozilu. Mana uređaja je što ne može da meri oko 10% zapremine u predelu gornjeg dela rezervoara jer se plovak upire u gornji zid rezervoara.

**Merač protoka** daje precizne podatke o potrošnji, ali je veoma skup. On praktično meri količinu goriva koja je ušla u motor i količinu goriva koja se vraća povratnim vodom. Nedostatak ovog uređaja je to što se u slučaju nedozvoljenog istakanja ne može reći kada se događaj odigrao, tako da ni pozivanje na odgovornost ne može biti korektno. Merač prikaže koliko je goriva nestalo pre nego što je trebalo ponovo točiti gorivo, ali se vreme i mesto nestanka ne može utvrditi. Kao merni uređaj zadovoljava u potpunosti, ali kontrolna funkcija istog nije zadovoljavajuća. Zbog mogućnosti začepljenja sita zahteva periodično održavanje.

**Kapacitivna sonda** je cevastog oblika i doseže do dna rezervoara za gorivo. Izgled jedne vrste ovakve sonde prikazan je na slici 1.



Slika 1. Izgled kapacitivne sonde

Sonda merača nivoa goriva na principu kapacitivnosti se ugrađuje bušenjem gornjeg zida rezervoara. Način ugradnje sonde u rezervoar prikazan je na slici 2. Ovaj uređaj meri nivo goriva u rezervoaru i na taj način je u stanju da u svakom momentu pruži informaciju o količini goriva koja se nalazi u rezervoaru.



Slika 2. Način ugradnje kapacitivne sonde

Kapacitivna sonda ne daje informaciju o količini goriva koja ulazi u motor, ali registruje nagle promene nivoa goriva u rezervoaru i može dati informaciju o količini goriva koja je utočena. Preciznost merača nivoa goriva na ovom principu uveliko zavisi od tipa uređaja i preciznosti kalibracije, a može dostići i do maksimalno 0,9% odstupanja.

Ako se izvrši upoređivanje navedenih merača dolazi se do sledećih zaključaka:

- Povezivanje na fabrički merač nivoa je jeftino, ali nije precizno rešenje. Na izmerene vrednosti se može samo grubo osloniti. U proseku merač ne registruje 10% goriva i vozači znaju ovaj nedostatak i često ga zloupotrebljavaju.

- Merač protoka goriva je veoma precizan, ali ga je veoma lako premostiti, zaobići i sl. Nije u stanju da meri količinu goriva u rezervoaru, tako da nema informacije o vremenu i mestu istakanja.

- Kapacitivna sonda daje najviše preciznih informacija o stanju goriva u rezervoaru. Sistem potpune kontrole goriva, izveštaji o točenju i upozorenja na istakanje se ne može postići bez informacija zasnovanih na preciznom merenju stanja nivoa goriva u rezervoaru.

Bitna karakteristika kapacitivnih sondi je da kod detekcije neovlašćenog izlaza goriva (krađe) moguće je odrediti tačno vreme izlaza, količinu goriva koja je izašla i status motora tokom izlaza (nezavisno od toga da li je motor startovan i radi ili u opšte ne radi). Uz sve te podatke, mogućnost napraviti krađu goriva na vozilu praktično je smanjena na minimum.

Najvažnije mogućnosti koje se mogu pratiti putem kapacitivnih sondi su:

- Praćenje nivoa i količine goriva u rezervoaru u realnom vremenu;
- Pregledavanje statistike ulaza, potrošnje i izlaza goriva retroaktivno;
- Praćenje potrošnje po satu i na 100km;
- Dnevni, nedeljni i mesečni izveštaji potrošnje za jedno ili više vozila;
- Grafički i tabelarni prikaz brojnih detalja koji se odnose na stanje na početku obračunskog perioda, ulaz goriva (popuna rezervoara), prosečnu potrošnju po satu i na 100 km, stanje goriva na kraju obračunskog perioda, izlaz goriva (krađa), pređena udaljenost, tj kilometraža, maksimalna brzina, prosečna brzina, početak rada, ukupan rad motora, kraj rada, stvarni radni sati, automatski izveštaji, dnevni, nedeljni, mesečni i na zahtev (trenutno).

### 3. PRIMERI UŠTEDE UTROŠKA GORIVA MOTORNIM VOZILA VOJSKE SRBIJE

Uzimajući u obzir konstruktivne parametre koji utiču na utrošak goriva (namena, nosivost, sopstvena težina, koeficijent aerodinamičnosti, dimenzije pneumatika i slično) dolazimo do zaključka da iste ne možemo promeniti u željenom cilju. Jedini faktor na koji se može neprestano delovati jeste čovek – u funkciji vozača, koji će ekonomično voziti, ili u funkciji nekog ko će izvršiti otuđenje. U situacijama gde se u voznom parku nalaze motorna vozila različitih tipova, namena i nosivosti, a koja imaju zapremine rezervoara za gorivo od 100 pa do 1 200 litara, kao i prosečnom potrošnjom goriva od 15 do 120 litara na pređenih 100 km, neznatna količina goriva koja je bespotrebno utrošena ili otuđena je teško primetna. Ali, posmatrajući na mesečnom i godišnjem nivou, dobijaju se sasvim suprotni rezultati i podaci koji nisu za potcenjivanje i zanemarivanje.

U tabeli 1 dat je uporedni prikaz uštede utroška pogonskog goriva. Analizirajući tabelu 1, dolazi se do zaključka da ako se na jednom vozilu dnevno uštedi samo 3 litara goriva na pređenih 100 km, za mesec koji ima 20 radnih dana ta ušteda iznosi 60 litara, odnosno, pod uslovom da je vozilo radno angažovano čitave kalendarske godine, ta ušteda iznosi 720 litara. Za prosečnu tržišnu cenu goriva koja iznosi oko 150 rsd, dolazi se do zaključka da je prosečna mesečna ušteda 9 000 rsd, tj. 108 000 rsd na godišnjem nivou.

<b>Broj motornih vozila u voznom parku</b>	1	30	100	500	1 000
<b>Smanjena dnevna potrošnja goriva (l/100km)</b>	3	90	300	1 500	3 000
<b>Broj radnih dana u mesecu</b>	20	600	2 000	10 000	20 000
<b>Mesečno smanjenje potrošnje goriva (l)</b>	60	1800	6 000	30 000	60 000
<b>Godišnje smanjenje potrošnje goriva (l)</b>	720	21 600	72 000	360 000	720 000
<b>Prosečna tržišna cena goriva (rsd/l)</b>	150,00				
<b>Prosečna mesečna ušteda (rsd)</b>	9 000,00	270 000,00	900 000,00	4 500 000,00	9 000 000,00
<b>Prosečna godišnja ušteda (rsd)</b>	108 000,00	3 240 000,00	10 800 000,00	54 000 000,00	108 000 000,00

Tabela 1. Prikaz uštede utroška pogonskog goriva

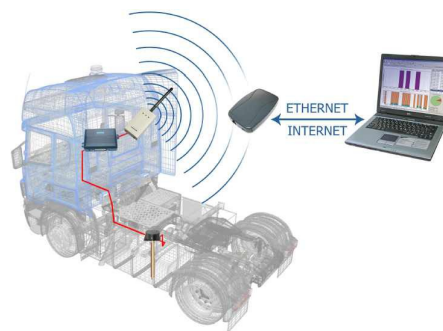
Posmatrajući transportnu jedinicu sa 30 motornih vozila, dolazi se do zaključka da godišnja ušteda iznosi 21 600 litara, tj. predstavlja oko 25-30% od ukupne godišnje odobrene kvote goriva za tu jedinicu.

Na 100 motornih vozila primetna je ušteda od 72 000 litara goriva na godišnjem nivou, što je u nivou odobrene godišnje kvote utroška goriva jedinice ranga taktičkog nivoa, dok u ekonomskom smislu, ta ušteda iznosi preko 10 000 000 rsd.

Shodno prikazanom u tabeli 1, sa povećanjem broja motornih vozila u voznom parku, povećava se i mogućnost uštede kako pogonskog goriva tako i novčanih sredstava, pa tako na 1 000 motornih vozila, dnevna ušteda iznosi 3 000 litara, na mesečnom nivou 60 000, dok za godinu dana ušteda je 720 000 litara, odnosno 9 000 000 na mesečnom i 108 000 000 rsd na godišnjem nivou.

### 4. MOGUĆNOST PRIMENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE NA MOTORNIM VOZILIMA VOJSKE SRBIJE

Savremeni trendovi i mogućnosti kontrole utroška goriva koji se nude na tržištu u komercijalne svrhe, podrazumevaju upotrebu tehnologije sa GPS navigacijom i praćenjem upotrebe i korišćenja motornih vozila. Šematksi prikaz savremenih sistema dat je na slici 3.



Slika 3. Prikaz sistema za praćenje utroška goriva

Ovakvi sistemi imaju svoje prednosti u smislu visoke tačnosti, pouzdanosti, kao i očitavanja svih željenih podataka u svakom momentu i prikazu lokacije motornog vozila. Nasuprot tome, nedostaci ovakvih sistema su u ceni koštanja na tržištu, koja je od 80 000 rsd pa na više po vozilu, u zavisnosti od samog proizvođača.

U situaciji gde vojni park jedne jedinice broji 30-40 motornih vozila, ukupna cena kupovine ovakvog sistema bi iznosila oko 3 500 000 rsd. Upoređujući cenu koštanja sistema na tržištu i očekivanim uštedama, dolazi se do zaključka da se kupovina ovakvog sistema praćenja i kontrole utroška pogonskog goriva isplati već u prvoj godini korišćenja.

Drugi i veoma bitan nedostatak ovakvog sistema i kupovine usluge na tržištu je u tome što bi sva vojna motorna vozila, obuhvaćena pomenutim sistemom praćenja i kontrole, bila praćena preko satelita. Shodno tome, dovodi se u pitanje zaštita vojnih podataka, tj.

tajnost kretanja, izvršavanja transportnih zadataka, kao i sprečavanje oticanja podataka vezenih za vrstu motornih vozila, vrstu i količinu tereta, mesta za utovar/istovar tereta (lokacije kasarni, skladišta, vojnih kompleksa i slično), broj radnika-poslužioaca uključenih u poslove utovara/istovara i prevoženja tereta, kao i svih drugih transportno-manipulativnih radnji i drugih procesa koji se odvijaju u jedinicama Vojske Srbije. Međutim, da bi se izbegle negativne strane i posledice sistema koji su u ponudi na tržištu, sistem praćenja i kontrole utroška goriva na vojnim motornim vozilima mogao bi se razviti u okviru nadležnih institucija Ministarstva Odbrane i Vojske Srbije i to bez korišćenja satelita.

Naime, pored gore navedene kapacitivne sonde, potrebno je izraditi „skupljač“ podataka – obrađivačku jedinicu, koja bi bila manjeg kvadarskog oblika, od spolja zaštićena plastičnom kutijom koja se žigoše kao merni uređaj, a čiji bi zadatak bio da primi sve podatke koje mu putem odgovarajućeg kabla šalje kapacitivna sonda iz rezervoara i iste obradi. Ovakva obrađivačka jedinica bi radila na principu softvera sa zadatim parametrima i podacima koje prikuplja i obrađuje. Softver bi bio zaštićen od neovlašćenog pristupa određenom lozinkom, a pristup bi bio odobren isključivo licima koja su ovlašćena za kontrolu utroška goriva. Takođe, sama obrađivačka jedinica bi imala svoju memorijsku karticu na kojoj bi se pamtili primljeni i obrađeni podaci. Ovakva memorijska kartica bila bi očitana odgovarajućim čitačem na personalnom računaru sa kompatibilnim softverom za obradu podataka – prikaz svih navedenih podataka u drugom delu rada.

Primena ovakvog načina kontrole utroška goriva bila bi najracionalija kod motornih vozila koja imaju potrošnju iznad 15 l / 100 km i rezervoare zapremine najmanje 100 litara. U smislu vojnih motornih vozila, bile bi obuhvaćene kategorije terenskih motornih vozila za vuču i transport, teretnih vozila (svih nosivosti), autobusi, vučni vozovi, tegljači i specijalna vozila (cisterne za gorivo, cisterne za vodu, cisterne za dekontaminaciju i slično).

## 5. ZAKLJUČAK

Preduzeća koja u svom sastavu imaju vozne parkove pristupila su primeni savremenih informacionih tehnologija, kako bi se sprečila neželjene pojave, preventivno delovalo i unapredio racionalan utrošak pogonskog goriva. Vojska Srbije raspolaže značajnim voznim parkovima i trebalo bi da u što kraćem roku sagleda mogućnost implementacije savremenih tehnologija za praćenje racionalnog korišćenja vozila i utroška goriva.

U radu je prikazan primer uštede goriva sa neznatnom količinom od 3 l / 100 km po motornom vozilu. Ponekad u praksi to odstupanje zna biti i veće. Samim tim i zbirni troškovi su proporcionalno veći. Zahvaljujući opisanom načinu primene informacione tehnologije, moguće je ostvariti izrazito velike uštede u potrošnji goriva i novčanih sredstava.

Ovakvim postupkom bi se razvio sistem praćenja utroška goriva u režiji i izradi od strane stručnih organizacija i ustanova ministarstva odbrane i Vojske Srbije. Time bi se povećao razvoj sistema, smanjili troškovi eventualnih kupovina postojećih sistema na tržištu, ne bi se dovelo u pitanje zaštita vojnih podataka, smanjili utrošci goriva motornih vozila u jedinicama vojske, stvorila mogućnost da se ovako razvijeni sistemi serijski proizvode i ponude tržištu, a prodajom istih i zaradi.

## 6. REFERENCE

- [1] Ilić, S., Radosavljević, V., Unapređenje kvantitativnog stanja mirnodopskih zaliha pogonskog goriva na pumpnim stanicama, *Vojnotehnički glasnik*, vol. 59, broj 2, pp. 60-77, Beograd 2011,
- [2] Jovanović V. “Primena RFID tehnologije u kontroli točenja goriva i perspektiva implementacije u Vojsci Srbije” Zbornik radova, konferencija YUINFO 2012, str. 482 – 487, Kopaonik 2012,
- [3] Generalštab VJ, SbU, Pravilo o korišćenju motornih vozila Vojske u miru i ratu, Beograd, 1995.; strana 21-44.
- [4]<http://www.deltapetrol.com/index.php/veeder-root?id=141>
- [5]<http://itrack.rs/potpuna-kontrola-nad-gorivom.html>.
- [6][http://www.satelitskinadzor.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=59](http://www.satelitskinadzor.net/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=59).
- [7]<http://www.dmdm.rs/Lokalno/duzina/D-12-023.pdf>.
- [8]<http://www.koracell.hr/index.php?option>
- [9]<http://www.mobilnopracenje.com/o-mobilnom-pracenju/kontrola-goriva>

# PRIMENA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE KOD IZBORA VOJNIH RONILACA ZA PODVODNO RAZMINIRANJE

## APPLICATIONS MULTI-CRITERIA ANALYSIS FOR CHOICE MILITARY DIVING FOR UNDERWATER DEMINING

Šerif Bajrami, Dejan Kršljanin,

*Vojska Srbije*

**Sadržaj** – Složenost i rizičnost razminiranja, a posebno kada se protivminski zadatak realizuje pod vodom, čini izbor najboljeg ronioca za zadatak životno važnim. U radu je istaknut značaj primene višekriterijumske analize u izboru najobučenijih, najiskusnijih i trenutno najsposobnijih ronilaca za izvršenje podvodnog razminiranja.

**Abstract** - This paper presents the importance of the application of multi-criteria analysis in the selection of the best trained, most experienced and most capable current divers for underwater demining execution.

### 1. UVOD

Realne probleme i situacije u stvarnom životu karakteriše veći broj, uglavnom konfliktnih, kriterijuma čija je stroga optimizacija nemoguća. Primena višekriterijumske analize (VKA) donosiocu odluke (DO) pomaže da, putem pomirenja svih kriterijuma, različitih preferenci i suprotstavljenih interesa, donese najbolje kompromisno rešenje ili tačnije jedno od najboljih rešenja. Podvodno razminiranje predstavlja realan problem sa kojim se naše društvo suočava. Problemi odlučivanja u planiranju i izvršenju protivminskih zadataka su slabo strukturirani, a moguće odluke nedovoljno ili neprecizno definisane. Da bi se teškoće uklonile, koriste se heurističke tehnike zasnovane na ekspertskim znanjima. U ovom istraživanju, unapređenje procesa donošenja odluke realizovano je primenom metodologije analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP).

### 2. PODVODNO RAZMINIRANJE U VOJSCI SRBIJE

Nosilac podvodnog razminiranja na unutrašnjim plovnim putevima Republike Srbije su snage Rečne flotile Vojske Srbije. Razminiranje je aktivnost neutralisanja ili uklanjanja mina iz neke oblasti. Mine su noviji izum i ima ih u naoružanju svih armija sveta, relativno jeftino i vrlo efikasno oružje, lako se postavljaju, a vrlo teško uklanjaju. Osnovni cilj razminiranja je otkrivanje i uništavanje podvodnih mina, čime se stvaraju povoljni uslovi za manevar brodova i nesmetano odvijanje rečnog saobraćaja.

Za izvršavanje zadataka u složenim situacijama protivminski ronilac mora biti: vrhunski obučen, adekvatno opremljen, iskusen, ronilački iskondicioniran i fizički spreman. [1] Izbor ronioca za podvodno razminiranje mora se bazirati na kvalitetnom vrednovanju svakog ronioca, a u odnosu na zadati skup kriterijuma. Problem pri izboru najboljeg ronioca je što

DO vrednovanje vrši uglavnom na osnovu kriterijuma obučenosti ne uzimajući u obzir ostale kriterijume, pa se problem višekriterijumskog odlučivanja (VKO) svodi na jednokriterijumsko odlučivanje.

### 3. VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE

Primena modela VKO, podrazumeva izbor jednog od više mogućih alternativnih rešenja za koja se postavljaju određeni ciljevi.[2] Pored ciljeva neophodno je definisati i kriterijume uz koje se pridružuju odgovarajuće težine, na osnovu kojih je moguće oceniti ostvarivost ciljeva. Težinama se definiše značaj učešća pojedinih kriterijuma pri donošenju odluke (izboru). Konačnu odluku o izboru kriterijuma i definisanju njihovog značaja donosi ekspert, najčešće na osnovu svojih ekspertskih znanja i profesionalnog iskustva. Spektar problema VKO je širok, a neki zajednički elementi su:

1. veći broj kriterijuma, odnosno atributa za odlučivanje, koje kreira donosilac odluke;
2. konflikt među kriterijumima, najčešći slučaj kod realnih problema;
3. neuporedive jedinice mere za različite kriterijume;
4. veći broj alternativa (rešenja) za izbor i
5. proces izbora jednog konačnog rešenja. [3]

VKO je, prema petom elementu, podeljeno na višeciljno odlučivanje (VCO) i višeatributivno odlučivanje (VAO) ili višekriterijumsku analizu (VKA). Veoma često se termini VCO i VAO koriste da predstavljaju istu klasu modela, odnosno, sinonimi su za VKO.

	VAO	VCO
KRITERIJUM (definisan)	ATRIBUTIMA	CILJEVIMA
CILJ	IMPLICITAN (loše definisan)	EKSPLICITAN
ATRIBUT	EKSPLICITAN	IMPLICITAN
OGRANIČENJA	NEAKTIVAN (uključena u atribute)	AKTIVAN
AKCIJA (alternative)	KONAČAN BROJ diskretne	BESKONAČAN BROJ kontinualne
INTERAKCIJA SA DONOSIOCEM ODLUKE	NIJE IZRAZITA	IZRAZITA
PRIMENA	IZBOR/EVALUACIJA	PROJEKTOVANJE

Tabela 1.1. Razlika osobina dve navedene grupe

Saglasno uporednom pregledu karakteristika VKO zaključuje se da VAO, više nego VCO, odgovara strukturi problema izbora najboljeg ronioca za zadatak. U daljem istraživanju pažnja je usmerena na primeni VKA u funkciji podrške DO u izboru, donošenju odluke.

**4. VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA**

Model VKA, odgovara loše strukturiranim problemima i ima sledeću opštu matematičku formulaciju:

$$\text{Max}\{ f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), n \geq 2 \}$$

Pri ograničenjima

$$x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (2)$$

gde su:

n – broj kriterijuma (atributa), j = 1, 2, ..., n,

m – broj alternativa (akcija), i = 1, 2, ..., m,

fj – kriterijumi (atributi), j = 1, 2, ..., n,

ai – alternative (akcije) za razmatranje, i = 1, 2, ..., m,

A – Skup svih alternativa (akcija).

Pri tome su poznate vrednosti (fij) svakog razmatranog kriterijuma (fj) dobijen sa svakom od mogućih alternativa (ai):

$$f_{ij} = f_j(a_i) \quad \forall (i,j); i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n.$$

Svaki atribut treba da obezbedi sredstvo ocene (evaluacije) nivoa jednog kriterijuma (cilja). Veći broj atributa treba da karakteriše svaku akciju (alternativu) i oni se biraju na osnovu izabranih kriterijuma od strane donosioca odluke.

Prikaz problema višeatributivnog odlučivanja predstavlja matična forma u kojoj se prikazuju vrednosti kriterijuma za pojedine alternative.

**5. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES**

Unazad nekoliko decenija pa na ovamo, razvijen je veliki broj metoda, koji su u stanju da više ili manje uspešno reše većinu realnih problema VKA. Reprezentovani skup metoda podeljen u tri grupe, i to:

I. Prema tipu informacija o atributu ili akciji:

- Metoda dominacije,
- MAXMIN metoda,
- MAXMAX metoda.

II. Prema karakteristikama potrebnih informacija:

- Konjunktivna metoda,
- Disjunktivna metoda,
- Leksikografska metoda,
- Metoda jednostavnih aditivnih težina,
- Metoda Hijerarhijskih aditivnih težina,
- Metoda hijerarhijske razmene.

III. Prema iskazu o preferenci od strane DO za svaku akciju:

- Metoda linearnog dodeljivanja. [4]

Analitičko hijerarhijski proces (AHP) je jedan od često primenjivanih metoda VKA. AHP predstavlja metodu VKO, kreiranu radi pružanja pomoći DO u rešavanju kompleksnih problema odlučivanja u kojima učestvuje veći broj donosioca odluka, veći broj kriterijuma i u višestrukim periodima. Primenom AHP se svi podaci o elementima odlučivanja, za svako alternativno rešenje, odgovarajućim postupcima objedinjuju u jednu numeričku vrednost, na osnovu kojih se formira njihova rang lista. Metodološki, AHP je tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju. Cilj se nalazi na vrhu hijerarhije, a kriterijumi, podkriterijumi i alternative su na nižim nivoima. Svi delove hijerarhije su u vezi, i vidi se kako promena jednog kriterijuma utiče

na ostale kriterijume. Rešavanje problema odlučivanja često je veoma kompleksno zbog prisustva konfliktnih ciljeva među raspoloživim kriterijumima ili alternativama. Primena AHP podržana je softverski, sistemom za podršku odlučivanju Expert Choice. AHP obuhvata četiri osnovne faze: **strukturiranje problema, prikupljanje podataka, ocenjivanje relativnih težina i određivanje rešenja problema.** [4]

*Strukturiranje problema* se sastoji od dekomponovanja kompleksnog problema i odlučivanja u seriju hijerarhija, gde svaki nivo predstavlja manji broj upravljivih atributa koji se potom dekomponuju u drugi skup elemenata koji odgovara sledećem nivou.

*Prikupljanje podataka* je faza AHP u kojoj DO dodeljuje relativne ocene u parovima atributa, jednog hijerarhijskog nivoa i to za sve nivoe celokupne hijerarhije. Najpoznatija skala koja se koristi dodeljivanje težina je Saaty-jeva skala devet-tačaka.

Skala	Objašnjenje/Rangiranje
9	Apsolutno najznačajnije/najpoželjnije
8	Veoma snažno ka apsolutno najznačajnijem/najpoželjnijem
7	Veoma snažno ka veoma značajnom/poželjnom
6	Snažno ka veoma snažnom
5	Snažnije više značajno/poželjno
4	Slabije ka više snažnijem
3	Slabije više značajno/poželjnije
2	Podjednako ka slabijem više
1	Podjednako značajno/poželjno
0,50	Podjednako ka slabijem manjem
0,33	Slabije manje značajno/poželjno
0,25	Slabije ka snažno manjem
0,20	Snažno manje značajno/poželjno
0,17	Snažno ka veoma snažnom/manjem
0,14	Izuzetno snažno manje značajno/poželjno
0,13	Veoma snažno ka apsolutno manjem
0,11	Apsolutno najmanje značajno/poželjno

Tabela 1.2. Skala devet tačaka

*Ocenjivanje relativnih težina* podrazumeva da se matrica poređenja, po parovima, prevodi u probleme određivanja sopstvenih vrednosti, radi dobijanja normalizovanih i jedinstvenih sopstvenih vektora, sa težinama za sve attribute na svakom nivou hijerarhije.

*Određivanje rešenja problema* podrazumeva nalaženje tzv. kompozitnog normalizovanog vektora.

**6. PRIMENA VKA U IZBORU RONILACA**

Postupak utvrđivanja najboljeg vojnog ronioca za zadatak predstavlja problem koji razmatramo VKA, primenom AHP metode.

**Strukturiranje problema:** Za izbor optimalnog rešenja koristimo tri glavna kriterijuma sa podkriterijumima u odnosu na koje ćemo posmatrati izabrane alternative. Podatke o ronionicima uzimamo iz dnevnika ronjenja, ronilačkih knjižica i kadrovske evidencije. Formulisanje

alternativnih rešenja i odbacivanje onih koji nezadovoljavaju definisane kriterijume, u posmatranom slucaju, izbor svodi na šest pripadnika ronilacke cete koji su na osnovu prikupljenih podataka ispunili kriterijume. Alternative- vojne ronioce u ovom radu označavaćemo sa

$$\sum_{J=1}^6 RJ$$

Vrednovanje izabranih šest alternativa vrši se preko kriterijuma za rangiranje alternativa:

**K<sub>1</sub> - Obučenost ronilaca** (nivo stručne i borbene osposobljenosti ronioaca).

**K<sub>11</sub> - Poznavanje ronilackog aparata** (procenjuje se stepen poznavanja namene, funkcionisanja, održavanja, provere i upotrebe ronilackog aparata za zadatak).

**K<sub>12</sub> - Rad sa eksplozivom** (osposobljenost ronioaca).

**K<sub>13</sub> - Poznavanje podvodnih mina** (stepen poznavanja vrste, namene, princip dejstva, mogućnost neutralisanja i način uništavanja podvodnih mina).

**K<sub>14</sub> - Broj završenih kurseva i stručnih usavršavanja** (stepen usavršavanja i unapređenja znanja i veština).

**K<sub>2</sub> - Iskustvo ronilaca.** (nivo prakse, znanja, navika i veština stečenih u ronilackoj službi).

**K<sub>21</sub> - Broj izvršenih protivminskih zadataka** (iskustvo ronioaca u izvršavanju protivminskih zadataka).

**K<sub>22</sub> - Vremenski period provedenog u ronilackoj službi,** direktno proporcionalno utiče na iskustvo jednog ronioaca.

**K<sub>3</sub> - Trenutna sposobnost.** (stepen usvojenih veština i umeća)

**K<sub>31</sub> - Fizička sposobnost.**

**K<sub>32</sub> - Iskondiciranost ronioaca** (ukupan broj ostvarenih sati ronjenja u poslednje dve nedelje).

**Prikupljanje podataka:** Nakon evaluacije dodeljujemo relativnu ocenu u parovima atributa jednog hijerarhijskog nivoa, za date attribute sledećeg, višeg hijerarhijskog nivoa. Poređenje parova kriterijuma, podkriterijuma i alternativa vršeno je na osnovu konsenzusa preferenci eksperata iz ove oblasti primenom Saaty-jeve skale. Po zavšetku ove faze modeliranja dobiće se odgovarajuće matrice upoređivanja po parovima koja odgovara svakom nivou hijerarhije. Matrice poređenja prikazane su u sledećim tabelama:

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
K <sub>1</sub>	1	3	4
K <sub>2</sub>	(3)	1	3
K <sub>3</sub>	(4)	(3)	1

Tabela 1.3. Poređenje parova glavnih kriterijuma sa ciljem – elementi I nivo hijerarhijskog modela

	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
K <sub>11</sub>	1	2	(3)	(4)
K <sub>12</sub>	(2)	1	(4)	(5)
K <sub>13</sub>	3	4	1	(2)
K <sub>14</sub>	4	5	2	1

Tabela 1.4. Poređenje parova podkriterijuma sa glavnim kriterijumom K<sub>1</sub> – elementi II nivo hijerarhijskog modela

Po istoj metodologiji vršimo poređenje parova:

– podkriterijuma sa glavnim kriterijumom K<sub>2</sub> – elementi II nivo hijerarhijskog modela

– podkriterijuma sa glavnim kriterijumom K<sub>3</sub> – elementi II nivo hijerarhijskog modela

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
R1	1	2	3	(2)	(2)	4
R2	(2)	1	2	(3)	(3)	3
R3	(3)	2	1	(4)	(4)	2
R4	2	3	4	1	1	6
R5	2	3	4	1	1	6
R6	(4)	(3)	(2)	(6)	(6)	1

U Tabeli 1.5. dato je Poređenje parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>11</sub> – elementi III nivo hierarh. modela

Po istoj metodologiji vršimo poređenje:

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>12</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>13</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>14</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>21</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>22</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>31</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

– parova alternativa sa podkriterijumom K<sub>32</sub> – elementi III nivo hijerarhijskog modela

**Ocenjivanje relativnih težina:** Na osnovu dobijenih matrica u prethodnoj fazi, dalje se vrši ocenjivanje relativnih težina atributa i kao krajnji rezultat se dobijaju normalizovani i jedinstveni sopstveni vektori za sve attribute na svakom nivou hijerarhije.[4] Za proračun se često koristi softverski paket Expert Choice, koji može i da prati kompletan tok AHP. Proračun se može vršiti i primenom sledećeg postupka:

- pomnožiti n elemenata u svakom redu i naći n-ti koren.
- Normalizovati dobijene rezultate.

Računanje vektora prioriteta za glavne kriterijume prikazan je u Tabeli 1.6.

Po ovom metodu, prvo pomnožimo elemente jednog reda, a zatim izračunamo n-ti koren iz tog proizvoda. Dobićemo vektor kolonu [2.2894; 0.9996; 0.4366;]. Kada saberemo elemente vektora i svaki element podelimo sa dobijenom sumom, dobijamo normalizovanu vektor kolonu.

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> ·K <sub>2</sub> ·K <sub>3</sub>	$\sqrt[3]{K_1 * K_2 * K_3}$	VEKTOR PRIORITETA
K <sub>1</sub>	1	3	4	12	2.2894	0.614
K <sub>2</sub>	(3)	1	3	0.999	0.9996	0.268
K <sub>3</sub>	(4)	(3)	1	0.0832	0.4366	0.117
				Σ	3.7256	

Tabela 1.6. Izračunavanje vektora prioriteta  
Suma vektora kolone je 3.7256. Kada izvršimo deljenje, dobijamo vektor prioriteta. Istom metodom smo izračunali vektor prioriteta za sve ostale elemente na



svakom hijerarhijskom nivou. Dobijeni rezultati vektora prioriteta za podkriterijume glavnog kriterijuma  $K_1$  prikazani su u Tabeli 1.7.

	$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{13}$	$K_{14}$	$K_{11} * K_{12} * K_{13} * K_{14}$	$\sqrt[4]{K_{11} * K_{12} * K_{13} * K_{14}}$	VEKTOR PRIORITETA
$K_{11}$	1	2	(3)	(4)	0.1665	0.6388	0.1248
$K_{12}$	(2)	1	(4)	(5)	0.025	0.3976	0.0777
$K_{13}$	3	4	1	(2)	6	1.5651	0.3058
$K_{14}$	4	5	2	1	40	2.5149	0.4915
					$\Sigma$	5.1164	

Tabela 1.7. Izračunavanje vektora prioriteta za podkriterijume glavnog kriterijuma  $K_1$ 

Primenom iste metodologije izračunavamo vektore prioriteta za:

1. podkriterijume glavnog kriterijuma  $K_2$
2. podkriterijume glavnog kriterijuma  $K_3$

Potom računamo vektor prioriteta za alternative za podkriterijume  $K_{11}$ .

Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 1.8.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	$R1 * R2 * R3 * R4 * R5 * R6$	$\sqrt[6]{R1 * R2 * R3 * R4 * R5 * R6}$	VEKTOR PRIORITETA
R1	1	2	3	(2)	(2)	4	6	1.348006	0.17719
R2	(2)	1	2	(3)	(3)	3	0.332667	0.832406	0.109417
R3	(3)	(2)	1	(4)	(4)	2	0.020813	0.52447	0.06894
R4	2	3	4	1	1	6	144	2.289428	0.300937
R5	2	3	4	1	1	6	144	2.289428	0.300937
R6	(4)	(3)	(2)	(6)	(6)	1	0.001155	0.32393	0.042579
							$\Sigma$	7.607668	

Tabela 1.8. Izračunavanje vektora prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{11}$ 

Po istoj metodologiji vršimo izračunavanje:

- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{12}$
- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{13}$
- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{22}$
- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{31}$
- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{32}$

- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{14}$
- vektor prioriteta za alternative za podkriterijuma  $K_{21}$

Dobijeni rezultati vektor prioriteta (kriterijumi i podkriterijumi) I i II nivoa hijerarhijskog modela prikazani su u Tabeli 1.9. i vektor prioriteta elemenata (alternative) III nivoa hijerarhijskog modela u tabeli 1.10:

Kriterijum	Težina Kriterijuma	Podkriterijum	Težina podkriterijuma
$K_1$	0.614	$K_{11}$	0.1248
		$K_{12}$	0.0777
		$K_{13}$	0.3058
		$K_{14}$	0.4915
$K_2$	0.268	$K_{21}$	0.7501
		$K_{22}$	0.2499
$K_3$	0.117	$K_{31}$	0.2499
		$K_{32}$	0.7501

Tabela 1.9. Vektori prioriteta elemenata (kriterijumi i podkriterijumi) I i II nivoa hijerarhijskog modela

**Određivanje rešenja problema** je poslednja faza koja podrazumeva nalaženje jedinstvenog kompozitnog vektora za celokupnu hijerarhiju, koji će se odrediti množenjem vektora težine svih sukcesivnih nivoa. Taj kompozitni vektor će se potom koristiti za nalaženje

relativnih prioriteta svih entiteta na najnižem (hijerarhijskom) nivou, što omogućava dostizanje postavljenih ciljeva celokupnog problema. [3]

Alternativa	Učešće alternative u odnosu na svaki podkriterijum							
	OBUČENOST $K_1$				ISKUSTVO $K_2$		SPOSOBNOST $K_3$	
	$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{13}$	$K_{14}$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{31}$	$K_{32}$
R1	0.17719	0.153963	0.218051	0.085356	0.241861	0.097091	0.283663	0.361562
R2	0.109417	0.094444	0.366432	0.139339	0.371464	0.097091	0.140531	0.217107
R3	0.06894	0.049547	0.164992	0.079238	0.077005	0.097091	0.037689	0.12084
R4	0.300937	0.406017	0.101901	0.327662	0.155036	0.338378	0.093101	0.039764
R5	0.300937	0.266716	0.097131	0.327662	0.123052	0.338378	0.052686	0.028442
R6	0.042579	0.029313	0.051493	0.040743	0.031581	0.031969	0.39233	0.232285

Tabela 1.10. Vektori prioriteta elemenata (alternative) III nivoa hijerarhijskog modela

Dobijeni rezultati, vrednovanje i rangiranje ronioca za podvodno razminiranje prikazani su u Tabeli 1.11.

Primenom AHP metode najbolji ronilac za podvodno razminiranje je **ronilac pod rednim brojem 2**.

ALTERNATIVA	VREDNOST KOMPOZITNOG NORMALIZOVANOG VEKTORA			$\Sigma$	RANG
	$K_1$	$K_2$	$K_3$		
R1	0.087623	0.055123	0.040025	0.182771	4
<b>R2</b>	<b>0.123742</b>	<b>0.081177</b>	<b>0.023163</b>	<b>0.228081</b>	<b>1</b>
R3	0.062538	0.021983	0.011707	0.096228	5
R4	0.160445	0.053829	0.006212	0.220486	2
R5	0.152904	0.047399	0.004037	0.20434	3
R6	0.026625	0.00849	0.031857	0.066972	6

Tabela 1.11. Rangiranje definisanih alternativa – vojni ronilac

## 7. ZAKLJUČAK

Podvodno razminiranje je jedan od najopasnijih zadataka u Vojsci Srbije. Naučna zasnovanost sprovedenog postupka odlučivanja primenom AHP metode kod izbora najboljeg ronioca za podvodno razminiranje u znatnoj meri smanjuje rizik od neželjenih posledica lošeg izbora DO, u realizaciji borbenih zadataka.

Na osnovu dobijenih rezultata, vojni ronilac (R2) predstavlja najbolji izbor za podvodno razminiranje. Prihvatanjem predloga odluke, DO izbegava subjektivnost u odlučivanju, a snaga autoriteta i vojničkog čina pojačava se snagom argumenata. Vreme za donošenje odluke se smanjuje, a naprezanje DO prilikom VKO minimizira.

Složen i zahtevan proces izvršenja zadataka u VS, koji pored predvidljivih i merljivih činilaca karakterišu i činioči koji su nepredvidivi, neizvesni i rizični po ljudske živote nameće potrebu da dalja istraživanja u ovoj oblasti, budu usmerena na primeni ili kombinovanju AHP metode sa drugim metodama VKO.

## LITERATURA

- [1] SSNO, ZNGŠ OS za RM, *Rečna ratna flotila – borbena pravilo*, Vojna štamparija – Split, 1988, str. 48.
- [2] Pandžić, S., Pandžić, J. *Višekriterijumsko odlučivanje pri izboru najpovoljnije geodetske mernetehlike za snimanje na površinskim kopovima uglja*, Zbornik radova XXXIX Simpozijuma o operacionim istraživanjima, Tara, septembar 2012, str. 199 – 202
- [3] Hwang, C.L., YOON, K., *Multiple Attribute Decision Making, Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer – Verlag, Berlin
- [4] Čupić, M., Suknović, M., *Odlučivanje*, Falkutet organizacionih nauka, Beograd, 2010.god.

# PRIMENA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U PROCENI BEZBEDNOSNE PRETNJE INFORMACIONO-KOMUNIKACIONOM SISTEMU

## APPLICATION DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE ASSESMENT OF THE SECURITY THREAT TO INFORMATION-COMUNICATION SYSTEMS

Dejan Kršljanin, Branko Vujatović

Vojska Srbije

**Sažetak:** U radu je razmatrana mogućnost primene poslovne inteligencije u rešavanju problema informacione bezbednosti, kroz primenu osnovnih koncepata. Višekriterijumska analiza realizovana je AHP (Analytic Hierarchy Process) metodom. U istraživanom modelu VKA, analizirana su dva kriterijumska nivoa sa tri alternative. Kao podrška odlučivanju razmatran je softverski alat Expert Choice.

**Abstract:** This paper considers the possibility of using business intelligence to solve the problem of information security through the application of basic concepts. Multi-criteria analysis is realized AHP (Analytic Hierarchy Process) method. In the studied model, we analyzed the two criterion levels with three alternatives. As a decision support software tool discussed Expert Choice.

### 1. UVOD

Stalne promene informacionog ambijenta i uslova, izloženost IKT sistema rizicima i pretnjama bezbednosti, uzrok su velike odgovornosti za donosiocce odluka (DO), te je potrebna stalna i stručna podrška u izboru optimalnog načina za rešavanje problema. Za nesmetano funkcionisanje IKT sistema neophodno je postojanje informaciono bezbednog ambijenta. Stvaranje potrebnog ambijenta postaje univerzalna bezbednosna vrednost i cilj.

Sistemi za podršku odlučivanju (SPO) su bazirani na primeni IKT u svrhu podržavanja DO u procesu donošenja odluka i predstavljaju spoj IKT sistema, primene niza funkcionalnih znanja i donošenja odluka. SPO podržavaju proces odlučivanja od faze formulacije problema, projektovanja, izbora, do implementacije. Podrškom odlučivanju za DO se obezbeđuju tačne, pravovremene i relevantne informacije. Sistemi za podršku odlučivanju ne mogu zameniti donosioca odluke.

U radu su sagledane: vrednosti IKT sistema (informacionih dobara), analiza bezbednosnih rizika i pretnji prema sistemu, višekriterijumska analiza primenom AHP podržana softverskim alatom Expert Choice, kao i mogućnosti unapređenja upravljanja u sferi informacione bezbednosti (IB) u donošenju odluka.

Namera autora je da pažnju DO pri rešavanju problema IB u IKT i sajber ambijentu, usmeri ka korišćenju SPO u primeni koncepata poslovne inteligencije (PI).

### 2. INFORMACIONO-KOMUNIKACIONI SISTEMI

Informaciono-komunikacioni sistem (IKT sistem) može biti:

– elektronska komunikaciona mreža u smislu zakona koji uređuje elektronske komunikacije; uređaj ili grupa

međusobno povezanih uređaja, takav da se u okviru tog uređaja, odnosno u okviru barem jednog iz te grupe uređaja, vrši automatska obrada podataka u skladu sa računarskim programom;

– računarski podaci koji se pohranjuju, obrađuju, pretražuju ili prenose pomoću stvari iz (1) i (2), a u svrhu njihovog rada, upotrebe, zaštite ili održavanja. Informacioni sistem je skup komponenata organizovanih tako da omogućuju registrovanje, prikupljanje, prenos, obradu, skladištenje, analizu i distribuciju informacija za različite namene.

Rizik je mogućnost narušavanja IB, odnosno mogućnost narušavanja tajnosti, integriteta, raspoloživosti, autentičnosti ili neporecivosti podataka ili narušavanja ispravnog funkcionisanja IKT sistema. Upravljanje rizikom je sistematičan skup mera koji uključuje planiranje, organizovanje i usmeravanje aktivnosti kako bi se obezbedilo da rizici ostanu u propisanim i prihvatljivim okvirima.

Informaciona bezbednost predstavlja skup mera koje omogućavaju da IKT sistem zaštiti tajnost, integritet, raspoloživost, autentičnost i neporecivost podataka kojima se rukuje putem tog sistema i da bi taj sistem funkcionisati kako je predviđeno, kada je predviđeno i pod kontrolom ovlašćenih lica. Detaljnije videti u [1].

Pretnje u sajber prostoru:

- karakteriše izrazita dinamičnost, veliki broj pojava formi, konstantno širenje na nove oblasti paralelno sa većom upotrebom računara i globalnih računarskih mreža, težina i teška sagledivost posledica, veliki broj počinitelaca, otežano otkrivanje i dokazivanje, specifičan profil počinitelaca, velike mogućnosti za prikrivanje učinjenog dela itd.
- predstavljaju društvenu opasnost zbog stalnog usavršavanja tehnika, jednostavnog izvršenja određenih dela kao i velike baze odakle se regrutuju počinioci. Teško je definisati pretnje u sajber prostoru kao što je i teško identifikovati izvor i motiv napadača.
- moгу biti kriminalnog ili nekriminalnog porekla i međunarodnog ili nemeđunarodnog karaktera.

Potencijalni napadači (izvori pretnji) su:

- pojedinci sa kriminalnim namerama
- kriminalci (pojedince, grupe i organizovani kriminal),
- teroristi i raznorodne ekstremističke grupe
- države (prijateljske i/ili neprijateljske), bez obzira na njihov motiv (krađa, prevara, špijunaža, uticaj ili ratovanje).

### 3. SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Donošenje odluke kojom rešavamo određeni problem, podrazumeva izbor jedne iz skupa alternativa, pri čemu je uslov da u skupu postoje najmanje dve alternative. [5]

Proces donošenja odluke zahteva određenu podršku, koja je potrebna iz najmanje tri razloga: [4] [5]

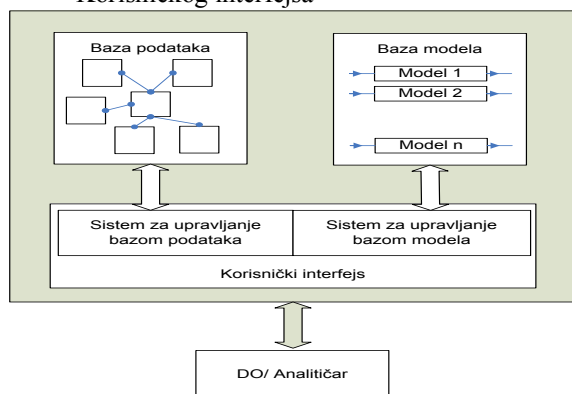
- velika količina podataka koje treba obraditi u određenom vremenu, uz često prisutnu nesrazmernost: ogromna količina podataka- vrlo malo vremena;
- ograničenost DO u raspoloživom vremenu za odlučivanje, koje je po pravilu pojedincu nedovoljno za obradu svih podataka koji su na raspolaganju;
- ispravna odluka je paradigma procesa upravljanja: ugled DO i uspeh organizacije meri se kvalitetom donetih odluka.

Uspešnost u obradi velike količine podataka i donošenje pravovremene odluke zahteva integrisanje podataka u poslovni proces na takav način da DO dobiju prave informacije i znanje za donošenje ispravnih odluka u rešavanju problema ili realizaciji procesnih funkcija upravljanja. [4]

Sistemi za podršku odlučivanju su informacioni sistemi, koji su slični i komplementarni standardnim IS i imaju za cilj da podržavaju, uglavnom, poslovne procese donošenja odluka. Predstavljaju simbiozu informacionih sistema, primene niza funkcionalnih znanja i tekućeg procesa donošenja odluka. [4]

Svaki SPO sastoji se od, najmanje, tri podsistema (Sl. 1.):

- Baze podataka
- Baze modela i
- Korisničkog interfejsa



Slika 1. Komponente sistema za podršku odlučivanju

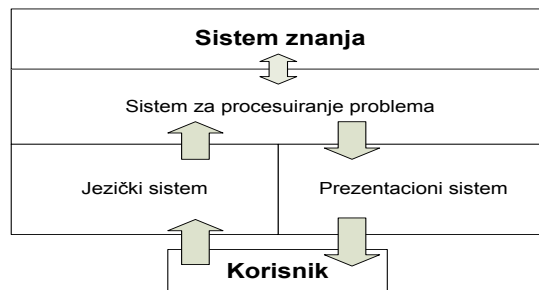
SPO su u razvoju evoluirali i u današnje vreme ih prepoznajemo u dve veoma korišćene tehnologije za podršku odlučivanju na svim nivoima donošenja odluka:

- Poslovna inteligencija (PI), služi za podršku u polustrukturiranim i nestrukturiranim situacijama odlučivanja, na strateškom i taktičkom nivou i
- Upravljanje resursima preduzeća (ERP, engleski: Enterprise Resources Planning) podržava odlučivanje na operativnom i taktičkom nivou u uslovima strukturane i polustrukturane situacije odlučivanja.

Poslovna inteligencija (engleski: Business Intelligence) je skup IT, organizacionih pravila kao i znanja i veština zaposlenih u organizaciji udruženih u generisanju, zapisivanju, integraciji i analizi podataka sve sa ciljem da se dođe do potrebnog znanja za donošenje odluke. [4] Pod

PI se najčešće podrazumevaju i oblasti: (1) skladište podataka i (2) otkrivanje zakonitosti u podacima (eng.: Data mining).

Sagledavanjem generičkog SPO (Sl. 2.) mogu se predvideti budući sistemi PI. Generički okvir za SPO treba da omogući efikasnu komunikaciju između DO i podataka organizacije.



Slika 2. Generički model sistema za podršku odlučivanju

Kao što je odlučivanje imanento svim procesnim funkcijama upravljanja (organizacione funkcije), tako je i podrška odlučivanju sadržana u svim sistemima razvijenim da podrže organizacione funkcije. Strukturu sistema PI (Sl.3.) sačinjavaju:

- Transakcioni (operativni) sloj,
- Integrativni sloj i
- Analitički sloj



Slika 3. Struktura sistema PI

### 4. PROCENA UGROŽENOSTI IKT SISTEMA

Procena ugroženosti IKT sistema izvršena je primenom Analytical Hierarchy Process (AHP) metode koja spada u red najpoznatijih i najviše korišćenih metoda višekriterijumskog odlučivanja VKO. [5] Izradu matematičkog modela VKO realizujemo u četiri koraka.

1. Definisane ulaznih podataka (kriterijume i alternative) na osnovu kojih se izrađuje hijerarhijska struktura modela za VKO.
2. Upoređivanje elemenata, u parovima, na svakom nivou hijerarhijske strukture. DO daje podatke o važnosti jednog elementa u odnosu na drugi. Odnos elemenata prikazujemo uz pomoć odgovarajuće Saaty-ve tabele relativne važnosti.
3. Izračunavanje težine kriterijuma, podkriterijuma i alternativa, nakon izvršene procene relativne važnosti elemenata po nivoima hijerarhijske strukture.
4. Analiza osetljivosti.

Da bi se izbegao subjektivni uticaj na izradu modela, AHP omogućava praćenje konzistentnosti procene u svakom delu postupka upoređivanja parova elemenata. Konzistentnost se prati pomoću indeksa konzistencije CI, (1)

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

Prema dobijenom indeksu konzistentnosti CI, računamo veličinu konzistentnosti CR, (2)

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.10 \quad (2)$$

gde je RI (Random Index Inconsistency) indeks konzistentnosti za matrice reda n slučajno generisanih upoređivanjem u parovima. Koristimo tablicu sa izračunatim vrednostima, prikaz slučajnih vrednosti dat je u Tabeli 1. U Tabeli 2 data je prilagođena skala inteziteta vrednosti primenjena u proceni ugroženosti informacionog sistema. [3]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0,00	0,00	0,58	1,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,48
n	11	12	13	14	15					
R.I.	1,49	1,51	1,56	1,57	1,59					

Tabela 1. Vrednosti RI slučajnih indeksa

Intenzitet važnosti	definicija	objašnjenje
1	Nizak nivo	kriterijumi jedan u odnosu na drugi su po važnosti isti
3	Srednji nivo	jedan kriterijum je nešto veće važnosti u odnosu na drugi kriterijum
5	Visok nivo	izuzetno važan kriterijum u odnosu na drugi kriterijum
2,4	međuvrednosti	

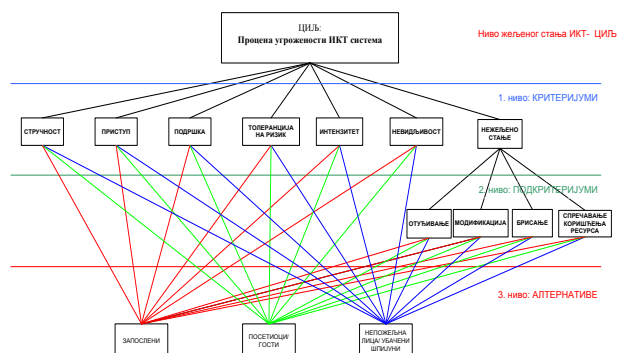
Tabela 2. Prilagođena skala relativne vrednosti

Za potrebe problemskog sagledavanja u ovom istraživanju, kao izvori pretnji prema IKT sistemu, informacionim dobrima i resursima, definisani su:

- zaposleni,
- posetioci ili gosti,
- nepoželjna lica.

Prema mogućim alternativama (izvor pretnji bezbednosti IKT sistema), a u cilju analize izvora pretnji, određujemo osnovne kriterijume: *Stručnost, Pristup, Podrška, Tolerancija na rizik, Intezitet, Nevidljivost i Neželjeno stanje*. Kriterijum „Neželjeno stanje“ ima podkriterijume definisane tablicom odlučivanja: Otušivanje, Modifikovanje, Brisanje i Sprečavanje korišćenja-pristupa resursima.

Na osnovu dobijenih kriterijuma i alternativa izrađujemo hijerarhijsku strukturu modela višekriterijumskog odlučivanja, po nivoima hijerarhije (Sl. 4).



Slika 4. Hijerarhijska struktura modela „Procene ugroženosti bezbednosti IKT sistema“

#### 4.1. Proračun težinskog koeficijenta

Dalje vršimo upoređivanje kriterijuma prema vrednostima iz Tabele 2., kriterijumskog 1. nivoa pa prema alternativnom nivou, a potom vršimo upoređivanja dva kriterijuma i dodeljivanja težinskog odnosa, pristupamo izračunavanju težinskog vektora, (3):

$$\bar{tv} = \frac{a_{ij}}{\sum a} \quad (3)$$

U Tabeli 3. dat je prikaz težinskog odnosa kriterijuma prvog nivoa.

	STRUČNOST	PRISTUP	PODRŠKA	TOLERANCIA NA RIZIK	INTEZITET	NEVIDLJIVOST	NEŽELJENO STANJE
STRUČNOST	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00
PRISTUP	0,33	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00
PODRŠKA	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	1,00	1,00
TOLERANCIA NA RIZIK	0,33	1,00	0,33	1,00	3,00	1,00	1,00
INTEZITET	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	5,00	5,00
NEVIDLJIVOST	0,20	0,33	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
NEŽELJENO STANJE	0,20	0,33	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
ukupno	9,20	6,67	6,67	9,33	11,20	16,00	17,00

Tabela 3. Težinski odnos kriterijuma

	STRUČNOST	PRISTUP	PODRŠKA	TOLERANCIA NA RIZIK	INTEZITET	NEVIDLJIVOST	NEŽELJENO STANJE	zbir	PV- težinski koeficijent	u %
STRUČNOST	0,31	0,45	0,15	0,32	0,27	0,31	0,29	2,1084	0,30	30,12
PRISTUP	0,10	0,15	0,45	0,11	0,09	0,19	0,18	1,2646	0,18	18,07
PODRŠKA	0,31	0,05	0,15	0,32	0,27	0,06	0,06	1,2231	0,17	17,47
TOLERANCIA NA RIZIK	0,10	0,15	0,05	0,11	0,27	0,06	0,06	0,8005	0,11	11,44
INTEZITET	0,10	0,15	0,05	0,04	0,09	0,31	0,29	1,0358	0,15	14,80
NEVIDLJIVOST	0,06	0,05	0,15	0,11	0,02	0,06	0,06	0,5088	0,07	7,27
NEŽELJENO STANJE	0,06	0,05	0,15	0,11	0,02	0,09	0,06	0,5356	0,08	7,65

Tabela 4. Izračunavanje težinskih vektora za kriterijume

U Tabeli 4. prikazani su rezultati izračunavanja vrednosti težinskog vektora za kriterijume 1. nivoa. Nakon dodeljivanja težinskog vektora vrši se izračunavanje težinskog koeficijenta za svaki kriterijum pojedinačno. Težinski koeficijent PV, dobijamo tako što po redovima računamo zbir težinskih vektora, rezultat podelimo sa brojem kriterijuma n (4):

$$PV = \frac{\sum a_{ij}}{n} \quad (4)$$

U našem modelu, indeks konzistentnosti je:  $\lambda = 0.1$ , a dobijene rezultate smatramo konzistentnim:

- indeks konzistentnosti ( $\lambda$ ) = 0.1
- $I_{max} = 7,0564$
- $CI = 0.0094$  – indeks konzistentnosti
- $CR = 0.0071$  – stepen konzistentnosti
- stepen konzistentnosti: zadovoljava

Iz navedenih podataka vidimo da indeks konzistentnosti dobijen iz rezultata težinskog vektora kriterijuma zadovoljava postavljeni uslov od 0,1 što ukazuje da je postupak dodeljivanja težinskih koeficijenata objektivno urađen. U suprotnom, aktivira se mehanizam povratne sprege i potrebno je vratiti se na Korak 2 u kome su dodeljene vrednosti upoređivanja dva kriterijuma treba korigovati, postupak ponoviti. Postupak se ponavlja za sve nivoe kriterijuma hijerarhijskog modela VKO.

Postupak izračunavanje težinskih vektora za alternative vrši se kao i izračunavanje težinskog vektora za kriterijumske nivoe, primenjena je i na nivou alternativa. U Tabeli 5. prikazan je odnos alternativa sa izračunatim težinskim vektorom prema zadatom kriterijumu.

po kriterijumu: STRUČNOST	ZAPOSLENI	POSETIOCI I GOSTI	UBAČENI ŠPIJUN	PRIORITET
ZAPOSLENI	1,00	1,00	1,00	1,00
POSETIOCI I GOS	1,00	1,00	1,00	1,00
UBAČENI ŠPIJUN	1,00	1,00	1,00	1,00
zbir	3,00	3,00	3,00	

Tabela 5. Proračun težinskog vektora za svaku alternativu prema zadatom kriterijumu

Postupak izračunavanja težinskog vektora alternativne se ponavlja za sve kriterijume, ponaosob.

Na osnovu izračunatih težinskih vektora kriterijuma kao i prioriteta vektora formiramo tabelu za prikaz rezultata alternativa prema zadatim kriterijumima. Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 6. Vrednost ukupnog prioriteta alternativa računamo (5):

$$UPA = \frac{\sum(PVi \cdot PRi)}{n} \quad (5)$$

Gde je: **UPA** – ukupan prioritet alternativne

- **PVi** – težinski koeficijent kriterijuma
- **PRi** – vrednost prioriteta alternativne prema zadatom kriterijumu
- **n**– broj kriterijuma.

Dobijeni rezultati se rangiraju po opadajućem redosledu,

	Kriterijumi i njihove težine										Ukupni prioritet alternativne	rang alternativne
	STRUČNOST	PRISTUP	PODRŠKA	TOLERANCIA NA RIZIK	INTEZITET	NEVIDLJIVOST	OTUĐIVANJE	MODIFIKACIJA	BRISANJE	SPREČAVANJE KORISNENJA RESURSA		
	0,30	0,18	0,17	0,11	0,15	0,07	0,49	0,23	0,13	0,14		
zaposleni	1,00	0,78	0,78	1,00	0,78	1,00	0,56	0,56	0,78	1,00	1,5278	3
posetioci i gosti	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,67	1,67	1,00	1,00	2,4498	2
nepoželjna lica	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,00	2,9757	1
	0,9036	0,6222	0,6018	0,3939	0,5997	0,2181	1,9168	0,9041	0,4583	0,4247		
	2	5	6	8	7	10	1	3	4	9		

najveća vrednost u našem slučaju je rangirana brojem 1.

Tabela 6. Konačan rang alternativa i kriterijuma

Bezbednost posmatranog IKT sistema je u najvećoj meri ugrožena od strane nepoželjnih lica. Navedeni izvor pretnje bezbednosti je alternativa najvišeg ranga, dok je kao bezbednosna pretnja IKT sistemu sa najvišim rangom, kriterijum „otuđivanje“.

Donosiocu odluke dobijeni rezultati analize ukazuju:

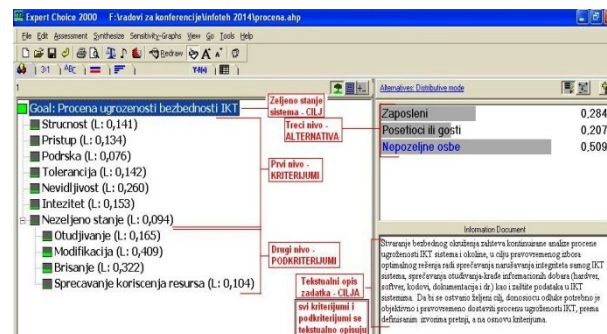
- da je IKT sistem primarno bezbednosno ugrožen od strane nepoželjnih lica i postoji izražen rizik od krađe informacionih dobara.
- potrebno je doneti adekvatnu odluku radi preduzimanja mera poboljšanja fizičko-tehničke zaštite IKT sistema i informacionih dobara.

#### 4.2. Primena sistema za podršku odlučivanju Expert Choice

Expert Choice je u potpunosti primenjiv za AHP i podržava sve korake u realizaciji metode. Omogućava struktuiranje problema kao i upoređivanje alternativa i kriterijuma u parovima na više načina. Ima mogućnost vizuelizacije analize osetljivosti utemeljene na jednostavnom interaktivnom načinu izmene težina kriterijuma i alternativa. Može da preuzima podatke iz

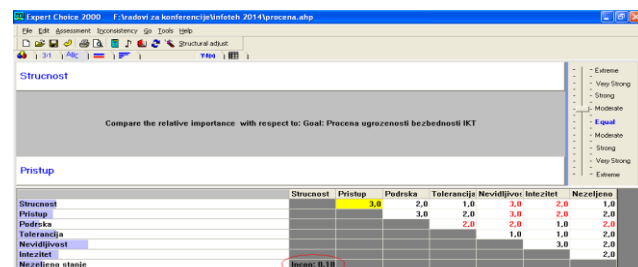
programskog paketa Microsoft Office i Oracle baze podataka.

Početak rada u programu Expert Choice bazira se na izradi hijerarhijske strukture sistema koji se analizira. Definišemo kriterijume prema nivoima kao i podkriterijume kao i alternative Svaki kriterijum može tekstualno da se opiše (Sl. 7).



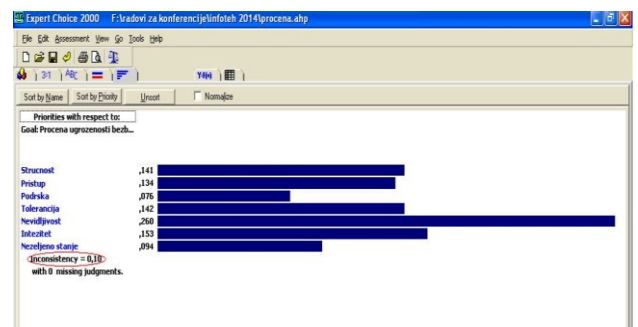
Slika 7. Hijerarhijska struktura u Expert Choice

Korišćenje sistema za podršku je postupno prema koracima AHP. Određivanje težinskih koeficijenata, postupno, prvo za kriterijume 1. nivoa dato je na (Sl.8.). Upoređivanjem dobijenog indeksa inkonzistentnosti vršimo izmene da bi dobili objektivni izlazni rezultat. Promene vrednosti težinskog koeficijenta treba da budu osmišljene, promenom jednog koeficijenta dolazi do refleksije na ostale vrednosti (promena nije linearna).



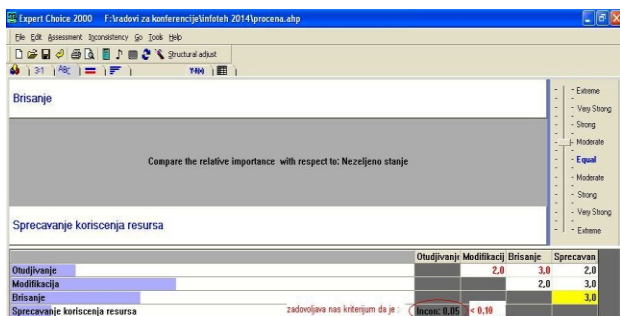
Slika 8. Određivanje težinskog koeficijenta za 1. Nivo

Ukupne prioritete kriterijuma nakon odrađenog upoređivanja dva kriterijuma prema definisanom cilju dato je na (Sl. 9). Ukupna inkonzistentcija težinskog vektora kriterijuma 1.nivoa je 0,10 što ispunjava naš uslov objektivnosti te se može reći da je model dobro struktuiran.



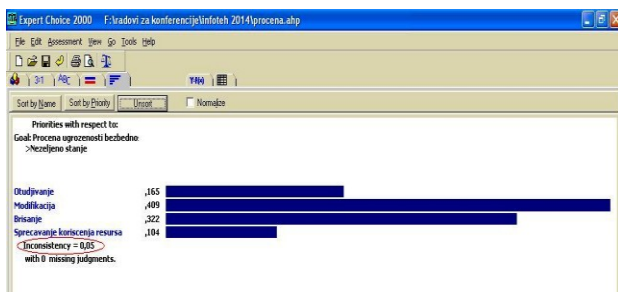
Slika 9. Prikaz težinskog koeficijenta kriterijuma 1. nivoa

Nakon izračunavanja težinskog koeficijenta kriterijuma 1. nivoa, određujemo težinski koeficijent kriterijuma 2.nivoa. Prikaz uporednih vrednosti 2.nivoa – podkriterijuma dato je na (Sl.10).



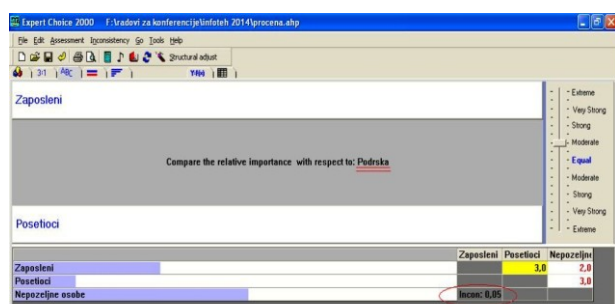
Slika 10. Proračun težinskih koeficijenata za kriterijume 2. nivoa – podkriterijume.

Ukupne prioritete podkriterijuma nakon odrađenog upoređivanja dva podkriterijuma prema definisanom kriterijumu dato je na (Sl. 11). Ukupna inkonzistencija težinskog vektora podkriterijuma je 0,05 što ispunjava naš uslov objektivnosti



Slika 11. Grafički prikaz težinskog koeficijenta kriterijuma 1. nivoa- podkriterijumi

Postupak određivanja težinskog koeficijenta alternativa vršimo na osnovu upoređivanja alternativa prema zadatim kriterijumima i podkriterijumima pojedinačno. Prikaz uporednog odnosa alternativa dat je na (Sl. 12).



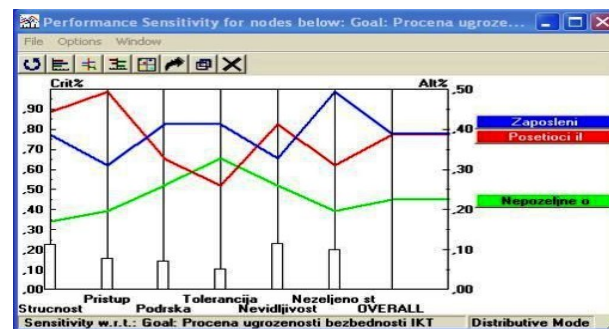
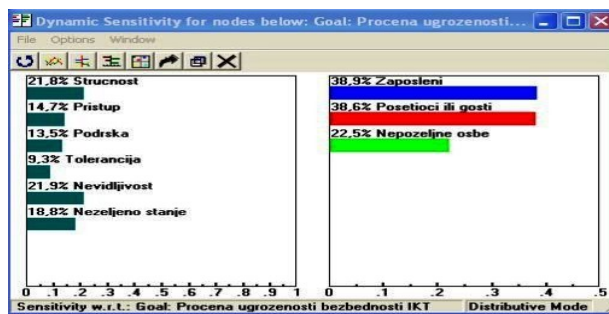
Slika 12. Upoređivanje alternativa prema zadatom kriterijumu

Prikaz težinskih veličina kriterijuma i podkriterijuma prikazom lokalnih prioriteta alternativa dato je na (Sl. 13).

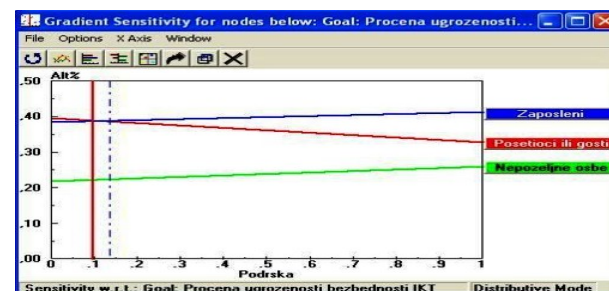
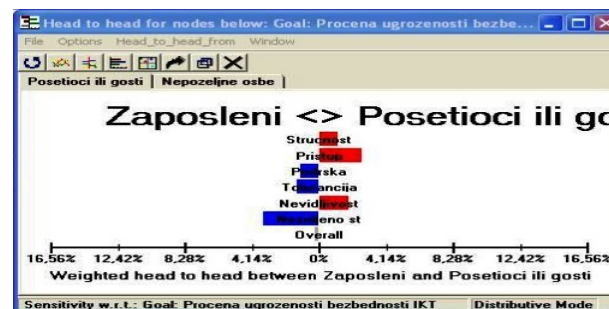
AID	Alternative	Strucnost (I: 0,141)	Pristup (I: 0,134)	Podrska (I: 0,076)	Tolerancija (I: 0,142)	Nevidljivost (I: 0,260)	Nezeljeno stanje (I: 0,153)	Nezeljeno stanje (I: 0,165)	Nezeljeno stanje (I: 0,409)	Nezeljeno stanje (I: 0,322)
A4	Zaposleni	,382	,1000	,630	,303	,200	,281	,368	,281	,232
A5	Posetioци	,417	,171	,265	,275	,200	,237	,271	,237	,215
A6	Nezeljne osbe	,1000	,585	,1000	,1000	,1000	,1000	,1000	,1000	,1000

Slika 13. Tabela prikaz alternativa sa težinskim koeficijentom u odnosu na kriterijume

Nakon unosa zahtevanih podataka, izračunavanja matematički vrednosti Expert Choice nam omogućava i vizuelizaciju rezultata kroz mogućnost različitih grafičkih prikaza (Sl. 14. i 15.)



Slika 14. Grafički prikaz rezultata- garfikon performansi i Dinamički grafikon



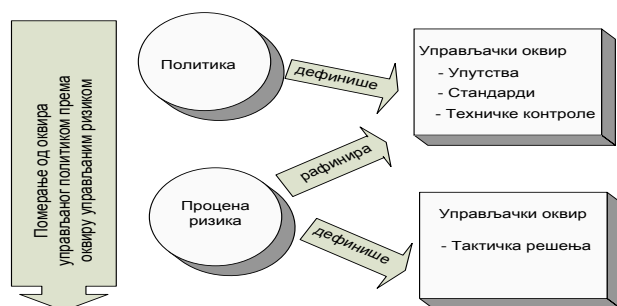
Slika 15. Grafikon upoređivanja i Grafikon gradacije

Sistem za podršku odlučivanju Expert Choice sa svim svojim mogućnostima predstavlja snažan alat koji se može veoma uspešno koristiti u procesu odlučivanja, kako za eksperte u oblasti IB tako i za donosiocce odluka.

## 5. PRIMENA POSLOVNE INTELIGENCIJE U OBLASTI IB

Vizija budućnosti sistema za podršku odlučivanju je da se omogući funkcionisanje sistema pri čemu će put od zahteva za rešenjem do rešenja (informacije sa predlogom odluke) biti bez zastoja i bez prepreka (u realnom vremenu). Ostvarivanje ove vizije, proces dolaska do

znanja (informacija sa akcijom), zahteva standardizovanje procesa. Svaki korak u procesu odlučivanja potrebno je strukturirati tako da je odluke moguće donositi za vrlo kratak vremenski period. Konkretna primena sistema PI treba da se usmeri na stvaranju uslova za funkcionisanje funkcionalnog modela sistema zaštite (Sl. 16.).



Slika 16. Funkcionalni model sistema zaštite

Neophodno je ići u korak sa brzim pozitivnim promenama u razvoju IKT. Mogućnosti unapređenja ostvarive su zahvaljujući činjenici da se odlučivanje razvilo u jaku naučnu disciplinu, a ceo proces se usmerava na korišćenje kvantitativnih metoda za izbor i donošenje odluke. Tehnološki razvoj i mogućnosti upotrebe informacionih dobara omogućava razvoj i stalnu primenu SPO i sistema PI.

Sistemi za podršku odlučivanju i poslovna inteligencija u funkcionisanju prikazanog generičkog koncepta zaštite primenjivi su u svim aspektima od strateškog preko taktičkog do operativnog odlučivanja, kroz sledeće aktivnosti:

- Stvaranje baze podataka o pretnjama, izvorima pretnji, ranjivostima, informacionim dobrima, faktorima rizika, upravljačkim interesima i sistemu zaštite; Razvoj sistema za upravljanje bazom podataka.
- Formiranje baze modela odlučivanja za rešavanje problema kod određenog procesa; Upravljanje modelima.
- Formulisanje korisničkog interfejsa za primenu u oblasti zaštite IKT sistema.

Potrebno je ujediniti koncept informaciono-komunikacionog sistema i koncept sistema za podršku odlučivanju sa ciljem potpune podrške DO u donošenju kvalitetnih odluka u zaštiti IKT sistema.

## 6. ZAKLJUČAK

Prikazani primer primene metode VKO je hipotetički, ne vezuje se za konkretan slučaj, što doprinosi opštosti rešenja i univerzalnosti primene na bilo koji IKT sistem, za različite izvore pretnje i za raznovrsne ranjivosti IKT sistema.

Poslovna inteligencija i SPO u daljoj integraciji sa IKT daju neslućene mogućnosti primene u predviđanju, planiranju, realizaciji i kontroli zaštite IKT sistema.

Dalji koraci u istraživanju ogledaju se u razvoju aplikacije za podršku menadžmentu da objektivnim odlučivanjem, izborom adekvatnog matematičkog modela i formiranjem baze podataka o IKT sistemima, može realizovati proces i funkcije upravljanja informacionom bezbednošću IKT sistema.

## LITERATURA

- [1] Kršljanin D., Primena informacione tehnologije u borbi protiv od terorizma, *Specijalistički rad*, Fakultet bezbednosti, Beograd, 2006.
- [2] Forca, B., Strategijski menadžment u odbrani, *Vojno delo*, zima-2011,
- [3] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill International, New York, NY, U.S.A. 1980.
- [4] Suknović M., Delibašić B., *Poslovna inteligencija i sistemi za podršku odlučivanju*, FON, Beograd, 2010.
- [5] Čupić M., Suknović M., *Odlučivanje*, FON, Beograd, 2010.



# VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE U PROCESU OPREMANJA NAORUŽANJEM I VOJNOM OPREMOM U VOJSCI SRBIJE

## MULTICRITERIA DECISION-MAKING IN THE PROCESS OF EQUIPPING WITH WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT SERBIAN ARMY

Ljubomir Dulović

Uprava za planiranje i razvoj (J-5) GŠ VS

**Rezime:** *Opređenje Republike Srbije ka evropskim integracijama je strateška odluka. Za Vojsku Srbije, na ovom putu, pored ostalog značaj ima i opremanje naoružanjem i vojnom opremom u Vojsci Srbije. Cilj koji se realizuje kroz postupak opremanja, jeste: sistem odbrane opremljen savremenim borbenim sistemima i opremom koji obezbeđuje efikasno izvršavanje misija i zadataka. Odluka o izboru najbolje ponude proizvođača na temelju određenih kriterijuma je jedan od najvažnijih problema odlučivanja u ovom procesu. Cilj ovog rada je da pokaže nužnost, pomoć i značaj metode analitičko hijerarhijskih procesa (AHP) u rešavanju problema ove vrste.*

**Abstract:** *The commitment of the Republic of Serbia towards European integrations is a strategic decision. For the Serbian Army, in this way, among other things, the importance of there and equip weapons and military equipment in the Army of Serbia. The aim of which is realized through the provisioning process, is: defense system equipped with modern combat systems and equipment to provide efficient execution of tasks and missions. The decision on the selection of the best offers manufacturers based on specific criteria is one of the most important problems of decision making in this process. The aim of this paper is to show the necessity and importance of methods help the analytical Hierarchy process (AHP) to solve problems of this kind.*

### 1. UVOD

Proces u kojem Republika Srbija nastoji da pristupi Evropskoj uniji [Strategija nacionalne bezbednosti], utvrđen je ciljevima koji se želi postići i određen odlukama koje predstavljaju izraz saglasnosti relevantnih političkih činilaca, državnih institucija, organizacija civilnog društva i građana. Za Vojsku Srbije, u cilju stvaranja novih sposobnosti, kompatibilnih sa traženim sposobnostima organizacija kojima Srbija teži, a u skladu sa aktuelnim i procenjenim izazovima, rizicima i pretnjama bezbednosti Republici Srbiji, pored ostalog značaj ima i opremanje naoružanjem i vojnom opremom (NVO) u Vojsci Srbije (VS). Opremanje obuhvata [PRAVILNIK O OPREMANJU VOJSKE SRBIJE NAORUŽANJEM I VOJNOM OPREMOM, "Službeni vojni list", broj 25/96]: istraživanje, razvoj, osvajanje proizvodnje,

proizvodnju, usavršavanje, nabavku, donaciju, ispitivanje i obezbeđenje kvaliteta sredstava NVO iz domaće proizvodnje, uvoza i generalnog remonta sredstava NVO. Modeli opremanja sredstava NVO: sopstveni razvoj, osvajanje po licenci, nabavka gotovog proizvoda sa tržišta, zajednički razvoj sa stranim partnerom, kombinovani model opremanja. Nabavka sredstava NVO na tržištu obavlja se iz domaće proizvodnje ili iz uvoza. Kada se modelom opremanja iz usvojene predhodne analize utvrdi potreba nabavke gotovih proizvoda NVO, pristupa se analizi tržišta obilascima potencijalnih proizvođača, stranih armija i organizovanjem prezentacija u zemlji i inostranstvu. Varijantu opremanja VS sredstvima NVO sa tržišta definiše model opremanja.

Opšti cilj razvoja u oblasti naoružanja i vojne opreme (definisano dokumentima planiranja), koji se realizuje kroz postupak opremanja, jeste: sistem odbrane opremljen savremenim borbenim sistemima i opremom koji obezbeđuje efikasno izvršavanje misija i zadataka.

**Planiranje opremanja** obuhvata izradu dugoročnih, srednjoročnih i godišnjih planova opremanja. **Dugoročni plan opremanja VS** sredstvima NVO je sastavni deo Dugoročnog plana razvoja sistema odbrane, koji je planski dokument zasnovan na Strategiji nacionalne bezbednosti Republike Srbije i Strategiji odbrane Republike Srbije. Cilj izrade Dugoročnog plana razvoja jeste planiranje odbrambenih sposobnosti sistema odbrane Republike Srbije za period do 2020. godine. Stavovi utvrđeni u Dugoročnom planu razvoja operacionalizuju se u Strategijskom pregledu odbrane Republike Srbije, a dostižu se izvršavanjem Srednjoročnog plana i programa razvoja sistema odbrane.

**Srednjoročni plan opremanja**, u skladu sa propisom koji uređuje oblast planiranja, programiranja, budžetiranja i izvršenja u MO i VS, izrađuje se na osnovu Dugoročnog plana opremanja VS njime se programiraju projekti opremanja u naredne tri kalendarske godine i daje projekcija procesa opremanja do kraja perioda na koji se plan odnosi. **Godišnji plan** detaljno razrađuje projekte opremanja iz Srednjoročnog plana opremanja VS a u okviru odobrenog budžeta odbrane.

Odlučivanje (donošenje prave odluke za posmatrani problem) prožima celokupan proces opremanja

naoužanjem i vojnom opremom kao i njegova ishodišta. Odluke koje se donose, radi postizanja ciljeva različitog značaja, mogu biti strateške, taktičke i operativne i definisane su u strategijskim, doktrinarnim i planskim dokumentima. Za izbor optimalne odluke koja vodi željenom cilju postoji više praktičnih metoda. Za situacije kada postoji veći broj kriterijuma koristi se višekriterijumsko odlučivanje. Opređenjem da se opremanje VS sredstvima NVO vrši po modelu nabavke gotovog proizvoda sa tržišta ovo odlučivanje sa svojim različitim metodama dobija posebno na značaju.

## 2. ANALITIČKI HIJARARHIJSKI PROCES (AHP – Analytic Hierarchy Process )

AHP [Saaty, T.: „*The Analytic Hierarchy Process*”, McGraw-Hill, New York, 1980] metoda je jedna od najpoznatijih i najčešće korišćenih metoda za odlučivanje, kada se odluka temelji na više atributa koji se koriste kao kriterijumi. AHP se zasniva na razlaganju složenog problema odlučivanja u hijerarhiju. Delovi hijerarhije se nazivaju elementima, od cilja koji se nalazi na vrhu, preko kriterijuma i podkriterijuma na nivoima i podnivoima, do alternativa koja se nalaze na poslednjem nivou. AHP postupno u parovima poredi elemente datog hijerarhijskog nivoa u odnosu na elemente na višem nivou. Proces se kao stablo širi prema alternativama (poslednji nivo hijerarhije). Na kraju procesa rezultati se sintetizuju u suprotnom smeru. Kao konačan rezultat utvrđuje se rang i težinska vrednost svake alternative u odnosu na cilj. Međurezultat procesa su težinske vrednosti elemenata na svim višim nivoima hijerarhije u odnosu na elemente neposredno nadređenih nivoa. Kada je formiran hijerarhijski model problema, donosilac odluke vrši poređenje elemenata hijerarhije korišćenjem specijalne skale vrednovanja. AHP generiše odgovarajuće matrice, izračunava njihove sopstvene vrednosti i vrši sintezu svih podataka. Konačan rezultat procesa su težinski elementi hijerarhije koji za donosioca odluke predstavljaju meru relativnog značaja odgovarajućih elemenata u odnosu na celinu. Karakteristike ove metode su prikazane samo u obimu neophodnom za razumevanje njegove primene kod donošenja odluka koje se odnose na izbor neke od raspoloživih alternativa (ponuda) ili njihovo rangiranje.

## 3. PRIMENA AHP METODE U PROCESU OPREMANJA

Analitički hijerarhijski proces (AHP) je metoda pomoću koje se nalaze rešenja višeatributivnog donošenja odluka, tj. rešenje problema izbora najbolje alternative iz skupa raspoloživih alternativa. Zasnovana je na principu donošenja odluka, ljudskom znanju i podacima kojima donosioci odluka raspolažu u procesu

odlučivanja. Koristi se za iznalaženje rešenja široke klase upravljačkih problema koji se kreću u rasponu vrlo jednostavnih do vrlo složenih. Problemi koji se postavljaju pred donosioca odluka i zahtevi okruženja (situacije) za brzim reagovanjem su elementi koji se ne mogu usaglasiti bez računarske podrške procesa odlučivanja. Prednost svih metoda višekriterijumskog odlučivanja je softverska podržanost. Za postupak AHP metode koristi se softverski paket Expert Choise.

Postavka problema:

Za potrebe dostizanja potrebnih sposobnosti Bataljona vojne policije specijalne namene „Kobre“, kroz zahteve za nabavku, iskazana je potreba za opremanjem (zamena, modernizacija) sredstava za blisku zaštitu. Problem dostizanja potrebnih sposobnosti kroz proces opremanja sredstvima za blisku zaštitu realizovaće se korišćenjem postupka AHP metode čija primena će dovesti do optimalnog rešenja, lakšeg donošenja odluka i naučnu zasnovanost ukupnog procesa odlučivanja.

Pretpostavka u navedenom problemu je da posle izrađenih zahteva za nabavku Sektor za materijalne resurse, posle analize tržišta, kontaktira potencijalne proizvođače. Tri proizvođača je dostavilo svoje ponude, što predstavlja alternative u postupku odlučivanja.

Kriterijumi i podkriterijumi na osnovu kojih se vrši vrednovanje alternativa u ovom problemu su:  
**K1 – Pouzdanost** je jedan od najvažnijih elemenata prilikom odabira najpovoljnijeg ponuđača. Pod ovim pojmom podrazumeva se kvantitativna karakteristika nekog od svojstava koje određuje pouzdanost, do kojih se dolazi proračunom, laboratorijski i tokom eksploatacije. Pouzdanost nekog sredstva predstavlja verovatnost da će uspešno obaviti postavljeni zadatak u određenom periodu uz unapred određene radne uslove.  
**K2 – Rok trajanja** je kriterijum koji se odnosi na sredstva koja imaju tehnički karakter. Najčešće se izražava kvantitativno brojem meseci ili godina.  
**K3 – Cena** je takođe vrlo bitan element, koji predstavlja kriterijum minimizacije. Potrebno je stalno praćenje i analiza cena, kako onih koje se formiraju pod dejstvom tržišta, tako i onih koje se formiraju pod dejstvom vanekonomskih faktora.  
**K4 – Održavanje** obezbeđuje ispravno stanje pri kojem sredstvo odgovara svim zahtevima postavljenim određenim normativno-tehničkom dokumentacijom. Sredstva za rad su podložna kvarovima, lomovima i oštećenjima, pa se pojavljuju prekidu i radu i smanjuje njihova pouzdanost i ugrožava bezbednost korisnika. To uzrokuje pojavu troškova zbog zamene i popravke delova, ali i troškove zbog nekorišćenja. Neophodno je voditi računa o dostupnosti održavanja u skladu sa potrebama.

Kriterijumi i njihove relativne težine prema iskustvu u ovom postupku nabavke su:

- K1 - pouzdanost (0,40),
- K2 - rok trajanja (0,30),
- K3 - cena (0,20) i
- K4 - održavanje (0,10).

Matrica odlučivanja u ovom slučaju prikazana je u tabeli 1.

Kvantifikovanjem ove matrice, korišćenjem Saaty-jeve skale sa devet tačaka za dodeljivanje težina dobija se sledeća matrica (tabela 2, tabela 3 i tabela 4).

Poređenjem vrednosti težina kriterijuma koje se dobijaju korišćenjem Saaty-jeve skale i vrednosti na osnovu iskustva može se zaključiti da su kriterijumi dobro procenjeni u odnosu na njihovu važnost koja im je data u praksi. Na osnovu podataka dobijenih procenom relativnih težina kriterijuma treba sagledati istim postupkom alternative koje stoje na raspolaganju,

odnosno ponude. Međusobno poređenje alternativa takođe će se vršiti Saaty-jevom skalom. Nakon formiranja tabela upoređivanja težina u parovima za svaku alternativu sledi računanje sopstvenog vektora sa svaku alternativu posebno (tabela 5, tabela 6, tabela 7 i tabela 8).

Pošto se izvrši procena relativnih težina alternativa u odnosu na svaki kriterijum ponaosob pristupa se određivanju najpovoljnije ponude. Izbor ponude se vrši na osnovu dobijenih sopstvenih vektora alternativa i prethodno dobijenih sopstvenih vektora kriterijuma. Ukupni prioriteti alternativa se dobijaju tako što se za svaku alternativu množi njena težina u okviru posmatranog kriterijuma redom i na kraju se dobijeni rezultati sabere (tabela 9).

Iz tabele 9 može se videti da nakon sprovođenja postupka AHP metode, za dati primer, redosled alternativa prema redosledu bi bio sledeći: "Ponuda 1" (17%), "Ponuda 2" (22%), "Ponuda 3" (61%), iz čega se vidi da bi najbolja odluka bila odabir "Ponude 3".

Tabela 1: Matrica odlučivanja u ovom slučaju

Alternative	Kriterijumi			
	Pouzdanost	Rok trajanja	Cena	Održavanje
Ponuda 1	zadovoljava	5	8000	zadovoljava
Ponuda 2	zadovoljava	5	10000	u potpunosti zadovoljava
Ponuda 3	u potpunosti zadovoljava	10	20000	u potpunosti zadovoljava

Tabela 2: Kvantifikovani ulazni podaci

Alternative	Kriterijumi			
	Pouzdanost	Rok trajanja	Cena	Održavanje
Ponuda 1	7	5	8000	7
Ponuda 2	7	5	10000	9
Ponuda 3	9	10	20000	9

Tabela 3: Procena relativnih težina kriterijuma

	Pouzdanost	Rok trajanja	Cena	Održavanje
Pouzdanost	1	3	5	7
Rok trajanja	(3)	1	4	6
Cena	(5)	(4)	1	3
Održavanje	(7)	(6)	(3)	1
$\Sigma$	1,6761	4,4167	10,3333	17

Tabela 4: Računanje sopstvenog vektora odgovarajućih sopstvenih vrednosti

	Pouzdanost	Rok trajanja	Cena	Održavanje	$\Sigma$	$W(\Sigma/4)$
Pouzdanost	0,5966	0,6792	0,4839	0,4118	2,1715	0,5429
Rok trajanja	0,1988	0,2264	0,3871	0,3529	1,1652	0,2913
Cena	0,1193	0,0566	0,0968	0,1765	0,4492	0,1123
Održavanje	0,0852	0,0378	0,0322	0,0588	0,2140	0,0535

Tabela 5: Računanje sopstvenog vektora odgovarajućih sopstvenih vrednosti (pouzdanost)

	Ponuda 1	Ponuda 2	Ponuda 3	$\Sigma$	$W(\Sigma/3)$
Ponuda 1	1	(2)	(5)	0,3665	0,1222
Ponuda 2	2	1	(3)	0,6896	0,2299
Ponuda 3	5	3	1	1,9439	0,6480

Tabela 6: Računanje sopstvenog vektora odgovarajućih sopstvenih vrednosti (rok trajanja)

	Ponuda 1	Ponuda 2	Ponuda 3	$\Sigma$	$W(\Sigma/3)$
Ponuda 1	1	(2)	(7)	0,2699	0,0899
Ponuda 2	2	1	(7)	0,4287	0,1429
Ponuda 3	7	7	1	2,3013	0,7671

Tabela 7: Računanje sopstvenog vektora odgovarajućih sopstvenih vrednosti (cena)

	Ponuda 1	Ponuda 2	Ponuda 3	$\Sigma$	$W(\Sigma/3)$
Ponuda 1	1	3	9	2,0164	0,6721
Ponuda 2	(3)	1	5	0,8054	0,2685
Ponuda 3	(9)	(7)	1	0,1781	0,0594

Tabela 8: Računanje sopstvenog vektora odgovarajućih sopstvenih vrednosti (održavanje)

	Ponuda 1	Ponuda 2	Ponuda 3	$\Sigma$	$W(\Sigma/3)$
Ponuda 1	1	(5)	(5)	0,271	0,0903
Ponuda 2	5	1	(2)	1,0611	0,3537
Ponuda 3	5	2	1	1,6677	0,5559

Tabela 9: Izbor najpovoljnijeg ponuđača

	Pouzdanost	Rok trajanja	Cena	Održavanje	Ukupni prioriteta alternativa
	0,5429	0,2913	0,1123	0,0535	
Ponuda 1	0,1222	0,0899	0,6721	0,0903	0,1728
Ponuda 2	0,2299	0,1429	0,2685	0,3537	0,2154
Ponuda 3	0,6480	0,7671	0,0594	0,5559	0,6116

### 3.1. Konzistentnost

AHP spada u popularne metode i zato što ima sposobnost da identifikuje i analizira nekonzistentnosti donosioca odluka u procesu rasuđivanja i vrednovanja elemenata hijerarhije. Čovek je, naime, retko konzistentan pri procenjivanju vrednosti ili odnosa kvalitativnih elemenata u hijerarhiji. AHP na određen način ublažava ovaj problem tako što odmerava stepen nekonzistentnosti i o tome obaveštava donosioca odluka.

Kako se u AHP tretira konzistentnost sledi iz sledećih razmatranja. Kada bi postojala mogućnost da se precizno odrede vrednosti težinskih koeficijenata svih elemenata koji se međusobno porede na datom nivou hijerarhije, sopstvene vrednosti matrice bile bi potpuno konzistentne. Međutim, ako se npr. tvrdi da je A mnogo većeg značaja od B, B nešto većeg značaja od C, i C nešto većeg značaja od A, nastaje nekonzistentnost u rešavanju problema i smanjuje se pouzdanost rezultata. Opšti je stav da redundantnost poređenja u parovima čini AHP metodom koji nije previše osetljiv na greške u rasuđivanju. On takođe daje mogućnost da se mere greške u rasuđivanju tako što se proračunava indeks konzistentnosti za dobijenu matricu poređenja, a zatim sračunava i stepen konzistentnosti. Da bi se izračunao stepen konzistentnosti (CR), prvo treba izračunati indeks konzistentnosti (CI) prema relaciji

$$CI = \lambda_{mah} - n / n - 1 \quad (1)$$

gde je  $\lambda_{mah}$  maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja. Što je  $\lambda_{mah}$  bliže broju  $n$ , manja će biti nekonzistentnost. Da bi se izračunalo  $\lambda_{mah}$ , prvo treba pomnožiti matricu poređenja sa vektorom težinskih koeficijenata da bi se odredio vektor  $b$ : Deljenjem korespondentnih elemenata vektora  $b$  i  $w$  dobija se:

$$\lambda_{mah} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{w_i} \quad (2)$$

Zamenom vrednosti  $\lambda_{mah}$  iz ove relacije u gornju relaciju određuje se indeks konzistentnosti (CI).

Tabela 10: Slučajni indeksi (Saaty, 1980)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,0	0,	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

### 4. ZAKLJUČAK

Današnji uslovi podrazumevaju donošenje odluka u situacijama gde postoji veliki broj raznovrsnih često

Konačno, stepen konzistentnosti (CR) predstavlja odnos indeksa konzistentnosti (CI) i slučajnog indeksa (RI):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Slučajni indeks (RI) zavisi od reda matrice, a preuzima se iz tabele 10 u kojoj prvi red predstavlja red matrice poređenja, a drugi slučajne indekse.

Na navedenom problemu biće prikazan postupak:

Nakon množenja matrice u kojoj se nalaze rezultati poređenja sa vektorom prioriteta, deli se prvi element izračunatog vektora sa prvim elementom vektora prioriteta, drugi sa drugim i dr.

2,1715	1,1652	0,4492	0,2140
0,5429	0,2913	0,1123	0,0535
3,9998	4	4	4

Nakon ispitivanja konzistentnosti rezultata, odedujemo  $\lambda_{mah}$

$$\lambda_{mah} = 3,9998 + 4 + 4 + 4 / 4 = 3,9995 \quad (4)$$

zatim se izračunava indeks konzistentnosti

$$CI = \lambda_{mah} - n / n - 1 = 3,9995 - 4 / 4 - 1 = 0,0005 / 3 = 0,000167 \quad (5)$$

na kraju se izračunava stepen konzistentnosti (prema tabeli slučajni indeks (RI) za matricu 4x4 je 0,9)

$$CR = \frac{CI}{RI} = 0,000167 / 0,9 = 0,000185 \quad (6)$$

Ako je stepen konzistentnosti (CR) manji od 0,10, rezultat je dovoljno tačan i nema potrebe za korekcijama u poređenjima i ponavljanju proračuna. Ako je stepen konzistentnosti veći od 0,10, rezultate bi trebalo ponovo analizirati i ustanoviti razloge nekonzistentnosti, ukloniti ih delimičnim ponavljanjem poređenja u parovima, a ako ponavljanje procedure u nekoliko koraka ne dovede do sniženja stepena konzistentnosti do tolerantnog limita 0,10, sve rezultate treba odbaciti i ponoviti ceo postupak od početka.

međusobno suprostatavljenih kriterijuma. Metode višekriterijumskog odlučivanja se nameću kao savršen instrument za odlučivanje. Upravo ova realnost u kome se

donose sve složenije odluke, uslovlila je brz razvoj metoda višekriterijumske analize.

U radu je prezentovana AHP metoda višekriterijumskog odlučivanja koja je i primenjena na primeru opremanja VS sredstvima NVO. Cilj rada je bio da prikaže praktičnu primenu jedne od metoda višekriterijumskog odlučivanja prilikom donošenja važnih odluka. Odabran je metod Analitički hijerarhijski procesi (AHP metod) koji prilikom procesa odlučivanja zahteva precizno definisanje cilja problema, kao i kriterijuma i alternativa. Polazeći od početnih pretpostavki u istraživanju potvrđeno je da je moguće formirati model višekriterijumske analize pri odabiru najbolje ponude proizvođača i to tako što su proizvođači tretirani kao skup alternativa iz kojeg treba odabrati najpovoljniju alternativu uzimajući u obzir raspoložive kriterijume.

Odabran je AHP metod višekriterijumskog odlučivanja, pomoću kojeg smo formirali model višekriterijumske analize izbora najpovoljnije ponude proizvođača. Za alternative je odabrano tri proizvođača. Razmatrano je četiri kriterijuma koji su značajni pri donošenju odluke, kao što je nabavka gotovog sredstva NVO sa tržišta. Višekriterijumska analiza u slučaju izbora najpovoljnije ponude sredstva NVO nedvosmisleno je ponudila rešenje problema na realnim podacima. Model pruža brojne mogućnosti, te se alternative mogu porediti po jednom kriterijumu ili po nekoliko kriterijuma, a sve u zavisnosti od preferencija donosioca odluke. Takođe, proizvođači mogu iskoristiti model u svrhu poređenja sa konkurencijom, kao i u svrhu uočavanja sopstvenih slabosti koje je potrebno unaprediti da bi se privukli korisnici.

AHP je do sada primenjivan raznim oblastima strateskog menadžmenta gde odluke imaju dalekosežan značaj i gde donosioci odluka rado biraju kvalitetnog i pouzdanog savetnika u fazi razmatranja alternativa i utvrđivanja njihovih efekata u odnosu na postavljene ciljeve. O značajnosti naučnog fundamenta Analitičkog hijerarhijskog procesa dovoljno svedoči činjenica da je metod detaljno

proučavan i unapređivan putem mnogih doktorskih disertacija i naučnih radova na prestižnim svetskim univerzitetima. Nekoliko naučnih konferencija posvećeno je samo AHP, što dodatno potvrđuje njegov kvalitet i aktuelnost.

## LITERATURA

- [1] Doktrina Vojske Srbije
- [2] Dugoročni plan razvoja sistema odbrane Republike Srbije
- [3] PRAVILNIK O OPREMANJU VOJSKE SRBIJE NAORUŽANJEM I VOJNOM OPREMOM, "Službeni vojni list", broj 25/96.
- [4] Saaty, T.: „The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [5] Srednjoročni plan i progam razvoja sistema odbrane u periodu od 2012-2017
- [6] Strategija nacionalne bezbednosti
- [7] Strategija odbrane Republike Srbije
- [8] Strategijski pregled odbane
- [9] Čupić M., Rao Tummala V.M., Suknović M.: „Odlučivanje:formalni pristup“, FON, Beograd, 2003.
- [10] Čupić M., Suknović M., Odlučivanje, FON, Beograd, 2010.
- [11] [www.odlucivanje.fon.rs](http://www.odlucivanje.fon.rs)

# UPRAVLJANJE INFORMACIONOM BEZBEDNOŠĆU ZASNOVANO NA ODLUČIVANJU

## MANAGEMENT INFORMATION SECURITY BASED DECISION MAKING

Sc Dejan Kršljanin, Prof.dr Božidar Forca

*Vojska Srbije*

**Sažetak**– U radu je razmotreno upravljanje informacionom bezbednošću, zasnovano na procesu odlučivanja kao kohezionom faktorom procesnih funkcija upravljanja. Dat je prikaz informacione bezbednosti u okviru sistema nacionalne bezbednosti, sagledane su teorijske osnove za donošenje planskih odluka i predlozi unapređenja stanja u informacionoj bezbednosti, kao i mogućnosti primene softverske podrške.

**Abstract**- In this paper the authors discuss the management of information security at the national level, based on the implementation of the decision making process as a cohesive factor processing functions.

### 1. UVOD

Informaciono društvo direktno je zavisno od postojanja i korišćenja informaciono-komunikacione tehnologije (IKT). Za nesmetano funkcionisanje IKT sistema neophodno je postojanje informaciono bezbednog ambijenta, a stvaranje potrebnog ambijenta postaje univerzalna bezbednosna vrednost i cilj. Dostizanje zadatog cilja zahteva stratejski koncipiran pristup i adekvatan normativno-pravni okvir. Stratejski uređeno upravljanje u oblasti informacione bezbednosti (IB) ima nacionalni značaj, jer je upravljanje sistemom kritičan proces, u kojem donošenje adekvatnih odluka direktno opredeljuje mogućnost rešavanja problema i krajnji ishod na državnom nivou. Informaciona bezbednost je integralni deo sistema nacionalne bezbednosti i direktno je zavisna od kvaliteta donetih odluka.

Specifičnost i značaj IB zahteva postojanje stalne podrške individualnom donosiocu odluke u procesu upravljanja. Stalne promene informacionog ambijenta i uslova, izloženost IKT sistema izazovima, rizicima i pretnjama bezbednosti, uzrok su velike odgovornosti za donosiocima odluka. Zato izbor optimalnog načina za rešavanje problema zahteva stalnu stručnu podršku donosiocu odluka.

Autori u radu razmatraju strukturu i upravljanje SNB u Republici Srbiji, mesto i ulogu IB u okviru SNB, predlažu teorijski okvir odlučivanja u procesu upravljanja IB i primenu softverske podrške odlučivanju pri realizaciji procesnih funkcija upravljanja.

### 2. SISTEM NACIONALNE BEZBEDNOSTI I INFORMACIONA BEZBEDNOST

Sistem nacionalne bezbednosti Republike Srbije (SNB) predstavlja normativno, strukturno i funkcionalno uređenu celinu elemenata čijom se delatnošću ostvaruje zaštita nacionalnih interesa Republike Srbije. SNB u širem smislu (Slika 1.), čine najviši organi zakonodavne, izvršne i sudske vlasti. U užem smislu, SNB čine: sistem odbrane, snage Ministarstva unutrašnjih poslova, bezbednosno-obaveštajni

sistem, privremeno formirani organi i koordinaciona tela za pojedine krize. [1]



Slika 1. Sistem nacionalne bezbednosti Republike Srbije

Poslove iz oblasti nacionalne bezbednosti obavljaju i organi državne uprave, institucije nadležne za pravosuđe, obrazovanje i naučnu delatnost i zaštitu životne sredine, zaštitnik građana, organi jedinica lokalne samouprave, subjekti iz oblasti privatnog obezbeđenja, organizacije civilnog društva, mediji, pravna lica i građani koji doprinose ostvarivanju ciljeva nacionalne bezbednosti.

Sistem bezbednosti, institucionalne nadležnosti, delokrug rada, ovlašćenja, zadaci, međusobni odnosi i saradnja, kao i demokratska i civilna kontrola rada institucija, regulisane su zakonom i podzakonskim aktima.

Sistemom nacionalne bezbednosti upravljaju državni organi kao nosioci zakonodavne i izvršne vlasti. **Narodna skupština** ostvaruje svoju uticaj ustavotvornom i zakonodavnom delatnošću, odlučuje o ratu i miru, donosi zakone i druge opšte akte u oblasti nacionalne bezbednosti. Preko Odbora za odbranu i Odbora za bezbednost, ostvaruje nadzor, demokratsku i civilnu kontrolu nad SNB [1]. **Predsednik Republike** predsedava Savetom za nacionalnu bezbednost i komanduje Vojskom Srbije, ukazuje na određena pitanja i probleme iz domena nacionalne bezbednosti i pokreće njihovo rešavanje. **Vlada** usmerava i usklađuje rad organa državne uprave u domenu nacionalne bezbednosti, predlaže i realizuje politiku nacionalne bezbednosti, usmerava i usklađuje funkcionisanje SNB, obezbeđuje materijalna i finansijska sredstva za potrebe SNB, upravlja delatnošću državnih organa, organa državne uprave, ustanova i pravnih lica u oblasti ostvarivanja

nacionalne bezbednosti i obezbeđuje realizaciju međunarodnih ugovora i sporazuma u oblasti nacionalne bezbednosti.

Značaj, mesto i ulogu IB u SNB, u osnovi, opredeljuju opšti napori u formiranju bezbednog globalnog informacionog društva. Kao osnovni kriterijum promovise se kvalitet i nivo implementacije IKT, pri čemu je IB ključni uslov. Tendencija povećanog korišćenja IKT praćena je konstantnim povećanjem rizika od visokotehnološkog kriminala i ugrožavanja IKT sistema i podataka u njima.[5] Pretnja bezbednosti u informacionoj sferi i sajber ambijentu prepoznata je u strateškim dokumentima Republike Srbije [1]. Kao integralni deo SNB, IB je predmet opšteg interesovanja kako državnih tako i privrednih subjekata u sagledavanju mogućnosti i posledica primene novih tehnologija i njihov značaj za napad, odvratanje, odbranu, pregovaranje, saradnju itd. Razrada i implementacija pouzdanih metoda i sredstava zaštite informacija, traženje sistemskih rešenja i sredstava zaštite sa primenom najefektivnijih algoritama i metoda projektovanja sredstava zaštite informacija postaje paradigma nacionalne bezbednosti.

Masovna primena računara i IKT u svim sferama ljudske delatnosti, osim nesumnjivog napretka, donela je i mnoge negativne posledice kao što su: problemi u oblasti čuvanja informacija o ličnostima (zloupotreba baza podataka sa personalnim podacima), pojave neovlašćenog pristupa bazama podataka sa krađama novca (u elektronskom poslovanju), probleme u vezi sa napadima na systemske i aplikativne programe (virusi, crvi, trojanci itd.), probleme u vezi ponašanja ličnosti („zavisnost”), promene u socijalnom okruženju, promene u međudržavnim odnosima itd. IB je složen i u svojoj suštini višeslojan pojam i predmet je interdisciplinarnih tehnoloških i humaniranih naučnih istraživanja.

### 3. PRIMENA TEORIJE ODLUČIVANJA U UPRAVLJANJU INFORMACIONOM BEZBEDNOSCU

Uspostavljanje i održavanje bezbednog ambijenta u informacionoj sferi, zbog opšteg značaja, nameće potrebu postojanja naučno zasnovanog upravljanja u IB. Razvoj IKT, velika količina podataka i nedovoljno raspoloživog vremena zahteva brzo rešavanje problema. Izbor optimalnog rešenja uslovljen je stepenom poznavanja i zastupljenosti teorije i sistema za podršku odlučivanju u IB.

Iskustvo iz bliske prošlosti, jasno ukazuje na nedovoljnu zastupljenost naučno zasnovanih principa pri izboru adekvatnih akcija i donošenju odluka. Često je donošenje odluka (pogrešno) dovedeno u političku ravan pa mogućnost izbora nije ni postojala. [5]

Strategijsko upravljanje se u stručnoj literaturi najčešće se poistovećuje sa strateškim menadžmentom. Opšti menadžment se u osnovi bavi upravljanjem, odnosno rukovođenjem, te je istraživanje u ovom radu usmereno ka upravljanju IB, a samim tim i proučavanjem i razmatranjem teorija i koncepata koji se bave strateškim menadžmentom u oblasti IB.

Strategijski menadžment, ima tri moguća pristupa:

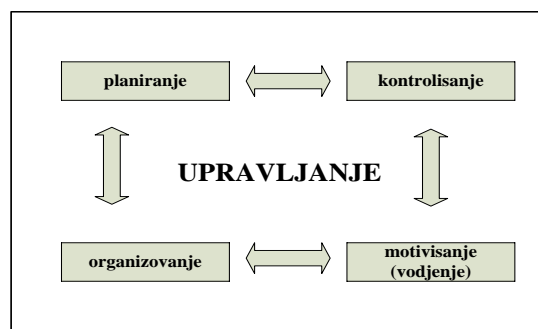
– strateški menadžment je kontinuirani, interaktivni proces usmeren ka obezbeđivanju usklađenosti nacije sa okruženjem.

– strateško upravljanje predstavlja formulisanje strategija kojima se na najbolji način realizuju željeni ciljevi nacije.

– strateško upravljanje povezuje strateško razmišljanje sa operativnim odlučivanjem i sprovođenjem strateške zamisli ili plana u praksi.

Strategijski menadžment se bavi praćenjem činilaca strateškog okruženja, rešavanjem strateških problema i donošenjem strateških odluka. Okruženje predstavlja skup činilaca, izvan i unutar nacije, koji utiču na njeno postojanje, funkcionisanje i razvoj. Činioci mogu biti unutrašnji i spoljašnji. Analiza okruženja može se realizovati primenom tehnika: SWOT, PESTLE, analiza problema, analiza zainteresovanih strana i dr.

Najvažnije faze u strateškom menadžmentu su: strateška procena okoline, strateško usmeravanje sistema, definisanje (izbor) i usvajanje strategije, sprovođenje strategije i strateška kontrola. [4]



Slika 2. Prikaz procesa upravljanja

Proces upravljanja- menadžmenta (Slika 2.), obuhvata sledeće procesne funkcije: *planiranje*, *organizovanje*, *motivisanje (vođenje)* i *kontrolisanje*.

Odlučivanje je imanentno svakoj od procesnih funkcija upravljanja, bez obzira koliki je broj tih funkcija, a i značajan je kohezioni faktor između njih. Rezultat svake od funkcija, po pravilu, predstavlja upravljačku odluku ili odgovarajuću akciju. *Planiranjem* se definišu ciljevi, uspostavljaju strategije za realizaciju tih ciljeva i izrađuju planovi radi integrisanja i koordiniranja aktivnosti. *Organizovanje* podrazumeva određivanje zadataka koji treba da budu izvršeni, ko će te zadatke izvršiti, kako će zadaci biti grupisani, kako će teći izveštavanje, kako i gde će se donositi odluke itd. *Vođenje*, kao funkcija upravljanja u IB, uključuje motivisanje i usmeravanje potčinjenih, koordinaciju njihovih aktivnosti, pomoć u rešavanju konflikata, izbor najefektivnijeg kanala komuniciranja i sl. *Kontrola* je funkcija upravljanja u IB koja obuhvata merenje ostvarenih rezultata, njihovo poređenje sa planiranim i preduzimanje korektivnih akcija radi eliminisanja odstupanja.

Planiranje podrazumeva definisanje ciljeva u sferi IB, ustanovljavanje celovite strategije za ostvarivanje tih ciljeva i izradu planova radi integrisanja i koordinacije organizacionih aktivnosti.



Planiranjem IB se:

- usmerava delovanje rukovodioca i drugih činilaca IB;
- smanjuje nesigurnost, predviđaju se promene i najbolji odgovor na njih;
- izazovi, rizici i pretnje IB svode se na najmanju meru;
- uspostavljaju se standardi koji se primenjuju procesu kontrole IB.

Postoje dva tipa planiranja IB: *strategijsko i operativno*.

Rezultati planiranja su *planske odluke*. One se mogu klasifikovati prema trajanju na (1) *planske odluke za stalnu upotrebu* i (2) *planske odluke za jednokratnu upotrebu*.

(1) Planske odluke za stalnu upotrebu, dobre su ako se aktivnosti ponavljaju ili se dešavaju sa visokim stepenom predvidljivosti, potrebno ih je stalno preispitivati i prilagođavati stvarnoj situaciji. Primeri planskih odluka za stalnu upotrebu su: ciljevi, strategije, politike, procedure i pravila.

*Cilj* je sažeta izjava o tome kako treba da izgleda promenjeno stanje kome organizacija teži, odnosno o rezultatu koji se želi ostvariti. Sve ostale planske odluke zasnivaju se nacilju ili ciljevima.

*Strategija* je planska odluka koja određuje način realizacije prethodno uspostavljenih ciljeva, to je uopštena izjava o tome šta treba raditi da bi se ostvarili ciljevi.

*Politika* je planska odluka koja predstavlja opšti vodič za donošenje odluka. Obuhvata skup načela, principa, kriterijuma koji obezbeđuju doslednost i stabilnost u odlučivanju i definišu ograničenja na osnovu kojih se donose i/ili eliminišu određene odluke.

*Procedura* predstavlja skup detaljnih instrukcija za obavljanje određenih aktivnosti koje se izvršavaju redovno ili sa visokom učestalošću. To su visoko formalizovane odluke, iskazane po pravilu u pisanom obliku. Osnovna svrha procedure je da kontroliše i obezbeđuje dosledno izvršavanje određenih aktivnosti.

*Pravilo* je planska odluka koja određuje koje se radnje mogu, a koje ne mogu preduzimati u određenim situacijama. Kad su pravila u pitanju postoji samo jedan izbor: primeniti ili ne primeniti određeno pravilo. [3]

(2) Planske odluke za jednokratnu upotrebu služe za određivanje načina delovanja koji se najverovatnije neće ponavljati u budućnosti. U grupu planskih odluka za jednokratnu upotrebu spadaju: *programi, projekti, biznis planovi i budžeti*.

*Program* je složena planska odluka koja služi za ostvarivanje delikatnog cilja ili grupe ciljeva. *Projekat* je deo programa ili samostalna planska odluka. *Biznis plan* predstavlja vremenskim intervalom određen skup aktivnosti koje su u skladu sa definisanim ciljevima i strategijom. *Budžeti* su izjave o finansijskim resursima neophodnim za realizaciju specifičnih aktivnosti u određenom vremenu.

Strategijsko planiranje informacione bezbednosti treba da se zasniva na metodama i tehnikama koje podržavaju proces planiranja, a mogu se uslovno svrstati u: (1) metode i tehnike za analizu okruženja i stanja sistema informacione bezbednosti; (2) metode i tehnike za predviđanje budućnosti i (3) metode operacionih istraživanja.

(1) *Metode i tehnike za analizu okruženja i stanja sistema nacionalne bezbednosti* su brojne opšte i specijalizovane metode i tehnike, a po značaju i učestalosti primene ističu

se: SWOT analiza, SPEST(LE) analiza, analiza problema, metoda kritičnih faktora uspeha i benčmarking.

(2) *Metode i tehnike predviđanja budućnosti*. Pod predviđanjem podrazumeva se procena o pojavljivanju neizvesnih budućih događaja ili nivoa aktivnosti. Ono se obično bavi utvrđivanjem vremena, intenziteta i efekata događaja koji su van neposredne kontrole, odnosno događaja na koje sistem IB ne može direktno uticati, ali su veoma značajni za njegovo funkcionisanje. Predviđanje je preduslov za dobro planiranje i odlučivanje. Realizacija plana donetog na osnovu pogrešnog predviđanja može imati teške posledice po sistem IB. Predviđanje uvek uključuje određenu grešku koja je po pravilu veća ukoliko je period predviđanja duži. Metode i tehnike predviđanja su: metoda scenarija, delfi metoda, breinstorming, KOSTMOD.

(3) *Metode operacionih istraživanja*. Operaciona istraživanja, uopšteno gledano, predstavljaju naučni pristup rešavanju problema upravljanja složenim sistemima i smatraju se bazičnom disciplinom zasnovanom na matematičkom formalizmu. Primena operacionih istraživanja podrazumeva timski napor koji zahteva blisku saradnju DO, operacionih istraživača i ljudi koji će neposredno sprovesti odluke. Metode operacionih istraživanja su: linearno programiranje, nelinearno programiranje, dinamičko programiranje, mrežno planiranje i upravljanje, heurističko programiranje, teorija igara, višekriterijumsko odlučivanje, masovno opsluživanje, simulaciono modeliranje, upravljanje zalihama itd. Oblasni operacionih istraživanja koje se mogu uspešno primenjivati u strategijskom upravljanju IB su: matematičko programiranje, teorija igara, višekriterijumska optimizacija itd.[3]

Odlučivanje u sistemu IB predstavlja izbor jedne, iz skupa mogućih alternativa (akcija), pri čemu u skupu mora postojati najmanje dve alternative. Izbor je moguće napraviti primenom tehnika, pravila i veština odlučivanja. Izbor, donošenje pojedinih odluka, vrši donosilac odluke (DO) radi postizanja nekog cilja. Pomoć DO pri odlučivanju, zbog kompleksnosti problematike IB, pruža grupa eksperata (analitičara) koja vrši pripremu odlučivanja, odnosno predlog odluke, koja prethodi samom činu neposrednog odlučivanja. Analitičari moraju biti osposobljeni za rešavanje problema kroz uočavanje karakteristika problema, modeliranje i rešavanje problema korišćenjem odgovarajućih metoda i tehnika. Kako je reč o složenim zahtevima, analitičari moraju biti vrhunski eksperti koji mogu da rezultat svoga rada prezentuju donosiocima odluke na neposredan i jasan način. [2]

Odluke koje se donose u rešavanju problema u IB nisu rutinske, uglavnom nisu programirane, najčešće nije poznata struktura i priroda problema koji treba rešavati. Izazovi, rizici i pretnje IB su raznovrsni, u isto vreme može biti ugrožen IKT sistem kako na nacionalnom tako i na globalnom nivou, neophodno je da postoji razvijena infrastruktura funkcionisanja na horizontalnom i vertikalnom nivou i potpuna harmonizacija i saradnja svih činilaca nacionalne bezbednosti kao i saradnja u međunarodnim okvirima. [5] [6]

Proces odlučivanja sastoji se iz više faza (Slika 3). [2]

(1) *Evidentiranje problema*, podrazumeva se da postoji veći broj problema za koje se mora doneti neka odluka.

Procedura formulisanja problema obuhvata: *period orijentisanja*, kada DO treba da stekne opštu sliku o problemu i *definisanje komponenti problema* (kao što su: donosilac odluke, kriterijumi odlučivanja, okruženje, alternativne akcije).

(2) *Rangiranje problema*, u slučajevima i situacijama kada se svi problemi ne mogu rešavati u istom vremenskom periodu. Obuhvata sve metode rangiranja od intuitivnih do najsloženijih metoda višekriterijumske analize.

(3) *Definisanje problema* je faza kojom treba da se obezbede svi elementi neophodni za fazu formiranja modela (dekompozicija problema, nivo detaljisanja u kojima će problem biti rešavan i kriterijume u odnosu na koje će se meriti efektivnost rešenja).

(4) *Sakupljanje činjenica* odnosno formiranje relevantne baze podataka za definisani problem. Ukoliko ne postoji takva baza za posmatrani problem, do nje je potrebno doći adekvatnim planskim istraživanjem.

(5) *Predviđanje budućnosti*- odluka doneta u sadašnjosti biće realizovana, sa svim posledicama, u nekom budućem okruženju.

(6) *Formiranje modela* omogućuje analizu razumevanja problema koji se rešava, sa svim njegovim logičkim vezama, složenosti, karakteristikama i moguće neizvesnosti.

(7) *Rešavanje problema (modela)*- iznalaženje optimalnog rešenja analitičkim putem, numeričkom procedurom ili simulacijom.

(8) *Vrednovanje rezultata* se odnosi na proveru slaganja dobijenih rezultata sa očekivanim rezultatima realnih sistema.

(9) *Donošenje odluke- nema odluke*: odluka se donosi kada dobijene rezultate iz jedne od alternativa možemo prihvatiti, u suprotnom problem se po ovoj metodologiji ne može rešiti ili je potrebno vratiti se na neku od predhodnih faza i izvršiti određene korekcije i dopune.

(10) *Kontrola izvršenja*- kada se odluka donese, posebna pažnja mora se posvetiti kontroli njenog izvršavanja.

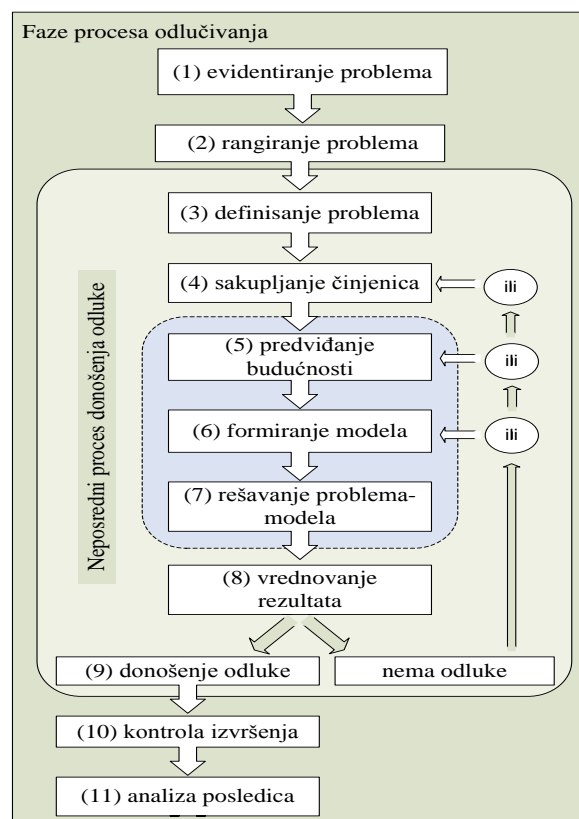
(11) *Analiza posledica tog izvršenja*- sagledavanje konkretnih posledica izvršavanja donete odluke na realnom problemu, analiza i izvlačenje pouka, preduzimanje mera.

U svim fazama, u praktičnom rešavanju problema lako se može pogrešiti, a najčešće i najtipičnije greške javljaju se u fazi modeliranja kada se za konkretni problem definišu interakcije između kontrolabilnih i nekontrolabilnih promenljivih kao i odgovarajući kriterijumi efektivnosti rešenja. [2]

Proces odlučivanja se objektivno može sprovoditi i primenom manjeg broja faza (u procesu koji obuhvata tri faze: predviđanje, formiranje modela i rešavanje) čime se objedinjavaju neke bitne karakteristike procesa, što dovodi do otežane primene mehanizma povratne sprege u algoritamskom rešavanju faza odlučivanja pri rešavanju problema. [6]

Odluke u sistemu IB mogu biti: (1) *strateške*, najčešće se odnose na planiranje upravljanja i programiranje razvoja a osnovni kriterijum njihovog vrednovanja je efektivnost (delotvornost) sistema IB. Donosi ih najviše državno rukovodstvo i drugi zakonom ovlašćeni organi; (2) *taktičke* odluke, obezbeđuju realizaciju strateških odluka, dok je osnovni kriterijum njihovog vrednovanja efikasnost

(uspešnost) sistema IB. Donosi ih operativno-taktički nivo upravljanja-rukovođenja- komandovanja, a odnose se na osnovne administrativne-organizacione centre odgovornosti u sistemu IB.



Slika 3. Faze procesa odlučivanja

#### 4. SOFTVERSKA PODRŠKA ODLUČIVANJU U INFORMACIONOJ BEZBEDNOSTI

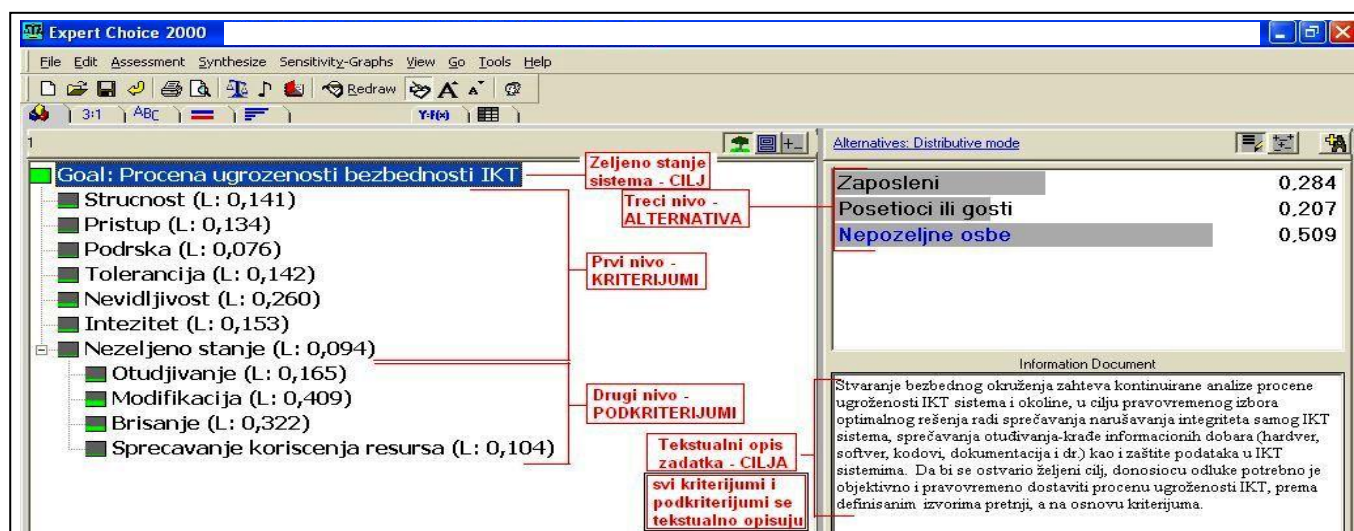
Odlučivanje u IB, značajno može da se unapredi primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja (VKO). Metode VKO se mogu svrstati u:

1. metode *višekriterijumske analize* (VKA) ili, kako se još nazivaju, *višeatributnog odlučivanja*, kojima se vrši izbor najbolje alternative iz prethodno definisanog konačnog skupa alternativa i
2. metode *višeciljnog odlučivanja* (VCO) kojima se vrši projektovanje najbolje alternative.

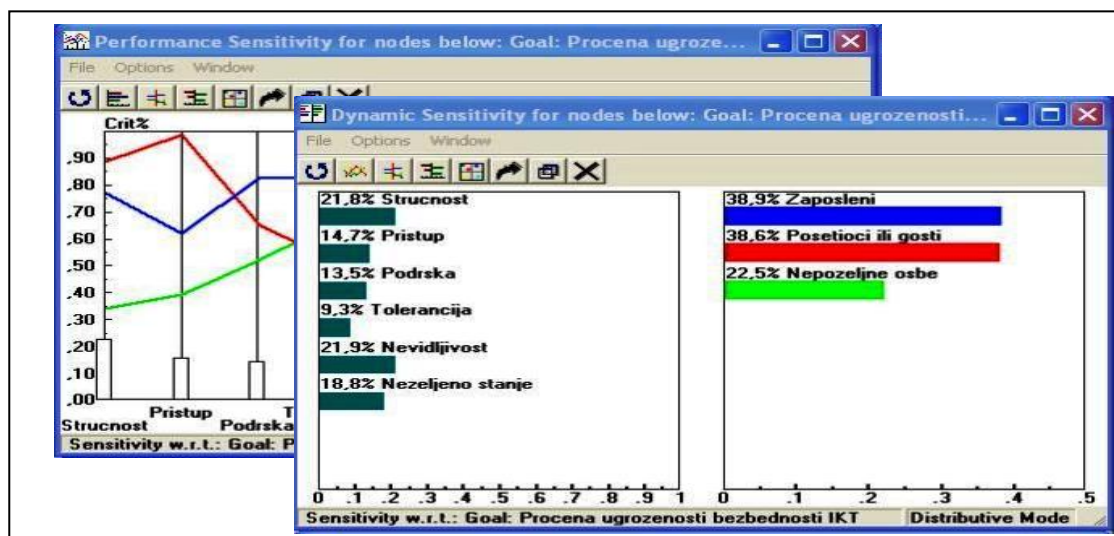
Primena metoda VKA nezamisliva je bez sistema za podršku odlučivanju. Kompleksnost problema, zahteva složena matematička izračunavanja što implicira da je neophodna podrška odgovarajućeg softvera. Softver (Tabela 1.) je značajno sredstvo za primenu VKA, ali nije dovoljan za rešavanje problema. Neophodna su teorijska znanja iz metodologije VKA i poznavanje samog problema. Softver je sredstvo za podršku odlučivanju (Slika 4., Slika 5.) i njegov značaj treba sagledavati samo u tom domenu. U procesu upravljanja u IB, softver može da podrži DO ali ne i da ga zameni.

Oblast	Software
Strukturiranje problema	Decision Explorer
Višeatributno odlučivanje	Criterion Decision Plus, DAM, Decision Lab, ELECCALC, ELECTRE IS, ELECTRE III-IV, Equity, Expert Choice, HIVIEW, Logical Decision, MACBETH, M&P, MacModel, MILDAS, MINORA, MUSTARD, NAIADE, OnBalance, PREFCALC, PRIAME, PRIME Decisions, REMBRANDT, RGDDB, SANNA, TOPSIS, UTA Plus, VIMDA, VIP Analysis, VISA, WebHIPRE, WINPRE
Višeciljno odlučivanje	ADBASE, Feasible Goals Method, Feasible Set in Criterion Space, MultiGen, MOMHLib++, SOLVEX, TOMMIX, TRIMAP, VIG, WWW-NIMBUS, Multistat Optimizer
Problemi sortiranja	ELECTRE TRI, IRIS, PREFDIS, PROAFTN, TOMASO
Portfolio analiza	HiPriority
Grupno odlučivanje	AGAP, AGROS, CTLite, GMCR, Joint Gains, MEDIATOR, SCDAS, WINGDSS
Softver za specijalne namene	ACADEA, AgentAllocator, AutoMan, BANKADVISOR, CASTART, CGX, DIDASN++, DIMITRA, Electrical Power Districting, ESY, FINCLAS, FINEVA, INVEX, MARKEX, MEDICS, MOIRA, SANEX, Skills Evaluator, Steel Mill Scheduling, TELOS, Water Quality Plan

Tabela 1. Softver za podršku odlučivanju



Slika 4. Primer procene bezbednosne pretnje IKT sistemu primenom softvera za podršku odlučivanju- Expert Choice



Slika 5. Primer prikaza rezultata primenom softvera za podršku odlučivanju- Expert Choice

## 5. ZAKLJUČAK

Dosadašnja praksa donošenja odluka u IB ukazuje da je izborom određenih rešenja ostvarivan kratkotrajan efekat u okviru političkih ciljeva koji nisu postavili temeljnu strukturu sistema IB. Odlučivanje je, isključivo, zasnovano na primeni kalitativnih metoda. Pogrešne odluke dovele su do: nepostojanja strateških i doktrinarnih dokumenata kojima se reguliše IB, nepotpuno regulisan zakonski okvir IB, velika informaciona nepismenosti građana Srbije, nedovoljan nivo korišćenja informatičkih sredstava i servisa, nepostojanje e-države, nepostojanje adekvatnog stručnog kadra, slabo razvijena IKT infrastruktura, zastupljena primena nelegalnog softvera i hardvera kako u privatne tako i u državne svrhe i td. Primetno je tehnološko nazadovanje i veliki uticaj potencijalnih bezbednosnih izazova, rizika i pretnji u informacionom sferi u Republici Srbiji. Stalne promene informacionog ambijenta i intenzivan razvoj metoda i modela višekriterijumskog i grupnog odlučivanja predstavljaju odgovarajuće teorijsko uporište za unapređenje načina donošenja upravljačkih odluka. Grupno odlučivanje je izuzetno primenjivo u procesu rada Saveta za nacionalnu bezbednost, koji je najviše upravljačko telo IB u Republici Srbiji. Rad Saveta bio bi unapređen primenom savremenih sistema za podršku grupnom odlučivanju sa interaktivnim funkcionisanjem, baziranim na IKT i sa preciznim algoritmom odlučivanja. Sistemi za podršku odlučivanju olakšali bi rešavanje polustrukturiranih i nestruktuiranih problema i potpomogli zajednički rad grupe sačinjenu od DO. Sistemi za podršku odlučivanju mogu da povećaju efikasnost i efektivnost rada grupe (vremenski bi se ostvarile uštede u realizaciji sastanaka), poboljšan kvalitet donetih odluka, olakšan process vođenja sastanka što je veoma značajno u kritičnim situacijama kada je odluke neophodno odmah donositi.

Primena metoda višekriterijumskog odlučivanja u upravljanju aspektima IB, sa stanovišta analize i upravljanja rizicima, zahteva programski definisano modelovanje izazova, rizika i pretnji IB orijentisano prema informacionim dobrima i IKT sistemima.

Upravljanje IB, kao integralnog dela SNB u Republici Srbiji, potrebno je sistemski koncipirati na stratejskim osnovama na nacionalnom nivou [5]. Neophodno je realizovati naučna istraživanja u stratejskom menadžmentu informacione bezbednosti (višekriterijumska analiza okruženja i definisanje izazova rizika i pretnji, stratejska procena i usmerenje, a potom planiranje, praćenje i kontrola realizacije). Zakonodavni okvir IB treba da obezbedi legislativnu osnovu bezbednosti IKT. Proces upravljanja u sferi IB neophodno je zasnovati i dalje razvijati na teorijskim osnovama.

## LITERATURA

- [1] *Strategija nacionalne bezbednosti Republike Srbije*, Beograd, 2009.
- [2] M.Čupić, M.Suknović, *Odlučivanje* (udžbenik, šesto dopunjeno izdanje), FON, Beograd 2008.
- [3] M.Kovač, D.Stojković *Strategijsko planiranje odbrane*, Vojnoizdavački zavod, Beograd 2009.
- [4] Forca, B., *Strategijski menadžment u odbrani*, *Vojno delo*, zima-2011,
- [5] Petrović S., *O neophodnosti nacionalne strategije zaštite kiber-prostora*, *Nauka Bezbednost Policija (NBP)*, Beograd, vol. XI, no. 2, 2006.
- [6] Kršljanin D., *Primena informacione tehnologije u borbi protiv terorizma*, specijalistički rad, Fakultet Bezbednosti, Beograd, 2006.

# SOFTVERSKO REŠENJE ZA PRIMENU MOBILNIH UREĐAJA I PLOČICA SA BAR KODOM U EVIDENCIJI DRVNIH SORTIMENATA

## SOFTWARE SOLUTION FOR SMART DEVICES AND BAR CODE TALLIES APPLICATION IN EVIDENCE OF WOOD ASSORTMENTS PRODUCTION

Nenad Marković<sup>1</sup>, Dejan Mitrović<sup>1</sup>, Dimitrije Mišić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*JP Srbijašume, Beograd*

<sup>2</sup>*ABSoft, Beograd*

**Sadržaj** – O ovom radu je prikazan nov način evidencije proizvodnje drvnih sortimenata u JP Srbijašume, primenom mobilnih terenskih računara i pločica sa bar kodom, razvoj odgovarajućeg softvera za mobilne računare i prilagođavanje novog načina evidencije postojećoj poslovnoj bazi podataka preduzeća.

**Abstract** – This paper presents the new way of evidence of wood assortments production in PE Srbijasume by introducing the robust smart devices. Paper also shows the development of relevant software for smart devices and its adoption to the existing company's database.

### UVOD

Godišnja proizvodnja drvnih sortimenata u JP „Srbijašume“ u proseku iznosi od 1.100.000-1.200.000m<sup>3</sup>, od čega je oko 450.000m<sup>3</sup> tehničko i ostalo tehničko drvo, a ostatak čini prostorno drvo (ogrevno, celulozno i drvo za drvene ploče).

Proces proizvodnje drvnih sortimenata podrazumeva nekoliko faza rada: seču i izradu, privlačenje (privlačenje, iznošenje ili izvoz iz šume na kamionski put) i prevoz drvnih sortimenata.

Dosadašnji način rada podrazumevao je evidenciju proizvodnje drvnih sortimenata preko odgovarajućih zapisnika u koje su poslovođe odgovarajuće faze rada unosile podatke o odgovarajućem odseku (magacinu). S obzirom na veliki obim proizvodnje, ovi podaci su se unosili sumarno za magacin - evidentirala se ukupno proizvedena, privučena ili optpremljena drvna masa pojedinih sortimenata.

S obzirom da je ovakav način evidencije imao brojne nedostatke, počev od dinamike izrade dokumentacije, do potrebe da se drveni sortimenti još jednom mere na kamionskom putu prilikom prijema privlačenja ili otpreme, došlo se na ideju da se uvede nov način evidencije drvnih sortimenata njihovim obeležavanjem

pločicama sa bar kodom, a da se samo evidentiranje vrši mobilnim računarima na nivou komada, odnosno svakog trupca (složaja u slučaju prostornog drveta) pojedinačno.

Nov način evidencije zahtevao je i izradu odgovarajućeg softvera i njegovu mogućnost konekcije i usaglašenost sa sa ERPom JP Srbijašume koji predstavlja softversko rešenje kompanije ABSoft.

### PROCES PROIZVODNJE

Kao što je već rečeno, drveni sortimenti mogu se grubo podeliti u dve grupe: tehničko drvo (trupci) i prostorno drvo (metarsko). Sama proizvodnja, kada je i jedna i druga grupa proizvoda u pitanju, sastoji se iz tri faze: 1) seča i izrada drvnih sortimenata koja se odvija u šumi, pored panja; 2) izvlačenje (iznošenje u slučaju prostornog drveta) na kamionski put i 3) prevoz drvnih sortimenata do krajnjeg kupca ili na neko stovarište. Posle obaranja stabala ono se prerezuje i na taj način se izrađuju sortimenti – trupci odgovarajuće klase, a od ostatka stabla koji po JUS-u ne zadovoljava uslove ni jedne klase trupaca, izrađuje se prostorno drvo.

Obeležavanje trupaca i do sada se vršilo plastičnim pločicama s tim što je svaka pločica do sada nosila podatak samo o klasi trupca. Prostorno drvo do sada se nije obeležavalo pločicama.

Nov način evidencije trupaca podrazumeva obeležavanje svakog trupca jedinstvenom (unikatnom) plastičnom pločicom, koja pored podatka o klasi nosi i jedinstveni serijski broj. Pri nabavci pločica dobavljaču su dostavljene serije brojeva za svaku klasu trupaca, tako da očitavanje serijskog broja automatski nosi podatak i o klasi. Ideja je bila da svaki proizvedeni trupac dobije svoj serijski broj koji će nositi kroz sve faze rada. Za ovaj serijski broj, pred klase, vezani su i ostali podaci koji se ustanovljavaju na terenu: prečnik, dužina, zapremina i vrsta drveta. Na ovaj način bi se, sa evidencije po količini

izrađenih drvnih sortimenata određene klase, prešlo na evidenciju po komadu.

Nov način evidencije proizvodnje prostornog drveta podrazumeva obeležavanje svakog složaja u šumi jednom pločicom koja se udara na bilo koju od cepanica u složaju, tako da svaki složaj dobija odgovarajući serijski broj. Posle iznošenja prostornog drveta na kamionski put, prelazi se sa evidencije po broju na evidenciju po količini, a iznešene pločice garantuju da je svaki evidentirani složaj iznešen iz šume, što se poverava merenjem zbirnog složaja na kamionskom putu i eventualnom proverom radilišta u šumi.

S obzirom na ogroman broj komada koji se proizvode, realizacija ovakvog načina evidencije ne bi bila moguća bez uvođenja elektronske evidencije na terenu, odnosno bez primene robusnih mobilnih računara.

## ROBUSNI MOBILNI RAČUNARI

Za potrebe novog načina evidencije, u postupku javne nabavke, nabavljeni su robusni mobilni računari, koji, u kompletu sa mobilnim štampačima, treba u potpunosti da odgovore zahtevnim uslovima terenskog rada u šumi. Naravno da primena ovog novog načina evidencije podrazumeva i izradu posebne aplikacije za mobilne računare. Mobilna aplikacija mora biti u dvosmernoj komunikaciji sa poslovnom bazom.

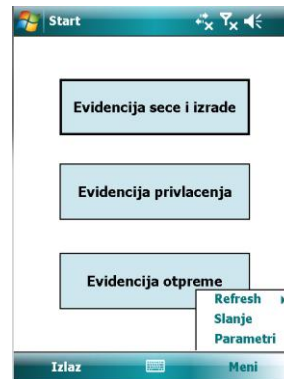
U sledećim poglavljima biće paralelno opisan postupak evidencije drvnih sortimenata i način rada same softverske aplikacije

## EVIDENCIJA TRUPACA

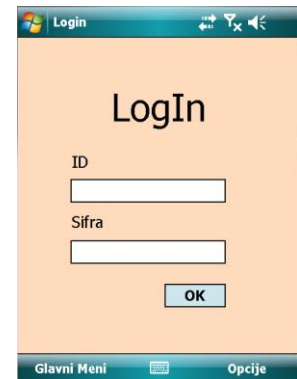
Aplikacija za evidenciju drvnih sortimenata je u dvosmernoj komunikaciji sa poslovnom bazom preduzeća. Ka mobilnom uređaju iz poslovne baze šalju se dve vrste podataka: 1) podaci koji u glavnom predstavljaju različite vrste šifarnika i koji se učitavaju samo po potrebi (ukoliko dođe do promene spiska zaposlenih, kod unosa novih uslužnika i sl.), ali i 2) podaci o prethodno izvršenoj proizvodnji. Ka poslovnoj bazi šalju se podaci o izvršenoj proizvodnji, privlačenju i prevozu drvnih sortimenata. Mobilna aplikacija komunicira sa poslovnom bazom putem web servisa pri čemu može postojati jedan web servis dotupan svim šumskim upravama u okviru gazdinstva ili po jedan web servis u svakoj upravi. Veza između mobilnog računara i uređaja ostvaruje se preko wi-fi veze ili putem USB konekcije – kablom. Opcija bežičnog prenosa putem GPRS veze ostaje otvorena za eventualnu kasniju upotrebu, kada se steknu odgovarajući logistički uslovi – dostupnost GPRS veze na svim terenima na kojima se radovi obavljaju.

Sa ovako pripremljenim računarima postupak evidencije teče na sledeći način:

Pre početka rada, lice zaduženo za prijem izrađenih sortimenata u aplikaciji za mobilne računare bira opciju *Evidencija seče i izrade* i na sledećem ekranu loguje se preko svoga ID-a (lični broj na platnom spisku) i šifre (koju zna samo ono) (slika 1 i 2).

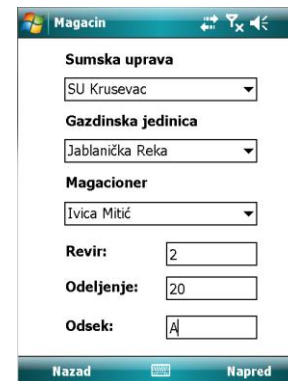


Slika 1



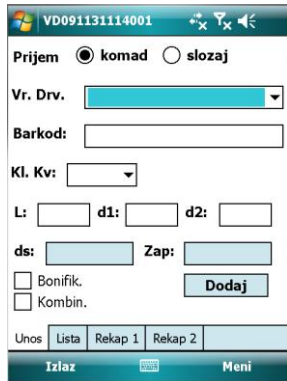
Slika 2

Na sledećem ekranu unose se podaci o mestu rada čime se zapravo formira zaglavlje samog dokumenta. Unose se naziv šumske uprave, gazdinske jedinice, ime magacionera, revir, odeljenje i odsek u kome se radi, odnosno podaci o magacinu pored panja (slika 3).



Slika 3

Posle izrade svakog trupca, u šumi, na čelo trupca poslovođa prijama udara plastičnu pločicu sa bar kodom i odmah potom mobilnim uređajem očitava bar kod i unosi podatke o samom komadu: vrstu drveta, dužinu i dva unakrsna prečnika merena na sredini trupca. Očitavanjem bar koda polje klasa kvaliteta se automatski popunjava s obzirom da serije brojeva pločica definišu i klasu kvaliteta. Takođe, posle unosa dimenzuju trupca softver automatski izračunava i prikazuje srednji prečnik i zapreminu. Postoje i opcije za klarisanje kombinovanih trupca i eventualne bonifikacije. Pri čekiranju opcije za bonifikaciju automatski se otvara dodatni prozor za definisanje elemenata bonifikacije (slike 4 i 5). Pritiskom na dugne dodaj prelazi se na unos sledećeg trupca.

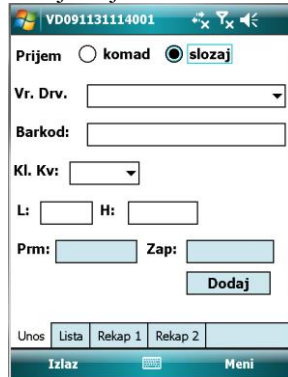


Slika 4



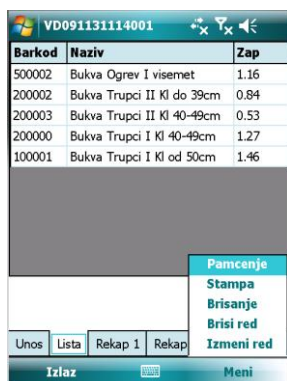
Slika 5

Ukoliko je potrebno evidentirati prostorno drvo, u vrhu istog ekrana bira se opcija *složaj* i tada forma za unos poprima nešto drugačiji oblik (slika 6). Naime, posle unosa vrste drveta, očitavanja bar koda, potrebno je uneti dužinu i visinu složaja koje se mere na terenu.



Slika 6

Tokom rada moguće je i proveriti spisak evidentiranih sortimenata biranjem kartice *Lista* ili pogledati neku od rekapitulacija po artiklima – kartice *Rekap 1* i *Rekap 2* (slike 7 i 8)



Slika 7



Slika 8

Prilikom evidentiranja drvnih sortimenata u jednom odseku, oni se na mobilnom računaru grupišu u jedan dokument. Po završetku rada u određenom odseku formirani dokument u lokalnoj bazi podataka na računaru

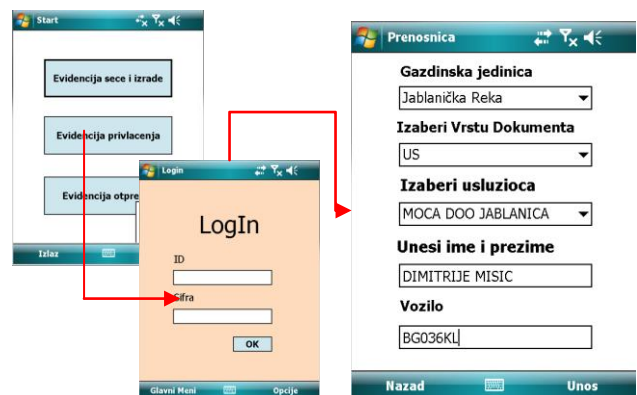
se «zaključava» opcijom *Pamćenje* i posle ovoga nije moguće nikakvo menjanje podataka o evidentiranim drvnim sortimentima u konkretnom dokumentu. Ovo stoga da se spreče eventualne kasnije zloupotrebe u smislu menjanja dimenzija i sl. (slika 7). kao što se na slici 7 vidi, postoji i opcija štampe dokumenta. Predviđeno je da se formirani dokument i štampa robusnim mobilnim štampačem na licu mesta i da takav dokument potpisuju po potrebi poslovođa prijema i magacioner.

Preko opcije *Nazad* moguće je ponovo vršiti prijem drvnih sortimenata u istom magacinu (šumskom odseku) bez ponovnog unosa opštih podataka, odnosno zaglavlja dokumenta. Ovim se formira novi dokument sa novim količinama sortimenata u istom magacinu.

## EVIDENCIJA PRIVLAČENJA

U drugoj fazi proizvodnje vrši se privlačenje trupaca i iznošenje prostornog drveta na tvrdi kamionski šumski put – dakle roba se prebacuje iz magacina pored panja u magacin na tvrdom šumskom putu. Prijem sortimenata na u magacin na šumskom putu sada je krajnje jednostavan: potrebno je samo evidentirati već zabeležene sortimente, odnosno evidentirati njihov prelazak iz magacina pored panja u magacin na kamionskom putu. Ranije se i za prostorno i za tehničko drvo ovo evidentiranje vršilo po količini, a sad se, za trupce, koji ujedno predstavljaju i najvrednije sortimente vrši po komadu.

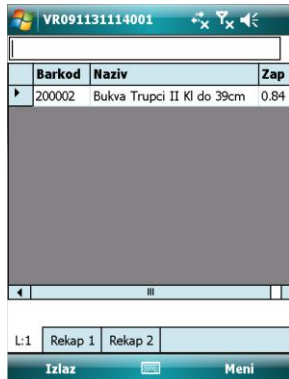
Da bi se otpočeo rad na «prijemu privlačenja» potrebno je na početnoj strani izabrati *Evidencija privlačenja* i zatim preko LogIn stranice (jer ove poslove obično obavlja drugi radnik) doći do strane za unos podataka u zaglavlju dokumenta o prijemu privlačenja (Slika 9).



Slika 9

Kao što se na slici 9 vidi, od opštih podataka unose se naziv gazdinske jedinice, vrsta dokumenta: US – usluge ili RZ – sopstvena režija u zavisnosti da li poslove privlačenja vrše druge firme angažovane za te poslove kao poslove usluga ili se privlačenje obavlja u sopstvenoj režiji, i podaci o uslužiocu, ukoliko se radi o uslugamana

privlačenju drvnih sortimenata. Podatke o odeljenju i odseku nije potrebno unositi jer su oni vezani za sortiment pa se šifra magacina na putu formira iz već unetih podataka za svaki komad automatski. Za trupce, sada je potrebno samo očitati bar kod sa pločice i evidentiran je prelazak komada iz magacina pored panja u magacin na kamionskom putu. Očitavanjem bar koda formira se i puni magacin na putu što se u aplikaciji na mobilnom uređaju vidi kao popunjavanje liste sa sortimentima (slika 10). Prilikom očitavanja bar koda, prikazuje se i forma sa podacima o očitanom trupcu radi kontrole (slika 11).



Slika 10



Slika 11

Kada je u pitanju prostorno drvo, radnici koji rade na poslovima iznošenja prostornog drveta na kamionski put, dužni su da iznesu i cepanicu sa plastičnom pločicom. Na kamionskom putu, od iznešenih složaja formira se jedan (ili više) velikih složaja. Očitavanjem iznešenih cepanica evidentira se da je količina prostornog drveta odgovarajućeg složaja iznešena na kamionski put što je neophodno proveriti merenjem.

Osnovni problemi koji se javljaju u ovoj fazi rada su otpadanje pločice sa čela trupca prilikom privlačenja i nečitljivost same pločice. Dok je u prvoj fazi proizvodnje – seči i izradi – pločica očitavana odmah posle udaranja na čelo trupca, te nije bila u mogućnosti da se ošteti ili spadne, ovde grubi poslovi privlačenja drvnih sortimenata po nepristupačnom terenu i često lošim vremenskim uslovima, dovode do mogućnosti da se 1) najčešće pločica toliko zaprlja (debeo sloj blata ili leda na čelu trupca) da je nemoguće ne samo očitati bar kod, već da nije moguće ni videti pa samim tim ni ukucati broj bar koda i 2) da pločica potpuno spadne u toku privlačenja.

Ovi problemi trenutno se rešavaju delimičnom sitnijom promenom metodologije rada u smislu da se pazi da se pločice udaraju u smeru suprotnom od privlačenja, tako da je mala verovatnoća da dođe do oštećenja i spadanja pločica. Ipak, u slučajevima kada se to desi (1-2% spalih pločica), komadi bez pločica ostavljaju se sa strane i na kraju vršiti rekonstrukcija po dimenzijama.

## EVIDENCIJA OTPREME

Otprema drvnih sortimenata podrazumeva utovar trupaca i prostornog drveta na kamion i njihovu otpremu ili krajnjem kupcu ili na drugo stovarište van šume.

Za početak rada na otpremi potrebno je logovati se ponovo i uneti neke opšte podatke o zaposlenima ili uslužnoj formi koja vrši otpremu (slika 12)



Slika 12

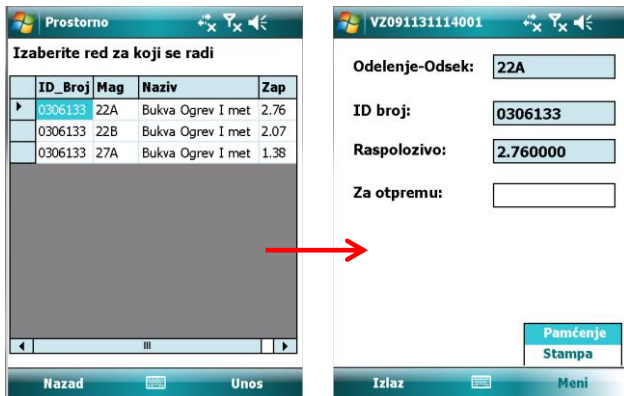
Kao što se na slici 12 vidi, otprema trupaca i prostornog drveta unekoliko se razlikuje, i na formi za unos osnovnih podataka potrebno je izabrati da li će se vršiti otprema trupaca (*komad*) ili prostornog drveta (*složaj*).

Kada se vrši otprema trupaca posao se svodi opet na prosto evidentiranje komada utovarenih u kamion: očitava se bar kod na pločici utovarenog trupca, formira se lista drvnih sortimenata i softver automatski kreira dokument i otpremnicu. Dokument se takođe štampa na mobilnim štampačima na licu mesta, rekapitulacija po količini i artiklima se takođe štampa i ovi odštampani dokumenti prikazuju se za propisani dokument – otpremnicu, u koju je za sada neophodno prepisati rekapitulirane podatke.

Kada se vrši otprema prostornog drveta, otprema se vrši po količini. Pri utovaru određene količine u kamion, sa liste primljenih količina treba izabrati iz koje stavke – iz kog magacina i koja količina se želi otpremiti. (slike 13)

Izborom stavke – magacina otvara se forma u kojoj se na osnovu raspočožive količine unosi količina za otpremu. Naravno da se u ovo polje može maksimalno uneti količina koja je u tom magacinu raspoloživa. Ukoliko je ukupna masa za otpremu veća, dodaje se masa iz drugog magacina.





Slika 13

## KOMUNIKACIJA SA SERVEROM – PRENOS PODATAKA I OSVEŽAVANJE BAZE NA MOBILNOM UREĐAJU

Iz dosada navedenog, jasno je da na mobilnom uređaju moraju da se nalaze podaci o evidentiranim drvnim sortimentima u sve tri faze, odnosno, da bi se obavljali poslovi prijema privlačenja na uređaju moraju postojati podaci o primljenim drvnim sortimentima na seči i izradi, a da bi se vršila otprema, na uređaju moraju postojati podaci o primljenim sortimentima u fazi privlačenja. Kako se svi ovi poslovi ne obaljavaju u istom danu i ne obavljaju ih isti zaposleni sa istim mobilnim računarima, baze podataka na mobilnim računarima međusobno, kao i poslovna baza podataka na serveru, moraju biti usklađeni.

Kao što je već rečeno aplikacija za evidenciju sortimenata na mobilnom uređaju je u dvosmernoj komunikaciji sa poslovnom bazom preduzeća. Ova okomunikacija ostvaruje se preko wi-fi veze ili preko USB kabla. po završetku rada ili, ako je tako zgodnije na početku radnog dana, pre odlaska na teren, zaposleni povezuje uređaj sa poslovnom bazom podataka i preko opcije *Slanje* šalje podatke sa svog uređaja u poslovnu bazu podataka. Preko opcije *Refresh* bira fazu rada za koju želi da osveži podatke (slika 14)



Slika 14

Za potrebe komunikacije između dva mobilna računara na jednom radilištu, u uslovima naročito povećanog obima proizvodnje, planira se da se u aplikaciju uvede i mogućnost usklađivanja dva mobilna računara na terenu putem Bluetooth-a. Takođe, u trenutku kada to dostupnost GPRS signala na svim terenima na kojima posluje Javno preduzeće bude dozvolila, planira se da se usklađivanje mobilnih računara sa poslovnom bazom podataka obavlja sa terena bežičnom GPRS vezom.

## ZAKLJUČAK

Mnoge nedostatke koji se javljaju kao posledica dosadašnjeg načina rada u procesu evidencije proizvodnje drvnih sortimenata, moguće je prevazići primenom savremenih tehnoloških dostignuća u oblasti računarske tehnologije, pre svega korišćenjem terenskih računara, prilagođenih za poslovanje u ekstremnim uslovima u šumi. Izrada aplikacije za mobilne računare sa Windows Mobile operativnim sistemom, iako na izgled jednostavan zadatak, morala je da odgovori na niz zahteva da bi operativno bila upotrebljiva. S obzirom na činjenicu da se terenski računari koriste u ekstremnim uslovima posebno je da aplikacija bude koncipirana tako da se minimalizuje broj podataka za unos, da se maksimalno eliminiše mogućnost greške i da u svakom momentu postoji logička kontrola unesenih podataka.

Upotreba terenskih računara, podrazumeva potpunu sinhronizaciju sa poslovnom bazom podataka i delom IS koji prati poslovne procese. Svi, do sada ustanovljeni šifarnici, obrasci, dokumenta, poslovni procesi itd., ostali su nepromenjeni ili su pretrpeli minimalne promene, a novi način rada ne samo da olakšava rad zaposlenih na terenu, već značajno ubrzavaju proces obrade podataka, dovode do maksimalne ažurnosti podataka i smanjuju ili potpuno uklanjaju mogućnost greške ili namerne manipulacije podacima.

## LITERATURA

- [1] Tan, E : .NET Compact Framework 3.5 Data-Driven Applications, Pact Publishing Ltd., Birmingham, UK, 2010
- [2] Yang, B., Zheng, P., Ni, L.: Professional Microsoft Smartphone Programming, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, IN, USA, 2007
- [3] Nikolić, S.: Proučavanje važnijih faktora efekata prve faze transporta drveta, Šumarstvo IV/5, str- 3-14, Beograd, 1991.
- [4] Popović, V. : Iskorišćavanje šuma I i II deo, Zvod za izdavanje udžbenika, Beograd, 1991

# ZNAČAJ I PRIMENA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U PRAĆENJU RAZVOJA ENERGETSKOG MENADŽMENTA U ZGRADARSTVU

## THE IMPORTANCE AND APPLICATION OF ICT IN MONITORING OF ENERGY MANAGEMENT MONITORING IN BUILDINGS

Dragica Radosav<sup>1</sup>, Aleksandar Tomović<sup>1</sup>, Dragana Glušac<sup>1</sup>  
*Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Univerziteta u Novom Sadu<sup>1</sup>*

**Apstrakt** – Razvoj javne svesti o ubrzanom trošenju rezervi fosilnih goriva počelo je velikom energetsom krizom sedamdesetih godina XX veka. Od tada se kontinuirano preduzimaju mere u cilju smanjenja potrošnje primarnih izvora energije. Značajan pomak u smanjenju potrošnje primarnih izvora energije jeste prelazak sa štednje na njihovo efikasno i racionalno korišćenje. Prema procenama, preko 40% od ukupno utrošene energije troši se na termičku regulaciju u zgradama, što predstavlja veliki prostor za potencijalnu uštedu. Osnova optimalnog upravljanja potrošnjom energije jeste implementacija sistema energetske menadžmenta. Ovaj sistem mora biti podržan relevantnim zakonskim dokumentima, koji su doneti u Srbiji po ugledu na EU direktive. Preduslov održivosti ovog sistema jeste postojanje baze podataka odakle će energetske menadžeri, kao i građani biti upoznata sa trenutnim postignućima i budućim trendovima u razvoju ove oblasti, što je i tema ovog rada.

**Abstract** – The development of public consciousness of accelerated fossil fuel consumption begun with the first great energy crisis in the 1970s. Ever since the crisis, precautionary measures have been implemented in order to decrease the consumption of primary energy sources. The significant step in this process was the implementation of efficient and rational use vs. traditional reduction of fuel consumption. According the estimates, over 40 % of total energy has been used for thermal regulation in buildings, thus this area has a significant potential in rationalization the energy consumption. The foundation of optimal energy utilization lies in the implementation of the energy management system. This system has to be supported by the relevant legislative documents, which have been implemented in Serbia according to EU Directives. A prerequisite of the sustainability of the system is the existence of the global data base. This base should be the source of information about current achievements and future trends in this area for energy managers and citizens. The importance of ICT through the data base is analysed in this paper.

### 1. UVOD

Sistem energetske menadžmenta se definiše kao sistem organizovanog upravljanja energijom koji obuhvata najširi skup regulatornih, organizacionih, podsticajnih, tehničkih i drugih mera i aktivnosti, kao i organizovanog praćenja i analize proizvodnje, prenosa, distribucije i potrošnje energije, koje u okvirima svojih ovlašćenja utvrđuju i sprovode organi državne uprave, organi

jedinica lokalne samouprave i obveznici sistema energetske menadžmenta [1]. Pozitivni efekti implementacije ovog sistema ogledaju kroz sledeće pokazatelje:

- Ekonomske;
- Ekološke;
- Nezavisnost u snabdevanju energentima i energijom;
- Očuvanje neobnovljivih izvora energije.

Potrošnja energije u zgradama (javnim, stambenim i komercijalnim) je oko 40 % od ukupne svetske potrošnje [2], pri čemu u Srbiji 38,5% od ukupne potrošnje energije koristi se u zgradarstvu [3]. Ovo ostavlja značajne mogućnosti za smanjenje potrošnje energije, korišćenjem mera efikasnog energetske menadžmenta, čime bi se racionalizovala potrošnja energije, što bi se direktno odrazilo na povišenje životnog standarda građana u smislu povećanja životnog komfora i smanjenja troškova za energente. Za poboljšanje i racionalizaciju korišćenja energije u zgradarstvu neophodno je dobro planiranje, projektovanje i izvođenje građevinskih radova i termotehničkih instalacija, efikasno korišćenje raspoloživih tehnika i tehnologija, razvijena svest o racionalnoj potrošnji energije i mogućnosti za njeno sprovođenje, integrisan sistem energetske menadžmenta na lokalnom, regionalnom i nacionalnom nivou. Pokazano je da se može izvršiti smanjenje potrošnje energije za 80 do 90 % primenom prethodno navedenih mera [2]. Značajnu ulogu u praćenju i implementaciji sistema energetske menadžmenta imaju energetske menadžeri. Prema [1] energetske menadžer je fizičko lice imenovano od strane obveznika sistema energetske menadžmenta da prati i beleži načine korišćenja i količine upotrebljene energije, predlaže i sprovodi mere efikasnog korišćenja energije i obavlja druge poslove utvrđene zakonom.

### 2. OSNOVNI ELEMENTI POVEĆANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADARSTVU

U svetu je uočena mogućnost značajne uštede energenata i njihove oslobođene energije povišenjem stepena implementacije mera energetske efikasnosti. Zavisno od primene ovih mera zgrade se mogu svrstati u više kategorije u zavisnosti od potrošnje energije za grejanje. Prema literaturnom izvoru [2] razlikuju se:

- Prosečne zgrade iz postojećeg stambenog fonda;
- Zgrade građene prema najnovijim standardima toplotne zaštite;

- Pasivne kuće;
- „Zelene“ kuće;
- Zgrade koje minimalno troše energiju;
- Zgrade koje ukupno posmatrano nemaju potrebu za energijom;
- Energetski pozitivne zgrade.

Evropski trend je izgradnja zgrada koje minimalno troše energiju, što je predviđeno evropskom direktivom 2010/31/EU.

Osnovne mere poboljšanja energetske efikasnosti zgrade ogledaju se u optimizaciji:

- Toplotne izolacije građevinskog omotača zgrade;
- Kvaliteta prozora;
- Lokalne regulacije sistema klimatizacije, grejanja i hlađenja (KGH);
- Upravljanja energijom u zgradi;
- Održavanja KGH postrojenja;
- Korišćenja otpadne toplote iz KGH sistema;
- Korišćenja štedljivih sijalica i električnih aparata sa malom jediničnom potrošnjom energije;
- Ugradnje sistema za kogeneraciju, čime se postiže efikasnije korišćenje toplote iz primarnog izvora energije.

Glavna asocijacija na povišenje stepena energetske efikasnosti zgrade vezana je za postavljanje ili rekonstrukciju toplotne izolacije građevinskog omotača zgrade. U ovu svrhu se koriste termoizolacioni materijali koje je moguće klasifikovati u dve grupe. Prema [2] u prvu grupu spadaju: mineralna vuna, stiropor i poliuretani, dok u drugu grupu spadaju: presovana trska, pluta, termoizolacioni malteri, durisol, itd. Materijali iz prve grupe imaju bolja termoizolaciona svojstva od materijala iz druge grupe. Pored prekrivenosti omotača zgrade i krova termoizolacionim materijalom, značajan faktor jeste eliminacija toplotnih mostova. Ukoliko toplotne mostove nije moguće izbeći iz konstruktivnih razloga potrebno je da budu dodatno izolovani.

Prilikom optimizacije kvaliteta prozora potrebno je obratiti posebnu pažnju na: veličinu prozora, materijal rama, broj stakala, vrstu ostakljenja, ispunu između stakala i zaptivenost prozora kao najbitniji element, kojim se definiše količina infiltriranog okolnog vazduha.

Kvalitetan rad KGH sistema se, u načelu, postiže optimizacijom i automatizacijom njegove regulacije. Lokalna regulacija sistema za centralno grejanje je neophodna u cilju redukcije količine toplote potrebne za grejanje kroz iskorišćenje toplotnog uticaja od Sunčevog zračenja, ljudi osvetljenja, električnih uređaja i dr. Pored optimalnog upravljanja kvalitetno održavanje KGH instalacija je od velikog značaja. Ovo se pre svega ogleda u sprečavanju curenja, balansiranju mreže, ispravnom radu automatike, čišćenju instalacije od zaprljanja, kontroli i zameni ventila, itd. Primenom mera lokalne automatske regulacije uz redovno održavanje instalacije i iskorišćenje otpadne toplote postiže se povišen stepen iskorišćenja instalisanog KGH sistema.

### 3. PRAVNI OKVIR ZA UVOĐENJE EFIKASNOG KORIŠĆENJA ENERGIJE U ZGRADARSTVU

Srpska energetska politika zasnovana je na političkom opredeljenju zemlje za ekonomično usklađivanje razvoja celokupnog energetskeg sistema sa ekonomskim razvojem zemlje i njenim uključivanjem u evropske integracije [3]. U evropskom zakonodavstvu se poseban akcenat stavlja na zgrade javnog sektora, gde treba ostvariti najveću uštedu energije u najkraćem roku kako bi se dao dobar primer građanima o implementaciji mera energetske efikasnosti.

Relevantne evropske direktive za ovu oblast su:

- Direktiva 2006/32/EC – o energetskeg efikasnosti u krajnjoj potrošnji i energetskeg uslugama;
- Direktiva 2002/91/EC – o energetskeg performansama objekata, nije na snazi od 2010. godine;
- Direktiva 2010/31/EU – o energetskeg svojstvima zgrada;
- Direktiva 92/75/EEC – označavanje energetske klase aparata u domaćinstvu, nije na snazi od 2010;
- Direktiva 2010/30/EU – o označavanju i informisanju o potrošnji energije standardnih proizvoda i drugih energetskeg značajnih proizvoda.

Na osnovu direktive 2006/32/EC usvojen je Prvi akcioni plan za energetskeg efikasnost Republike Srbije za period od 2010. do 2012. godine, gde je između ostalog najavljen Zakon o efikasnom korišćenju energije, koji predstavlja osnov za uvođenje uređenog sistema energetskeg menadžmenta u Republici Srbiji.

Zakonu o efikasnom korišćenju energije prethodili su sledeći zakonski i podzakonski akti čije su odredbe relevantne za energetskeg efikasnost u zgradarstvu:

- Zakon o energetici („Sl. glasnik RS“, broj 84/2004, 57/2011, 80/2011, 93/2012 i 124/2012);
- Zakon o planiranju i izgradnji („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009, 81/2009, 64/2010 – odluka US, 24/2011 i 121/2012);
- Pravilnik o energetskeg efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011);
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskeg svojstvima zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 69/2012).

Pojam energetskeg menadžmenta i efikasnog korišćenja energije nije bio definisan pre usvajanja Zakona o efikasnom korišćenju energije („Službeni glasnik RS br. 25/2013“), kojim je postavljena osnova za uvođenje sistema energetskeg menadžmenta na državnom i lokalnom nivou. Ovaj zakon definiše osnovna načela o efikasnom korišćenju energije [1], i to su:

1. Energetska sigurnost;
2. Konkurentnost proizvoda i usluga;
3. Održivost korišćenja energije;
4. Organizovano upravljanje energijom – upravljanje potrošnjom energije;
5. Ekonomska isplativost mera energetske efikasnosti;
6. Minimalni zahtevi energetske efikasnosti.

Zasnovano na prethodnim načelima ovim zakonom se uređuju uslovi i način efikasnog korišćenja energije i energenata, politika efikasnog korišćenja energije, sistem energetske menadžmenta, označavanje nivoa energetske efikasnosti proizvoda koji utiču na potrošnju energije, minimalni zahtevi energetske efikasnosti u proizvodnji prenosu i distribuciji električne i toplotne energije i isporuci prirodnog gasa, finansiranje, podsticajne i druge mere u ovoj oblasti i sva pitanja od značaja za prava i obaveze fizičkih i pravnih lica, a u vezi sa korišćenjem energije [1].

Ove odredbe stvaraju uslove za smanjenje zagađenja i emisiju CO<sub>2</sub>, očuvanje prirodnih resursa, kao i sveukupno poboljšanje životnog standarda građana, što je obrađeno u analizi [6].

Okosnica razvoja uređenog sistema energetske menadžmenta u zgradarstvu uređena je: Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada i Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada. Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada bliže se propisuju energetske svojstva i način izračunavanja toplotnih objekata visokogradnje, kao i energetske zahtevi za nove postojeće objekte [4]. Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada bliže se propisuju uslovi, sadržina i način izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada.

Dokument od posebnog značaja jeste sertifikat o energetske svojstvima zgrada tzv. „energetski pasoš“. Ovaj dokument sadrži podatke o izračunatoj vrednosti potrošnje energije, energetske razred i preporuke za poboljšanje energetske svojstava zgrade. Ovaj dokument izdaje ovlašćena organizacija koja ima licencu za izdavanje energetske pasoš. U energetske sertifikaciji zgrada učestvuje odgovorni inženjer za energetske efikasnost zgrada, koji poseduje licencu za energetske sertifikaciju zgrada. Ovaj inženjer predstavlja svojevrstog energetske menadžera specijalizovanog za rad u zgradarstvu.

Prema [1] energetske menadžer je fizičko lice koje je imenovano od strane obveznika sistema energetske menadžmenta da prati i beleži načine korišćenja i količine upotrebljene energije, predlaže i sprovodi mere efikasnog korišćenja energije i obavlja ostale relevantne poslove.

Zbog multidisciplinarnosti poslova i oblasti kojima se energetske menadžer bavi potrebno je obezbediti odgovarajuće alate, čijom bi se primenom rad učinio efikasnijim i manje podložnim greškama. Pre svega se misli na kreiranje i ažuriranje baze podataka koja bi

sadržala sve podatke značajne za pravilno sprovođenje energetske menadžmenta za određeni objekat ili postrojenje i time učinila te podatke stalno dostupnim menadžeru.

#### 4. ZNAČAJ PRAĆENJA ZA RAZVOJ I ODRŽIVOST SISTEMA ENERGETSKOG MENADŽMENA U ZGRADARSTVU

Preduslovi za održivu potrošnju energenata jesu: razumevanje gde i kako se koristi oslobođena energija, praćenje potrošnje, kontrola i optimizacija njenog korišćenja. Za potrošnju energije u zgradarstvu važe svi ovi koraci, pa se tako održivost sistema energetske menadžmenta u zgradarstvu se ogleda u kontinuiranoj primeni elemenata za povišenje energetske efikasnosti i praćenje dobijenih rezultata. Prema [7], postizanje održivosti i unapređenja ovog sistema zasniva se na implementaciji prikupljanja podataka i monitoringa vezanih za instalacije i konstrukcije, zatim se te informacije analiziraju na osnovu preporuka i standarda. Dobijena analiza se izlaže korisnicima, čime se utiče na širenje njihove svesti i podiže nivo edukovanosti. Na osnovu prethodnih koraka vrši se optimizacija u cilju smanjenja potrošnje energije. Ovi koraci prikazani su na slici 1.



Slika 1. Koraci implementacije energetske menadžmenta u zgradarstvu [7]

Dakle, kao osnovni korak jeste monitoring potrošnje energije čije praćenje pruža mogućnost optimizacije potrošnje. Ovo praćenje može se vršiti korišćenjem specijalizovanih softvera čime se smanjuje mogućnost greške, pri čemu se pre svega misli na unificiranu bazu relevantnih podataka. Ova baza bi pored podataka o konstrukcionim i instalacionim karakteristikama zgrada i podsistema trebala da sadrži podatke o potrošnji energije razvrstano po tipu, kao i konstantno ažuriranje o primenjenim merama energetske efikasnosti.

Kako javne zgrade treba da predstavljaju primer onima u privatnom vlasništvu to su razvijeni razni metodi monitoringa potrošnje energije u javnom sektoru. Tako je razvijena platforma za praćenje u kontrolnim tačkama [8], koja je stalno dostupna ovlašćenim licima. Ovaj primer predstavlja pravilan monitoring i prikupljanje podataka u cilju daljeg upravljanja potrošnjom energije. Dalji značaj praćenja za optimizaciju potrošnje energije u zgradama jeste konkretna regulacija sistema za KGH i osvetljenja, gde praćenjem parametara i upoređivanjem sa zadatim vrednostima sistem upravljanja reguliše potrošnju energije u zgradi. Optimizacijom praćenja promena u sistemu optimizuje se i sama regulacija zgrade [9].

Značaj monitoringa je prepoznat od strane evropskih vlasti gde se definiše kao jedan od sastavnih članova aktivnog energetske menadžmenta. Razlog za to je što se

pravilnim monitoringom potrošnje energije i implementacijom rezultata na sistemskom nivou može se postići visok nivo energetske efikasnosti i optimizacija rada energetskih sistema u zgradama.

U Srbiji je značaj praćenja za energetske menadžment izražen kroz zakon [1], gde je praćenje potrošnje energije, pored primene mera za povećanje energetske efikasnosti osnovni alat za upravljanje potrošnjom energije i smanjenje ukupne potrošnje primarne energije. Istim zakonom predviđeno je i postojanje baze podataka koju vodi Ministarstvo i značajna je za funkcionisanje sistema energetskog menadžmenta na svim nivoima.

## 5. PRIMENA INFORMACIONO KOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA U ENERGETSKOM MENADŽMENTU

Informaciono komunikacione tehnologije mogu se koristiti u cilju optimizacije korišćenja energije na više načina, neki od njih su: modeliranje i simulacija potrošnje energije, analiza potrošnje energije i ponašanja korisnika, monitoring i prikaz rezultata u cilju optimizacije potrošnje primarnih izvora energije. Pored toga IKT se mogu koristiti u projektovanju zgrada i upravljanju postojećim instalacijama, kao i za generisanje podataka na nivou opštine, grada, regiona i države u jedinstvenu bazu.

Ovakvo korišćenje IKT-a zahteva multidisciplinarni pristup i međusektorsku saradnju u cilju podizanja nivoa sistema energetskog menadžmenta. Tako, primena informacionih tehnologija zahteva razvoj i implementaciju hardverskih i softverskih rešenja, kao i osposobljavanje ljudi za njihovo korišćenje u praksi. Za energetske menadžere je od posebnog značaja uspostavljanje programa za monitoring potrošnje energije. Uloga ovog programa bila bi praćenje i poređenje potrošnje energije kod potrošača istog tipa, zatim razvoj plana za optimizaciju korišćenja energije.

Softver za podršku rada energetskog menadžera u zgradarstvu treba da omogućiti:

- Da se formira baza podataka o objektima čija se potrošnja energije prati;
- Da se unese i redovno ažurira tačnost relevantnih podataka o objektu (opštih, konstrukcionih i energetskih);
- Da se vrši prikupljanje podataka o potrošnji energenata i vode (automatski ili manuelno);
- Da se vrši obrada prikupljenih podataka;
- Da se vrši analiza prikupljenih podataka;
- Da se vrši definisanje i realizacija ciljeva za smanjenje potrošnje primarnih izvora energije i emisije CO<sub>2</sub>;
- Da se vrši kontrola materijalnih troškova za održavanje i eksploataciju energetskih sistema;
- Da se omogući komunikacija korisnika;
- Da se automatski detektuje prekoračenje potrošnje energije u odnosu na onu definisanu energetskim pasošem;

- Da se omogući dostupnost podataka radi jednostavnijeg i ažurnijeg praćenja sistema potrošnje energije.

U Evropi se radi na ubrzanom razvoju softvera ovog tipa, koji su pre svega dostupni ovlašćenim licima – energetskim menadžerima. Jedan od takvih softvera je i ISGE [10], koji je razvijen od strane Instituta za energetiku i zaštitu okoliša Republike Hrvatske. Ovaj softver je projektovan na platformi relacione baze podataka i web arhitekturi, što čini da mu se može pristupiti sa bilo kog računara koji poseduje internet priključak.

Sličan softver primenjen je u istraživanju doprinosa energetskih pasoša poboljšanju energetske efikasnosti zgrada javnih zgrada u Evropi. Kreirana je baza podataka sa energetskim karakteristikama preko 10 000 zgrada u Evropi, čime je postignuta mogućnost analize trendova u povišenju energetske efikasnosti, kao i trenutnih energetskih performansi zgrada. Literaturni izvor [11] bavi se značajem energetskih sertifikata/pasoša za smanjenje potrošnje energije u zgradama u Evropi koristeći ovu bazu podataka, pre svega sa osvrtom na promene ponašanja u potrošnji energije korisnika zgrada. Dakle, postojanje jedne ovakve baze može biti značajno za razvoj različitih pristupa problemima energetskog menadžmenta. Još se navodi da je postojanje ovakve baze podataka od velikog značaja za promenu svesti korisnika, jer se na taj način povećava dostupnost informacija, a samim tim i potencijal za edukaciju korisnika.

U cilju holističkog pristupa doprinosu informacionih tehnologija energetskom menadžmentu u zgradarstvu [10], pored već navedenih baza podataka sa energetskim karakteristikama zgrada, potrebno je obratiti pažnju na njihovu primenu u monitoring i analizi potrošnje energije na nivou same zgrade. Ovo podrazumeva svojevrsan automatizovan sistem upravljanja potrošnjom energije na nivou jedne zgrade. Povezivanjem tog, lokalnog sistema sa globalnom bazom energetskih podataka postiže se potpuna automatizacija nadzora potrošnje energije u zgradarstvu. Međutim ovakvi sistemi zahtevaju visoka ulaganja na nivou zgrade, pa se zbog toga unos podataka u većini slučajeva odvija manuelno.

Jedan od sistema praćenja potrošnje energije na nivou zgrade razvijen je od strane grupe naučnika iz Kine i prikazan kroz literaturni izvor [12]. Ova instalacija omogućava on-lajn praćenje potrošnje energije u zgradi, na osnovu instaliranih mernih instrumentata za praćenje: ambijentalne temperature, potrošnje električne energije, potrošnje vode i utroška količine toplote. Podaci se sakupljaju i šalju na server, kao veza koristi se internet konekcija, ovi podaci su stalno dostupni ovlašćenim osobama kroz internet pristup.

## 6. ZAKLJUČAK

Srbija je na putu pridruživanja Evropskoj uniji i jedna od zemalja potpisnika Kjoto protokola, s toga treba da uvede značajne reforme u svoj energetske sistem kako bi isti postao efikasniji. Motivisani značajnom potrošnjom energije u oblasti zgradarstva u Srbiji autori su izložili osnovne metode za povećanje nivoa energetske efikasnosti i uštedu primarnih energetske resursa bez smanjenja životnog komfora. Pored toga dat je pregled dosadašnje zakonske regulative u pogledu povećanja energetske efikasnosti i uvođenja sistema energetskeg menadžmenta. Posebno je naglašen značaj uspostavljanja uređenog sistema energetskeg menadžmenta počev od lokalnog, preko regionalnog do državnog nivoa. Prilikom uspostavljanja ovog sistema neophodna je edukacija i povišenje nivoa infrastrukture. U tom smislu tretiran je značaj monitoringa za povišenje energetske efikasnosti u zgradarstvu, kao i informaciono komunikacionih tehnologija za uspostavljanje uređenog sistema energetskeg menadžmenta. Naročito smo se fokusirali na kreiranje zajedničke baze podataka koja bi sadržala energetske karakteristike zgrada i bila stalno dostupna energetskeg menadžerima u zgradarstvu. Korišćenjem ovakve baze omogućila bi se razmena iskustava i kontinualan monitoring stanja u energetskeg efikasnosti u zgradarstvu Republike Srbije. Predlaže se formiranje ovakve baze prvo za javne zgrade na teritoriji Republike Srbije, kao dobar primer privatnom sektoru u skladu sa iskustvima na teritoriji EU.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj – Autonomne pokrajina Vojvodine, broj: 114-451-3836/2013-03, (Naslov projekta: „WEB portal energetskeg menadžmenta opština sa primerom portala opštine Bečež“).

## LITERATURA

- [1] Zakon o efikasnom korišćenju energije („Službeni glasnik RS br. 25/2013“).
- [2] Živković, B., Jankes, G., Novaković V. Energetska efikasnost u energetici i zgradarstvu kao mera zaštite životne sredine, Zbornik radova, Energetika i životna sredina, str. 519-538, Beograd, 2013.
- [3] Prvi akcioni plan za energetskeg efikasnost Republike Srbije za period od 2010. do 2012. godine.
- [4] Pravilnik o energetskeg efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011).
- [5] Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskeg svojstvima zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 69/2012).
- [6] Kovačević, A. „Zaglavljani u prošlost: Energija, životna sredina i siromaštvo u Srbiji i Crnoj Gori“, CeSID, Beograd, 2003.
- [7] Gökc, e, H. U. (2010). Multi-dimensional analysis of building performance data for energy efficient building operation. Cork, Ireland: National University of Ireland (PhD thesis).
- [8] Liang, Z., Ji-li Z., Ruo-bing, Liang. „Development of an energy monitoring system for largepublic buildings“, Energy and Buildings 66 (2013) pp 41–48.
- [9] Aghemo, D., et al., „Management and monitoring of public buildings through ICT based systems: Control rules for energy saving with lighting and HVAC services“, Frontiers of Architectural Research (2013) 2, 147–161.
- [10] EKOENERG – Institut za zaštitu okoliša d.o.o. Informacijski sustav za gospodarenje energijom ISGE, Zagreb 2011.
- [11] Bull, R., Chang, N., Fleming, P. „The use of building energy certificates to reduce energy consumption in European public buildings“, Energy and Buildings 50 (2012) 103–110.
- [12] Zhao, L., Zhang, Ji-li., Liang, Ruo-bing, „Development of an energy monitoring system for largepublic buildings“, Energy and Buildings 66 (2013) 41–48.

# BIBLIOTEKA ZA PARAMETARSKO PREDSTAVLJANJE KRIVIH - RAZVOJ I KORIŠĆENJE

## THE LIBRARY FOR PARAMETRIC REPRESENTATION OF CURVE - DEVELOPMENT AND USE

Branislav P. Bogdanović<sup>1</sup>, Vladica S Ubavić<sup>1</sup>, Danilo J. Oklobdžija<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Visoka poslovna škola strukovnih studija – Blace*

**Sadržaj** – U ovom radu prikazani su razvoj i način korišćenja biblioteke ParametricCurveLib, koja omogućava prikaz parametarski predstavljenih krivih. Biblioteka omogućava izračunavanje homogenih koordinata tačke krive, pomoću Hermitovih polinoma, Bezierovih i B-splajn težinskih funkcija. Biblioteka je razvijena korišćenjem Visula Studia 2008 u programskom jeziku C#. Za prikaz rezultata primene biblioteke, korišćen je najrasprostranjeniji grafički aplikativno programski interfejs OpenGL. Osnovna svrha korišćenja biblioteke ParametricCurveLib je sagledavanje karakteristika različitih težinskih funkcija i kako te razlike utiču na izgled rezultujuće krive.

**Abstract** — This paper shows the development and the ways of using the ParametricCurveLib library, which enables the representation of parametric curves. The library enables calculation of homogeneous coordinates of the curve by Hermite polynomials, Bézier and B-spline blending functions. The library was developed using Microsoft Visual Studio 2008 in C # programming language. The most widely used graphics application programming interface OpenGL was used for representation of the results of the library. The main purpose of using the ParametricCurveLib library is to perceive the characteristics of different blending functions and how these differences affect the appearance of the resulting curve

### 1. UVOD

U savremenim sistemima za projektovanje i proizvodnju pomoću računara definisanje oblika, dimenzija i položaja nekog objekta, tj. geometrijsko modeliranje, zauzima centralno mesto. Geometrijsko modeliranje predstavlja postupak definisanja apstraktnih struktura podataka, kao i relacija među tim strukturama, u cilju definisanja geometrije nekog objekta u računaru. Geometrijsko modeliranje podrazumeva i manipulaciju definisanim strukturama, pre svega u cilju grafičke prezentacije modeliranog objekta. U zavisnosti od objekta koji se modelira i raspoloživih hardverskih i softverskih resursa, postoji više metoda geometrijskog modeliranja [1]. Bez obzira na specifičnosti pojedinih metoda postoje određeni koraci koji su zajednički skoro svim metodama geometrijskog modeliranja. To su:

- Specifikacija;
- Transformacija;
- Prezentacija.

Pod specifikacijom se podrazumeva apstraktno predstavljanje objekta u računaru tj. generisanje modela

objekta. Cilj specifikacije je definisanje odgovarajućih simbola, tj. struktura podataka koje opisuju bazne elemente objekta.

Postupkom transformacije moguće je definisati poziciju i orijentaciju svake pojave baznog elementa, tj. definiše se slika svakog simbola. Transformacija predstavlja jedan od atributa, kojim se definiše odnos između dve pojave istog simbola [2].

Sa aspekta geometrijskog modeliranja prezentacija predstavlja skup postupaka za prikazivanje geometrije objekta koji se modelira, tj. ctranje slike tog objekta. U tu svrhu se najčešće koriste sredstva i metode interaktivne računarske grafike.

### 2. PARAMETARSKO PREDSTAVLJANJE KRIVIH

Algoritmi za prikaz krivih i površi predstavljaju jednu od osnova geometrijskog modeliranja, te moraju da zadovolje osnovne aspekte geometrijskog modeliranja i uz to da budu veoma efikasni prilikom izvršavanja. U opštem slučaju krive mogu biti zadate:

- Implicitno;
- Eksplicitno tj. parametarski.

Implicitno zadata kriva, u 3D prostoru, matematički je definisana pomoću jedankosti tipa:

$$F(x,y,z) = 0. \quad (1)$$

U interaktivnoj računarskoj grafici, značajnu primenu imaju one implicitne krive koje se mogu izraziti pomoću polinoma n-tog stepena. Od posebnog značaja su krive drugog reda ( $n = 2$ ) kao što su: krug, elipsa, hiperbola, parabola i njihove modifikacije. Detaljan opis jednog algoritma za specifikaciju, transformaciju i prezentaciju implicitno definisanih krivih prikazan je u literaturi [3].

Kod parametarskog predstavljanja krivih homogene koordinate tačke krive, u prostoru, se mogu predstaviti pomoću nekog parametra  $u$  kao:

$$P(u) = \begin{bmatrix} x(u) & y(u) & z(u) & 1 \\ Fx(u) & Fy(u) & Fz(u) & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Parametarsko predstavljanje krivih je najčešće korišćen način definisanja krivih u interaktivnoj računarskoj grafici. Razlozi tome su:

- Mogućnost predstavljanja krivih koje nemaju prostu matematičku definiciju;
- Sve koordinate tačke tretiraju se na isti način;
- Mogućnost izračunavanja višeznačnih vrednosti krive;

- Razlika pri generisanju krive u trodimenzionalnom prostoru, u odnosu na dvodimenzionalni prostor, svodi se na izračunavanje koordinate z(u).

Oblik baznih funkcija  $F_x(u)$ ,  $F_y(u)$  i  $F_z(u)$  treba da je što jednostavniji u cilju jasnoće, ekonomičnosti i efikasnosti algoritma za rad sa krivama. Za razliku od trigonometrijskih, eksponencijalnih ili logaritamskih funkcija, koje zahtevaju korišćenje tablica ili iterativnih postupaka pri izračunavanju, polinomi omogućavaju izračunavanje prostim matematičkim operacijama. Ukoliko bilo koju tačku rezultujuće krive, označenu sa  $R(u)$  (jednokost 2), izrazimo pomoću polinoma dobija se

$$R(u) = \sum_{i=0}^n A_i u^i \dots\dots\dots(3)$$

Polinomi trećeg stepena ( $n = 3$ ) su najprostiji polinomi koji omogućavaju zadovoljenje bazičnih kriterijuma za prikaz krivih [4].

### 3. MATEMATIČKE OSNOVE

Matematičke osnove realizovanih algoritama detaljno su prikazane u velikom broju knjiga i članaka [5], pa će u radu biti objašnjene samo u meri neophodnoj za razumevanje načina njihovog korišćenja.

**Hermitovi polinomi**, izraženi pomocu matrične jednačine 4, realizovani su kroz public klasu *HermitePolinoms*. Ova klasa omogućava izračunavanje koordinata tačaka na segmentu krive, ako su poznate koordinate početne tačke, koordinate krajnje tačke, kao i vektori tangenata (prvi izvodi) u tim tačkama.

$$P(u) = U M_h G_h \dots\dots\dots(4)$$

pri čemu je

$$P(u) = [x(u) \quad y(u) \quad z(u) \quad 1]$$

$$U = [u^3 \quad u^2 \quad u \quad 1]$$

$$M_h = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_h = \begin{bmatrix} x(0) & y(0) & z(0) & 1 \\ x(1) & y(1) & z(1) & 1 \\ dx(0) & dy(0) & dz(0) & 0 \\ dx(1) & dy(1) & dz(1) & 0 \end{bmatrix}$$

Javno dostupna klasa, *public class ElasticSpline*, omogućava primenu Hermitovih polinoma pri realizaciji interpolacionih splajnova, koji prolaze kroz veći broj kontrolnih tačaka i zadovoljavaju određene granične uslove. Ovi spaljnovi predstavljaju matematički model crtanja krivih pomoću elastičnih lestvica. Kod ovog postupka crtač je određivao tačke kroz koje kriva treba da prođe (kontrolne tačke), a zatim je elastičnu letvicu opterećivao odgovarajućim tegovima. Osnovno svojstvo rezultujuće krive je da su, u tačkama kojim je letvica

spoljnom silom dovedena u željeni položaj, neprekidni prvi i drugi izvod levo i desno od kontrolnih tačaka [6].

**Bezijerove funkcije.** Bezijerova aproksimacija omogućava predstavljanje krivih ako su poznate koordinate  $n+1$  kontrolnih tačaka. Krive koje se dobijaju ovom aproksimacijom izražene su u parametarskom obliku. Parametar se menja u intervalu  $u = [0,1]$ , pri čemu je njegova vrednost u  $i$ -toj kontrolnoj tački jednaka  $i/n$  ( $i=0,n$ ). Težinske funkcije, koje prikazuju uticaj kontrolnih tačaka  $P_i$ , na tačku rezultujuće krive  $P(u)$ , mogu se izraziti direktnom binomnom raspodelom [7].

$$P(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_{i,n}(u) \dots\dots\dots(5)$$

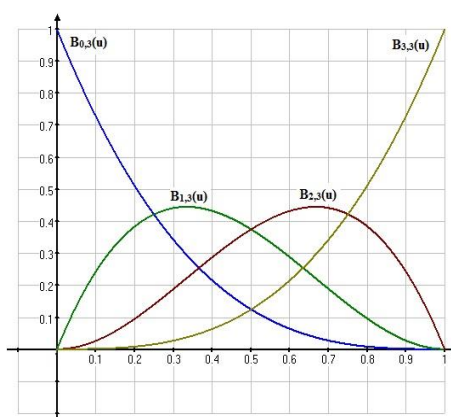
pri čemu je

$$B_{i,n}(u) = \frac{n!}{i!(n-i)!} u^i (1-u)^{n-i}$$

Ovako definisane težinske funkcije vrlo prirodno odražavaju uticaj kontrolnih tačaka na tačku rezultujuće krive, tj. predstavljaju verovatnoću da  $i$ -ta kontrolna tačka leži na krivoj. Dve osobine Bezijerove aproksimacije doprinele su tome da se ovako generisane krive, vrlo često koriste u interaktivnoj računarskoj grafici [8].

1. Oblik rezultujuće krive zavistan je samo od koordinata kontrolnih tačaka, što bitno doprinosi interaktivnosti.
2. Rezultujuća kriva ograničena je kontrolnim poligonom, što u mnogome olakšava primenu postupka odsecanja (engl clipping). Naime, pri window/viewport transformaciji, prvo se testira da li je ceo kontrolni poligon vidljiv (unutar viewporta), i tek u slučaju negativnog rezultata pristupa se testiranju tačaka same krive.

Najčešće se upotrebljavaju kubne ( $n = 3$ ) težinske funkcije funkcije, prikazane na slici 1.



Slika 1. Bezijerove kubne težinske funkcije

**B splajn funkcije.** Iako Bezijerova aproksimacija predstavlja efikasan metod za generisanje krivih proizvoljnog oblika, često se javlja problem pri generisanju krive vrlo složenog oblika. To se pre svega ogleda u osobini težinskih funkcija Bezijerove aproksimacije da globalno utiču na oblik krive. Ovaj



problem se, kod Bezierove aproksimacije, može rešiti segmentiranjem krive, pri čemu se postiže lokalna kontrola oblika krive na nivou segmenata. Bolji način je uvođenje takvih težinskih funkcija koje imaju osobinu lokalne kontrole, tj. da jedna kontrolna tačka utiče samo na određeni skup tačaka rezultujuće krive. Takve težinske funkcije omogućavaju da na oblik krive u određenoj oblasti utiče samo nekoliko kontrolnih tačaka. Tačka na rezultujućoj krivi, sa B-splajnovima kao težinskim funkcijama, može se izraziti kao

$$P(u) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(u) \dots\dots\dots(6)$$

pri čemu je

- P(u) - vektor koordinata tačke na krivoj;
- n+1 - broj kontrolnih tačaka;
- P<sub>i</sub> - vektor koordinata i-te kontrolne tačke;
- N<sub>i,k</sub>(u) - težinska funkcija kojom i-ta kontrolna tačka utiče na tačku rezultujuće krive;
- k - parametar koji definiše maksimalan broj kontrolnih tačaka koje utiču na jednu tačku krive. Pri tome se parametar krive menja u intervalu u = [0, n-k+2].

B-splajn [9] težinske funkcije definišu se rekursivnom formulom (7).

$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & t_i \leq u < t_{i+1} \\ 0 & u \text{ ostalim slučajevima} \end{cases}$$

$$N_{i,k} = \frac{(u-t_i)N_{i,k-1}(u)}{t_{i+k-1}-t_i} + \frac{(t_{i+k}-u)N_{i+1,k-1}(u)}{t_{i+k}-t_{i+1}} \dots\dots\dots(7)$$

Ovako definisane težinske funkcije imaju osobinu da im je vrednost različita od nule samo u određenim oblastima promene parametra u, što je preduslov lokalne kontrole krive.

Težinska funkcija N<sub>i,k</sub>(u) ima vrednost različitu od nule samo u opsegu u = [t<sub>i</sub>, t<sub>i+k</sub> - t<sub>i</sub>] pri čemu se t<sub>i</sub> (i = 0, n+k) izračunava prema jednačini (8)

$$t_i = \begin{cases} 0 & i < k \\ i - k + 1 & k \leq i \leq n \\ n - k + 2 & i > n \end{cases} \dots\dots\dots(8)$$

Jednakost (8) se primenjuje kada se prva i poslednja kontrolna tačka ne preklapaju tj. kod otvorenih krivih. Težinske funkcije takvih krivih nazivaju se neperiodični B-splajnovi.

Kod zatvorenih krivih sve težinske funkcije imaju isti oblik, jednakost (9).

$$0 \leq u \leq n+1 \quad t_i = i$$

$$N_{i,k}(u) = N_{0,k}((u-i+n+1) \bmod (n+1)) \dots\dots\dots(9)$$

Osnovna prednost B-spline aproksimacije je lokalna kontrola, pri čemu je i dalje zadržana binomna raspodela uticaja onih kontrolnih tačaka koje utiču na tačku rezultujuće krive. Na primer za n=3 i k=4 dobija se da su intervali t<sub>0</sub>-t<sub>8</sub> = (0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1). Ovo znači da na

tačku rezultujuće krive u intervalu u=[0,1] utiču sve kontrolne tačke te su, u konkretnom slučaju, težinske funkcije B-spline i Bezierove aproksimacije iste [10].

#### 4. REALIZACIJA BIBLIOTEKE

Biblioteka ParametricCurveLib omogućava definisanje i prikaz parametarski definisanih krivih primenom Hermitovih polinoma, Bezierovih i B-splajn težinskih funkcija. Biblioteka je razvijena u programskom jeziku C#, korišćenjem integrisanog razvojnog okruženja Microsoft Visual Studija 2008 Express Edition.

Prikazani matematički modeli realizovani su kroz četiri javne klase klase:

- public class HermitePolinoms;
- public class ElasticSpline;
- public class BesierCurve;
- public class B\_SplineCurve.

U okviru svake od ovih, najopštijih, klasa razvijen je veliki broj javnih i privatnih funkcija. Ove funkcije služe za definisanje potrebnih uslova i primenu odgovarajućeg algoritma. Krajnji rezultat, svake od četiri spomenutih klasa, je odgovarajuća javna funkcija. Ta javna funkcija omogućava izračunavanje homogene koordinate krive za definisanu vrednost parametra krive. Ne ulazeći u konkretnu realizaciju, u natsavku rada biće prikazane deklaracije krajnjih javnih funkcija svih osnovnih klasa biblioteke. To su sledeće funkcije:

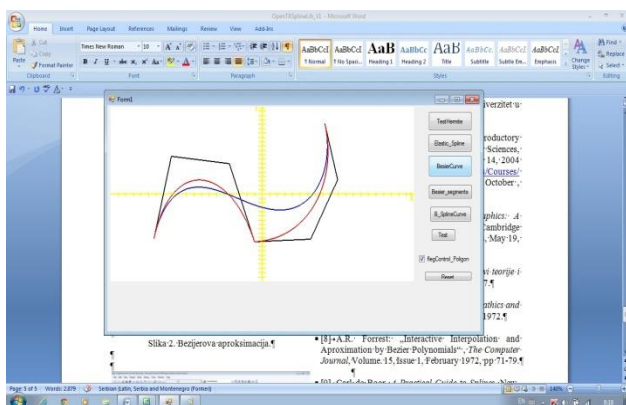
- **public double [] PointCoordinates(int seg\_no, double u)** koja, u okviru klase ElasticSpline, omogućava izračunavanje homogenih koordinata tačke u segment *seg\_n*, za definisanu vrednost parametra u = [0,1].
- **public double[] PointSegmentCoordinates(int seg\_no, double u)**. Ova funkcija omogućava izračunavanje homogenih koordinata tačke krive Bezierovom aproksimacijom, pri čemu se rezultujuća kriva sastoji od segmenata. Segmenti su definisani pomoću četiri kontrolne tačke, tj. koriste se polinomi trećeg stepena. Parametri *int seg\_no* i *double u* definišu redni broj segmenta i vrednost parametra u = [0,1], dok izlazni parametar *double[]* predstavlja koordinate tačke.
- **public double[] PointAllCoordinates(double u)**, kojom se realizuje Bezierova aproksimacija pri čemu rezultujuća kriva nije segmentirana.
- **public double[] bsplwd(double u)**. Ova funkcija omogućava primenu neperiodičnih B-spline težinskih funkcija, definisanih jednačinama 7 i 8.

Pored predhodno prikazanih javnih funkcija, svaka od baznih klasa biblioteke ParametricCurveLib sadrži i javnu funkciju za definisanje potrebnih uslova, pre svega homogenih koordinata kontrolnih tačaka. Tako na primer, klasa B\_SplineCurve sadrži javnu funkciju **public void DefineControlPoints (int control\_points\_no, int k, double[,] mat\_point)**. Ova funkcija definiše ukupan broj kontrolnih tačaka, vrednost maksimalanog broja kontrolnih tačaka koje utiču na jednu tačku krive, kao i matricu homogenih koordinata kontrolnih tačaka.

## 5. PRIMENA BIBLIOTEKE

Primena biblioteke za parametarsko predstavljanje krivih zahteva razvoj određenog korisničkog interfejsa i korišćenje neke C# grafičke biblioteke. Primenom Visula Studia 2008 u programskom jeziku C# razvijen je jednostavan korisnički interfejs baziran na dijalozima. U okviru dijaloga, za reprezentaciju grafičkih podataka, korišćena je kontrola OpenTK.GLControl. OpenTK (engl. Open Toolkit) je napredna C# biblioteka niskog nivoa, koja omogućava korišćenje funkcija grafičkog aplikativnog programskog interfejsa OpenGL (engl. Open Graphics Library) [11].

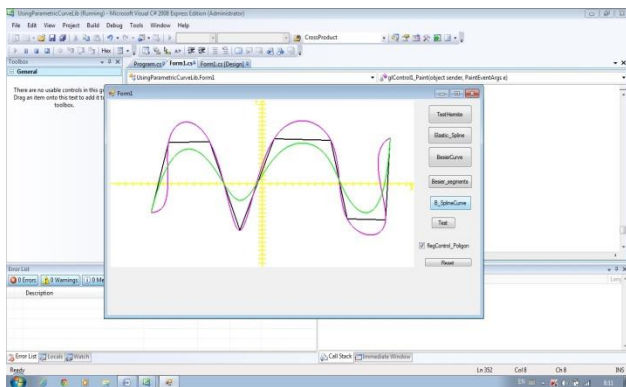
Na slici 2 prikazani su rezultati korišćenja Bezierove aproksimacije. Sa slike 2 se vidi da nesegmentirana rezultujuća kriva (prikazana plavom bojom) globalno zavisi od svih tačaka kontrolnog poligona. Segmentirana rezultujuća kriva (prikazana crvenom bojom) ima lokanu kontrolu na nivou segmenata od 4 kontrolne tačke.



Slika 2. Bezierova aproksimacija.

Slika 3 prikazuje rezultujuće krive elastičnih splajnova (ljubičasta boja) kao i rezultate korišćenja B-splajnova (zeleno boja).

Kod elastičnih splajnova korišćeni su Hermitovi polinomi trećeg stepena. Sa slike 3 se može uočiti i jedna loša osobina primene elastičnih splajnova koja se ogleda u tome da rezultujuća kriva nekada premašuje kontrolni poligon. Za rezultujuću krivu B-splajn aproksimacije težinske funkcije računane su za  $k=4$  tj. na tačku rezultujuće krive utiče maksimalno četiri kontrolnih tačaka.



Slika 3. Elastic spline i B-spline.

## 6. ZAKLJUČAK

Primarni cilj razvoja biblioteke ParametricCurveLib je da se, korišćenjem grafičkog interfejsa OpenGL, omogući sagledavanje osnovnih karakteristike pojedinih metoda za parametarsko predstavljanje krivih. Naime, povezivnjem biblioteke i jednostvnih i korisniku jasnih interfesa, mogće je prikazati rezultujuće krive najčešće korišćenih algoritma. Na taj način korisnik može da se upozna sa karakteristikama parametarski definisanih krivih bez detaljnog poznavanja potrebnog matematičkog aprata, mada je razumevanje osnovnih principa interaktivne računarske grafike neophodno.

## LITERATURA

[1] J.Encarnacao, E.G. Schlechtendahl, *Computer .Computer Aided Design*, Berlin, Hidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, 1983, ISBN 0-387-11526-9..

[2] W.M. Newman, R.F. Sproul, *Principles of Interactive Computer Graphics*, New York, McGraw-Hill Book, 1979. ISBN 0-8186-4266-1.

[3] Danilo Oklobdžija, „Doprinos projektovanju sistema interaktivne računarske grafike sa posebnim osvrtom na prikaz krivih i površi“, Magistarski rad, Univerzitet u Nišu – Elektronski fakultet, 1987.

[4] Michael Gleicher, A Curve Tutorial for Introductory Computer Graphics, Department of Computer Sciences, University of Wisconsin, Madison, October 14, 2004 Available: <http://research.cs.wisc.edu/graphics/Courses/559-f2004/docs/cs559-splines.pdf> [Accessed October , 2013].

[5] Samuel R. Buss, *3D Computer Graphics: A Mathematical Introduction with OpenGL*, Cambridge Unuted Kindom, Cambridge University Press, May 19, 2003, ISBN: 9780521821032.

[6] Stanko Turk, *Računarska grafika: osnovi teorije i primjene*, Zagreb, Školska knjiga Zagreb, 1987.

[7] P.E. Bezier, *Numerical Control – Mathematics and Applications*, London, Johan Wiley and Sons, 1972.

[8] A.R. Forrest: „Interactive Interpolation and Aproximation by Bezier Polynomials“ , *The Computer Journal*, Volume. 15, Issue 1, February 1972, pp 71-79.

[9] Carl de Boor, *A Practical Guide to Splines*, New-York, Springer-Verlag, december 2001, ISBN-13: 978-0387953663

[10]R. F. Riesenfeld, “Aplication of B-spline Aproximation to Geometric Problems of Computer Aided Design“, PhD thesis, Syracuse University, Syracuse, New York, 1973.

[11] OpenTK, Available: <http://www.opentk.com/> Accessed December , 2013].

## UPOTREBA EKSELA U ANALIZI PRAVACA RESTRUKTURIRANJA PREDUZEĆA

### EXCEL APPLICATION FOR ANALYSING DIRECTIONS IN ENTERPRISES RESTRUCTURING

Jovan Krivokapić<sup>1</sup>, Mladen Čudanov<sup>1</sup>, Stefan Komazec<sup>1</sup>, Ivan Todorović<sup>1</sup>  
*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – *Majkrosoftov Eksel je jedan od najzastupljenijih softverskih alata koji se u poslovnim sferama koriste kako bi se obradili različiti oblici podataka i na taj način izvršile raznovrsne analize. Kao takav, svoju namenu ima i u projektima restrukturiranja, a u ovom radu će biti prikazane koristi od primene ovog softvera u realizaciji projekta koji je obuhvatio analizu organizacije javnih i javnih komunalnih preduzeća iz Beograda, i poređenje tih preduzeća u cilju utvrđivanja daljeg pravca njihovog razvoja. Eksel se pokazao kao korisno sredstvo u svim fazama ovog projekta, omogućio je da se veliki broj potrebnih podataka generiše, standardizuje i dalje obradi, kako bi se dobili izveštaji koji su bili značajan input upravi Grada za određivanje potencijala restrukturiranja.*

**Abstract** - *Microsoft Excel is one of the most common software tools used for business purposes in order to process different types of data and perform various analysis. As such, it also has application in restructuring projects, and this paper will present the benefits of its usage in the project which included analysis of public and communal enterprises in Belgrade and comparison among them, in order to determine the future direction for their development. Excel proved to be a useful tool in each stage of this project. Its usage enabled generation, standardization and further processing of required data for the purpose of obtaining reports that were significant input for City authorities in order to determine restructuring possibilities in these enterprises.*

#### 1. UVOD

Savremena tehnologija je omogućila da se mnoge aktivnosti koje se svakodnevno obavljaju automatizuju i time pomogla zaposlenima na različitim poslovima da unaprede metode rada, kako bi svoje zadatke obavljali efikasnije. Posebna pažnja se posvećuje povećanju brzine rada uz postizanje visokog stepena preciznosti i tačnosti, pa se sve više podstiče razvoj softvera različitih namena koji omogućavaju da se pomenuti ciljevi i ostvare, uz poštovanje datih ograničenja.

Kada se govori o alatima koji se koriste za rešavanje različitih analitičkih problema nije moguće izostaviti spredšitove, pošto su u poslednjih nekoliko decenija doživeli veliku ekspanziju, i na taj način ušli u široku upotrebu. Spredšitovi predstavljaju elektronske tabelarne prikaze različitih tipova podataka, koji omogućavaju njihovu jednostavnu obradu i analizu, te se kao takvi koriste u brojnim istraživačkim poslovima [1]. Pojam

„spredšit“ ima poreklo u engleskom jeziku - nastao je od reči „raširiti“ (eng. *spread*) i „list“ (eng. *sheet*) i njime se u početku predstavljao alat koji je u računovodstvu omogućavao da se na jednom listu detaljno prikažu različiti podaci u cilju njihove dalje analize. To su bile na primer vrednosti prihoda, rashoda, izvora kapitala, da bi se kasnije upotreba spredšitova prenela iz računovodstva u druge poslovne sfere.

Podaci koji se danas obrađuju u spredšitovima mogu biti u različitim oblicima i formatima. Bez obzira na to da li se radi o tekstualnim ili numeričkim vrednostima unutar ćelija, mogućnosti obrade su široke i kao rezultat se vrlo lako dobijaju izveštaji sa različitim nivoima detaljnosti, koji mogu biti praćeni i odgovarajućim grafičkim prikazom. Takođe, ovaj alat ima mogućnost povezivanja više nezavisnih radnih listova, čime se kreira sistem za čuvanje, obradu i praćenje podataka, koji korišćenjem makroa može obavljati i naprednije funkcije. Zahvaljujući mogućnostima ovih alata, veliki broj operacija obrade podataka je automatizovan, sam proces je pojednostavljen, a greške su svedene na minimum [2].

Zbog posebnog značaja treba istaći i dokumentovanje spredšitova, jer se na taj način vrši specifikacija namere njihovog korišćenja, zatim se čuva sve ono što je urađeno u njima, daje se uputstvo korisniku samog spredšita i objašnjava se način njegovog funkcionisanja. Stoga, dokumentovanje spredšitova je korisno jer [3]:

- opisuje principe funkcionisanja modela, čime se dopušta i licima koja nisu učestvovala u kreiranju da ga koriste;
- utiče na povećanje broja ljudi koji znaju da ga primenjuju, čime se smanjuje rizik od prestanka korišćenja modela;
- olakšava dalji razvoj modela.

Takođe, s obzirom na brojne mogućnosti koje spredšitovi pružaju, smatra se da ne postoji (ili bar ne bi trebalo da postoji) neki određeni način njihove upotrebe, jer bi se tako zapostavili neki potencijalni benefiti, što bi, između ostalog, negativno uticalo i na brzinu njihovog razvoja i fleksibilnost upotrebe [4]. U skladu sa tim, pitanje projekcije spredšita može da se reši na više načina, te tako postoji veći broj različitih modela koji pomažu u rešavanju istog problema [5].

Svakako najpopularniji među spredšitovima koji se danas koriste u poslovnom svetu jeste Majkrosoftov Eksel (*Microsoft Excel*). Kao i ostali spredšitovi, i Eksel suštinski predstavlja matricu koja ima mogućnost obrade

različitih tipova podataka [6] i poseduje veliki broj bazičnih i naprednih funkcija koji omogućavaju jednostavnu obradu, ali i pružaju mogućnosti analize po različitim osnovama, pa se kao takav koristi u rešavanju brojnih zahteva. Njegova velika prednost jeste preglednost podataka koji se ukrštaju, a ovde će biti prikazana njegova upotreba u realizaciji problema kompleksne analitike.

## 2. OPIS PROJEKTOG ZADATKA

U ovom radu će na primeru biti prikazane koristi od upotrebe Eksela u pružanju konsultantskih usluga na polju unapređenja organizacionih rešenja. Naime, projektni tim sačinjen od stručnjaka sa Fakulteta organizacionih nauka je u periodu od 2009. do 2012. godine realizovao projekat analize organizacije javnih i javnih komunalnih preduzeća u Beogradu. Ovaj projekat je obuhvatio 28 javnih i javnih komunalnih preduzeća koja u ukupnom zbiru zapošljavaju preko 21 000 zaposlenih i podrazumevao je analizu organizacionih aspekata ovih preduzeća, kao i njihovo poređenje u cilju kreiranja stabilnog sistema upravljanja. Projekat je u dogovoru sa upravom Grada realizovan kroz više faza. Prva faza je počela polovinom 2009. godine, i obuhvatala je analizu organizacije preduzeća sa gotovo 19 000 zaposlenih, a u naredne faze projekta je uključeno još 7 preduzeća.

Uprava Grada je, znajući performanse i svakodnevne probleme s kojima se ova preduzeća suočavaju, pred projektni tim postavila zadatak analize unutrašnje organizacije, kako bi se uočile sličnosti i specifičnosti u cilju određivanja pravca njihovog daljeg razvoja. Pretpostavka je bila da bi ova preduzeća rešavanjem organizacionih pitanja i uklanjanjem potencijalnih uočenih nedostataka unapredila svoja poslovanja i ostvarivala značajno bolje poslovne rezultate.

Da bi se pristupilo bilo kakvoj analizi, bilo je potrebno prikupiti odgovarajuće podatke o organizacionoj strukturi ovih preduzeća, njihovim organizacionim jedinicama i radnim mestima, kao i o zaposlenima u ovim sistemima. Jedan od projektnih zahteva je bio da se izvrši analiza kadrovske strukture, što je podrazumevalo podanalize po kriterijumima starosti, pola, radnog staža, obrazovanja itd. Ove podatke nije bilo jednostavno prikupiti zbog činjenice da na nivou posmatranih preduzeća ne postoji jedan standardizovan informacioni sistem iz koga bi se oni izvukli, pa posledično neka preduzeća nisu mogla da dostave tražene podatke, a neka jesu, ali u formi koja nije bila odgovarajuća za analizu.

Projektni tim je u Ekselu kreirao bazu svih zaposlenih u ovim preduzećima kako bi mogao uspešno da upravlja tom vrstom i količinom podataka. Ova baza je imala preko dvadeset kolona koje je trebalo popuniti odgovarajućim vrednostima za svakog zaposlenog. Podaci koji su bili dostavljeni u neodgovarajućoj formi su zahvaljujući mogućnostima Eksela standardizovani i tako postali upotrebljivi, a oni koji nisu bili dostavljeni su dobijeni korišćenjem formula (iz jedinstvenog matičnog

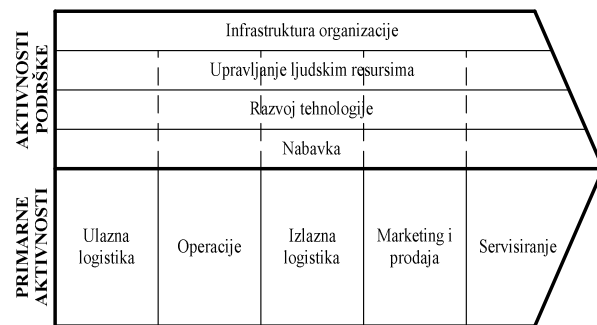
broja je moguće dobiti podatke o datumu rođenja, odnosno starosti zaposlenog, o polu, i slično).

Nakon što je baza popunjena, i pošto su svi podaci unificirani, pristupilo se njihovoj analizi, kako bi se uporedila posmatrana preduzeća i utvrdio pravac potencijalne reorganizacije. Osim kadrovske analize, pristupilo se i analizi performansi i sistema plaćanja, o čemu će nešto kasnije biti više reči.

## 3. KREIRANJE TIPSKOG MODELA ORGANIZACIJE

S obzirom na činjenicu da je s jedne strane bilo potrebno poređiti ta preduzeća, a da su ona, s druge strane, po mnogim parametrima značajno drugačija, a time i teško uporediva, bilo je neophodno osmisliti metodologiju koja će te razlike uzeti u obzir i omogućiti da se poređenje izvrši. Zbog toga je projektni tim napravio složeni model organizacije koji se bazirao na modelima koji su priznati u sferi organizacije poslovnih sistema. Taj tipski model je zapravo nastao kombinovanjem koncepata Porterovog lanca vrednosti i Mincebergovog modela organizacije.

Po Majklu Porteru, lanac vrednosti jedne organizacije predstavlja i način na koji ona obavlja svoje aktivnosti, i kao takav odražava strategiju i pristup sprovođenja strategije organizacije, način ostvarivanje konkurentske prednosti i osnovnu ekonomiju tih aktivnosti [7]. U takvom lancu vrednosti je moguće uočiti primarne aktivnosti i aktivnosti podrške [8].



Slika 1. Porterov lanac vrednosti

Primarne (osnovne) aktivnosti predstavljaju način kojim se ostvaruje prednost u odnosu na konkurenciju i tu spadaju:

1. ulazna logistika,
2. operacije,
3. izlazna logistika,
4. marketing i prodaja, i
5. servisiranje.

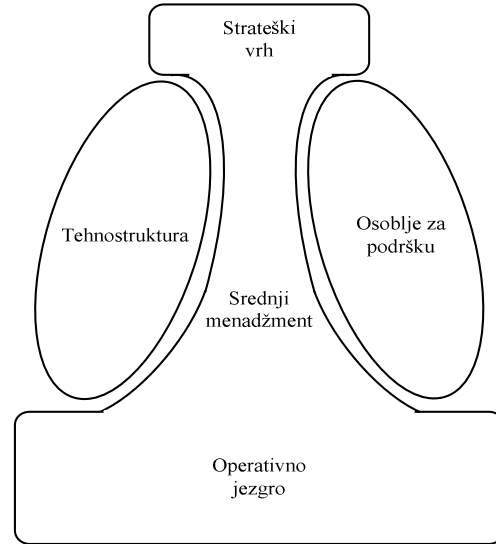
Po Porteru, aktivnosti podrške (opšte aktivnosti) su:

1. infrastruktura organizacije,
2. upravljanje ljudskim resursima,
3. razvoj tehnologije i
4. nabavka.

Način na koji se ove aktivnosti obavljaju utičaće i na njihov doprinos potrebama kupaca, a potom i na diferencijaciju ponude organizacije u odnosu na konkurenciju. Poređenjem lanca vrednosti organizacija u istom privrednom segmentu moguće je uočiti razlike koje utiču na njihovu konkurentsku prednost [7].

Henri Mintzberg je jedan od najznačajnijih autora koji se bavio problemima projektovanja organizacije, i on, između ostalog, smatra da se organizacije sastoje iz pet osnovnih elemenata, a to su [9]:

1. strateški vrh, koji obuhvata najviše rukovodstvo sa pripadajućim osobljem;
2. operativno jezgro, koje obuhvata sve zaposlene koji izrađuju osnovni proizvod ili obavljaju servis koji je osnovna delatnost datog sistema, ili direktno podržavaju osnovnu proizvodnju ili servis;
3. srednji nivo rukovodilaca, sa menadžerima koji predstavljaju sponu između strateškog vrha i operativnog jezgra;
4. tehnostuktura, koju čine analitičari i drugi stručnjaci izvan formalne linijske strukture, zaduženi za planiranje, analizu, kontrolu i održavanje strukture, i adaptaciju i usmeravanje na promene;
5. osoblje za podršku, koje čine zaposleni koji obezbeđuju indirektnu podršku svim ostalim delovima strukture.



Slika 2. Mintzbergov model organizacije

Imajući u vidu izneseno, ideja je bila da se ova dva navedena koncepta iskombinuju kako bi se dobio tipski model u koji bi bile preslikane pozicije iz preduzeća koja su obuhvaćena projektom. Taj tipski model je u osnovi imao 91 tipsko radno mesto, ali se ovaj broj povećavao, jer su operativna radna mesta od najvišeg značaja u svakom od posmatranih preduzeća posmatrana posebno, kako se tipifikacijom taj značaj ne bi zapostavio. Svako od tih kreiranih tipskih radnih mesta je imalo odgovarajuće karakteristike u skladu sa Porterovim lancem vrednosti i Mintzbergovim modelom organizacije. Poštujući te principe, u Ekselu je napravljen šifarnik radnih mesta, koji je imao 7 kolona koje su bile povezane i sa usklađenim odgovarajućim vrednostima.

Mintzberg smatra da podela čitave strukture na ovih pet strukturnih elemenata zahteva odgovarajuću koordinaciju u radu, dok formiranje celina i pozicija u organizaciji zahteva utvrđivanje odgovarajućih mehanizama koordinacije koji će ih povezati na zadovoljavajući način [7].

	A	B	C	D	E	F	G
	Porterov lanac vrednosti - prvi nivo	Porterov lanac vrednosti - drugi nivo	Porterov lanac vrednosti - treći nivo	Tipsko RM	Organizacioni nivo	Mintzbergov model organizacije	Vrsta RM
1							
2	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Direktor preduzeća	Top menadžment	Top menadžment	Rukovodilac
3	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Izvršni direktor	Top menadžment	Top menadžment	Rukovodilac
4	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Tehnički direktor	Top menadžment	Top menadžment	Rukovodilac
5	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Direktor sektora	Top menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
6	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Zamenik direktora	Top menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
7	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Pomoćnik direktora	Top menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
8	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Savetnik direktora	Top menadžment	Tehnostruktura / Birostruktura	Izvršilac
9	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Službenik na poslovima podrške top menadžmentu	Top menadžment	Tehnostruktura / Birostruktura	Izvršilac
10	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Top menadžment	Asistent	Top menadžment	Birostruktura	Izvršilac
11	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Menadžment	Direktor	Menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
12	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Menadžment	Rukovodilac	Menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
13	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Menadžment	Šef	Menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
14	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Menadžment	Poslovođa	Menadžment	Operativa / Tehnostruktura / Birostruktura	Rukovodilac
15	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Menadžment	Službenik na poslovima podrške menadžmentu	Menadžment	Tehnostruktura / Birostruktura	Izvršilac
16	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Menadžment	Asistent menadžmenta	Menadžment	Tehnostruktura / Birostruktura	Izvršilac
17	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Finansije	Rukovodilac finansijskih poslova	Operativa	Birostruktura	Rukovodilac
18	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Finansije	Službenik za poslove finansijske operative	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
19	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Finansije	Službenik za poslove finansijskog plana i analize	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
20	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Finansije	Službenik za poslove obračuna personalnih finansijskih	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
21	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Finansije	Službenik za ostale finansijske poslove	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
22	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Racunovodstvo	Rukovodilac računovodstva	Operativa	Birostruktura	Rukovodilac
23	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Racunovodstvo	Racunovođa	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
24	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Racunovodstvo	Službenik za ostale računovodstvene poslove	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
25	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Informatička podrška	Rukovodilac informatičke podrške	Operativa	Birostruktura	Rukovodilac
26	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Informatička podrška	Administrator informatičke podrške	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
27	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Informatička podrška	Operater informatičke podrške	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
28	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Informatička podrška	Službenik za ostale poslove informatičke podrške	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
29	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Informatička podrška	Projekant informatičke podrške	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
30	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Pravni poslovi	Rukovodilac pravnih poslova	Operativa	Birostruktura	Rukovodilac
31	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Pravni poslovi	Službenik za poslove radnog prava	Operativa	Birostruktura	Izvršilac
32	Aktivnosti podrške	Infrastruktura preduzeća	Pravni poslovi	Službenik za poslove radnog prava	Operativa	Birostruktura	Izvršilac

Slika 3. Tipski model organizacije – deo šifarnika

Zadatak projektnog tima je bio da svako radno mesto iz posmatranog preduzeća poveže sa odgovarajućim tipskim radnim mestom iz šifarnika. To povezivanje se vršilo na osnovu opisa radnog mesta i intervjuisanja zaposlenih u preduzeću, kako bi se utvrdila tačna pozicija konkretnog mesta u tipskom modelu. S obzirom na to što je šifarnik napravljen u Ekselu, nakon što bi se utvrdilo preslikavanje radnog mesta u tipski model, vrlo jednostavno bi se, korišćenjem osnovnih formula izvršilo i povezivanje tog radnog mesta sa ostalim odgovarajućim poljima iz šifarnika. Ovim je šifriranje postalo brže i, što je još značajnije, efikasnije, jer je sam proces postao relativno automatizovan, sa minimalnim prostorom za greške.

#### 4. ANALIZA ORGANIZACIONIH ASPEKATA PREDUZEĆA

Kadrovska analiza je izvršena sa organizacionog aspekta i trebalo je da prikaže dimenzije organizacione strukture u posmatranim preduzećima. Zaključci o specijalizaciji, departmentalizaciji, decentralizaciji, koordinaciji i formalizaciji su ukazali na potencijalne pravce daljeg delovanja. Adaptacijom Porterovog lanca vrednosti su uočena radna mesta na kojima se obavljaju *core* poslovi, odnosno poslovi od direktnog značaja za osnovnu delatnost kojom se to preduzeće bavi. U skladu sa tim, analiza kadrovske strukture je omogućila da se utvrdi eventualno odstupanje postojećih kadrovskih rešenja u odnosu na realne potrebe tih preduzeća. Osim toga, u ovoj fazi je akcenat bio i na analizi raspona kontrole u posmatranim organizacionim celinama, kao i na analizi kvalifikacione i starosne strukture zaposlenih, radnog staža i fluktuacije u određenom periodu, kako bi se stekla bolja slika o promenama kroz koje su preduzeća prošla u prethodnom periodu.

S obzirom na to što su prikupljeni podaci prilagođeni potrebama obrade u Ekselu, ova analiza je relativno lako dala tražene izveštaje. Ti izveštaji su automatski generisani preko *pivot* tabela, čime je dobijena mogućnost prikazivanja rezultata sa različitim nivoom detaljnosti i složenosti.

Analiza performansi se delom oslanjala na rezultate kadrovske analize, ali je u suštini trebalo da prikaže rezultate i opterećenost zaposlenih po preduzećima i pripadajućim organizacionim celinama. Pošto su osnovne delatnosti posmatranih preduzeća uglavnom značajno različite, analiza performansi, i pored nesumnjivog značaja za sama preduzeća, nije mogla da rezultira detaljnijim zaključcima u kontekstu poređenja tih preduzeća u operativnim aktivnostima. Ova analiza je zapravo poseban značaj imala za aktivnosti podrške koje su same po sebi relativno standardizovane, pa je omogućila da se uporede performanse i iskorišćenosti kapaciteta na istim ili sličnim poslovima u različitim preduzećima, i to na bazi tipskog modela koji je ranije opisan. Posledično, uočena su radna mesta ili organizacione celine, na kojima iskorišćenost ljudskog kapaciteta nije bila na zadovoljavajućem nivou, ali isto tako su uočeni delovi preduzeća u kojima su zaposleni

preopterećeni obimom i složenošću poslova koje obavljaju.

Postupak analize performansi neće biti detaljno opisan, ali i ovde treba istaći značaj Eksela koji je omogućio da se ona efikasno obavi. U prvom koraku su definisani indikatori učinaka za svako radno mesto, a potom su ti indikatori povezani sa konkretnim izvršiocima tih poslova u svakom preduzeću. Paralelno sa time su od preduzeća traženi odgovarajući podaci koji su omogućili da se izračuna vrednost svakog od postavljenih indikatora, da bi te vrednosti bile preslikane u bazu, a svaki zaposleni dobio precizno određen lični indikator učinka.

Nakon što je baza u potpunosti popunjena informacijama o učincima, bilo je moguće vršiti različita poređenja – na nivou grupe posmatranih preduzeća, po preduzećima koja se bave sličnim delatnostima ili unutar svakog preduzeća (po sektorima, službama, odeljenjima ili radnim mestima), u zavisnosti od potrebe i zahteva naručioaca projekta. Najvažniji doprinos je bio u tome što je zahvaljujući ovakvoj bazi postalo moguće i efikasno poređenje delova preduzeća koja se u značajnoj meri razlikuju, pri čemu su te razlike uzete u obzir, kako ne bi bili doneseni pogrešni zaključci.

Konačno, poslednji korak u ovoj fazi projekta je podrazumevao analizu zarada, sa ciljem uvođenja jedinstvenog platnog sistema u ovim javnim i javnim komunalnim preduzećima. Uz pomoć prethodnih analiza i međusobnim poređenjem operativnih aktivnosti na svakom radnom mestu formirani su platni razredi, a potom su konkretna radna mesta iz svakog posmatranog preduzeća svrstana u odgovarajuću kategoriju. To je bilo od posebnog značaja jer su u određenim slučajevima razlike u zaradama na relativno sličnim pozicijama u različitim preduzećima bile neopravdano velike, te je na ovaj način predložen sistem kojim bi se dobila stabilnost i usklađenost zarada na nivou posmatrane grupe.

Ovom fazom projekta je gradska uprava dobila smernice koje su joj omogućile da odredi dalji pravac razvoja javnih i javnih komunalnih preduzeća, a procenjeno je da restrukturiranje ove grupe treba da se usmeri na promenu postojećeg stepena decentralizacije [10]. Rad na toj fazi je započeo u toku 2012. godine, a podrazumevao je kategorizaciju ključnih poslova koji se obavljaju na nivou grada, a potom utvrđivanje onih za koje bi bila pogodnija potpuna ili delimična centralizacija, jer se pojavljuju u većem broju preduzeća sa nedovoljnim stepenom iskorišćenosti kapaciteta, čime bi se povećala efikasnost javnog sektora.

#### 5. ZAKLJUČAK

Projekat koji je u radu predstavljen je za zadatak imao analizu organizacionih aspekata javnih i javnih komunalnih preduzeća u Beogradu, a rezultati takve analize su omogućili poređenje ovih preduzeća i utvrđivanje daljeg pravca razvoja i upravljanja. Priprema i obrada podataka koji su bili neophodni za analize su obavljani u Ekselu zbog širokog spektra mogućnosti ovog

softverskog alata. Baza podataka, na osnovu koje je vršena analiza je na kraju imala preko 600 000 popunjenih ćelija, dobijenih kombinovanjem više od 21 000 redova (zaposlenih) sa tridesetak kolona koje su sadržale različite podatke, od personalnih do podataka vezanih za učinke na radnim mestima. I pored tolike količine podataka, obrada je bila brza i precizna, sa veoma preglednim izveštajima koji su bili traženi. Osim toga, održavanje ovakve baze nije problematično, a moguće je lako dodavati nove kolone ili menjati vrednosti postojećih polja, u slučaju potrebe za dodatnim analizama u narednim fazama. To ažuriranje se može vršiti jednostavno, na bazi poznavanja osnovnih principa funkcionisanja Eksela.

Uopšteno, analize ove vrste, sa tako delikatnim korisničkim zahtevima i na ovoj količini podataka ne bi bilo moguće uraditi bez pomoći spredšita. Već u početnom koraku se projektni tim susreo sa problemima nesređenosti i neusklađenosti forme dobijenih podataka, a Eksel je omogućio da se oni standardizuju, pa čak i da se dobiju neki koji nisu dostavljeni u prvoj iteraciji. To je bio preduslov za formiranje baze koja je omogućila da se uporede različita radna mesta, organizacione jedinice, kao i sama preduzeća, i time je dobijen moćan analitički alat, sa mogućnostima daljeg razvoja. Treba istaći i činjenicu da je u ovakvom sistemu moguće i praćenje organizacionih rešenja u ovim preduzećima, što će u budućnosti biti veoma korisno, kako bi se utvrdio trend i predložila organizaciona rešenja visokog kvaliteta. U skladu sa tim, naredne analize mogu da se obavljaju dosta jednostavnije uz povećanu tačnost i preciznost zahvaljujući unificiranim podacima, obezbeđenim u dužim vremenskim serijama.

## LITERATURA

- [1] Grossman, T. A., Spreadsheet Engineering: A Research Framework, European Spreadsheet Risks, Interest Group 3rd Annual Symposium, Cardiff, Wales, 2002.
- [2] Ragsdale, C., Spreadsheet Modeling and Decision Analysis (Book Only), CengageBrain.com, 2010.
- [3] Kostić, K., Četiri stuba odbrane od spredšitova sa greškama, VII Skup privrednika i naučnika – SPIN 09, Beograd, Srbija, 2009.
- [4] Vemula, V.R., Ball, D. & S. Thorne, Towards a Spreadsheet Engineering, Proceedings of the EuSpRIG 2006, Conference, 2006.
- [5] Grossman, T. A., A Primer on Spreadsheet Analytics, Proceedings of the European Spreadsheet Risks Interest Group 9th Annual Symposium, Greenwich, England, 2008.
- [6] Harvey, G., Excel 2007 For Dummies, Hoboken, NJ: Wiley, 2006.
- [7] Jaško, O., Čudanov, M., Jevtić, M. and J. Krivokapić, Projektovanje organizacije, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Srbija, 2013.
- [8] Porter, M.E., Competitive Advantage, Free Press, New York, USA, 1985.
- [9] Mintzberg, H., Structure in Fives: Designing Effective Organizations, Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall, 1983.
- [10] Krivokapić, J., Todorović, I. and S. Komazec, Job standardization as a tool for improving allocation of human resources in public and communal enterprises in Belgrade. In 1st International OFEL Conference on Corporate Governance, Dubrovnik, Croatia, 2013.

# METHODOLOGICAL APPROACH TO THE COMPUTER SUPPORT OF THE HURWICZ CRITERION CALCULATION

Zoran Nešić, Jasmina Vesić Vasović, Miroslav Radojičić  
*University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences, Čačak, Serbia*

**Abstract** - This paper presents a methodological approach to the application of computer support of a decision-making process in the selection of investment alternatives. The aim is the election of investment project solutions, based on the application of Hurwicz's criteria, make more efficient and more accurate. It serves as the support of multi-criteria decision-making calculation based on the application of Hurwicz criteria. The paper is focused on a detailed overview of this methodology from the aspect of computer support of calculation of a considered decision-making model. This gives the end user the possibility to apply the discussed method in practice as the basis for a general decision-making model, with the use of computer solution.

**Key words:** Development of computer's support, Decision support systems, Computer applications

## 1. INTRODUCTION

An important segment of computer technology is based on its implementation in the managerial business. The increasing use of mathematical models in decision-making greatly imposes the need for automation of the calculation and creation of software solutions for its implementation. The most important aspect of computer technology is based on the need of real decision-making conditions, which impose a requirement for a simple application of different methodologies in a time-limited circumstances.

In this context, decision support systems - DSS become an indispensable element of modern business. Considering the importance of the DSS, Papamichail i French (2005) [9] cite their ability "to improve the ability of decision makers in understanding the problems and making the best decisions." A large number of authors analyze different aspects of this issue. Power (2002) [12] develops the conceptual foundations of the DSS. In a broad review of DSS, Janakiraman i Sarukesi (2008) [5] launches an interactive computer-based decision support systems. Theoretical basis of DSS are also considered by many authors [11], [8], [3].

Analysis of decision support systems is still always present in the focus of research by different aspects:

- Key elements of DSS [1]
- Strategic DSS [6]
- Web DSS [13]
- Modeled DSS [10]
- Experimental studies of DSS [2]
- Intelligent decision support systems [4]

Information technology is an indispensable element in the decision support systems. Computer support in this regard is based primarily on a wide range of internal and external data needed for managerial decision-making and analysis. It is therefore of a great importance their integration into existing information system [14], [7], [15]. An important aspect of automation is the calculation of different mathematical models of decision making. In addition to acceleration of the calculation and elimination of the possibility of errors, this allowing greater acceptability of different decision making methods by end users. Without going into the substance of the mathematical model, the decision maker is enabled their simple implementation. This is in the practical circumstances one of the most significance of decision support systems.

## 2. METHODOLOGICAL APPROACH TO COMPUTER SUPPORT

In this paper are presented steps of computer support in the ranking of four alternative project solutions ( $a_1, a_2, a_3$  i  $a_4$ ) depending on the possible state of business ( $P_1, P_2, P_3$  i  $P_4$ ). Figure 1 shows alternative values depending on the state of the considered business. Smaller values of alternatives to  $P_1$  reflecting pessimistic expectations, while in the business state of point  $P_4$ , optimistic expectations. Other business conditions  $P_2$  and  $P_3$  are transitional values which describe normal course of business and market conditions.

		State of business			
Alternatives	P1	P2	P3	P4	
a1	6	7	8	13	
a2	3	6	8	14	
a3	7	8	9	11	
a4	5	6	7	11	

Figure 1. The initial values of analysis

The initial step in the application of this methodology is based on the determination of maximum and minimum values of alternatives, which is illustrated by the following programming code:

$$B3=MAX(B11:E11)$$

$$B4=MAX(B12:E12)$$



$$B5=MAX(B13:E13)$$

$$B6=MAX(B14:E14)$$

$$C3=MIN(B11:E11)$$

$$C4=MIN(B12:E12)$$

$$C5=MIN(B13:E13)$$

$$C6=MIN(B14:E14)$$

The obtained maximum and minimum values of alternatives are shown in Figure 2. They indicate extremely optimistic or pessimistic variants of predictions.

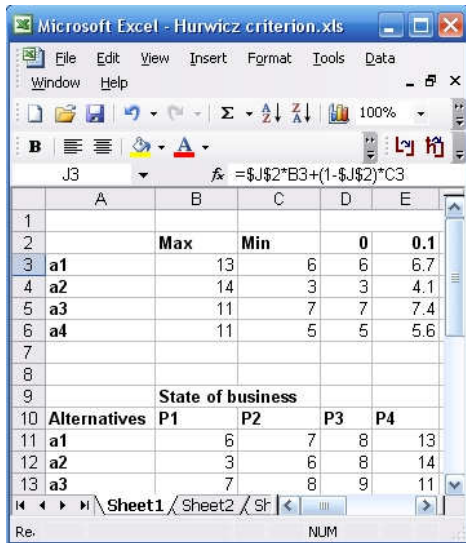


Figure 2. Maximum and minimum options of predictions

Practical circumstances of discussed methodology application of decision-making, emphasize a need for analyzing selection of the best alternative in the whole area of decision-making. This avoids emphasizing extreme pessimism or optimism and reflects the real situation of normal market conditions. For this purpose, in a mathematical model for calculating is introduced the index of optimism, which analyzes the importance of alternatives in the relation to different levels of benefits of certain business state. By varying the index of optimism are taken values between 0 and 1 ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ). This establishes a compromise between the criteria of optimism (max / max) and criteria of pessimism (max / min). By variation of coefficient of optimism, decision maker can express his preferences and act rationally in accordance with the actual conditions. The decision maker expresses preferences for maximum effect by selection of index  $\alpha=1$  and for  $\alpha=0$  expressing caution to the final states of the environment. The following listing shows programming code for the calculation of the expected effects of different values of the index of optimism:

$$D3=\$D\$2*B3+(1-\$D\$2)*C3$$

$$D4=\$D\$2*B4+(1-\$D\$2)*C4$$

$$D5=\$D\$2*B5+(1-\$D\$2)*C5$$

$$D6=\$D\$2*B6+(1-\$D\$2)*C6$$

$$\text{Index of optimism} - 0.1$$

$$E3=\$E\$2*B3+(1-\$E\$2)*C3$$

$$E4=\$E\$2*B4+(1-\$E\$2)*C4$$

$$E5=\$E\$2*B5+(1-\$E\$2)*C5$$

$$E6=\$E\$2*B6+(1-\$E\$2)*C6$$

$$\text{Index of optimism} - 0.2$$

$$F3=\$F\$2*B3+(1-\$F\$2)*C3$$

$$F4=\$F\$2*B4+(1-\$F\$2)*C4$$

$$F5=\$F\$2*B5+(1-\$F\$2)*C5$$

$$F6=\$F\$2*B6+(1-\$F\$2)*C6$$

$$\text{Index of optimism} - 1$$

$$N3=\$N\$2*B3+(1-\$N\$2)*C3$$

$$N4=\$N\$2*B4+(1-\$N\$2)*C4$$

$$N5=\$N\$2*B5+(1-\$N\$2)*C5$$

$$N6=\$N\$2*B6+(1-\$N\$2)*C6$$

The calculated values are shown in Figure 3. The present results provide a basis for ranking of alternatives in the entire decision making space and selection of combinations for which the estimated values are of the best effect.

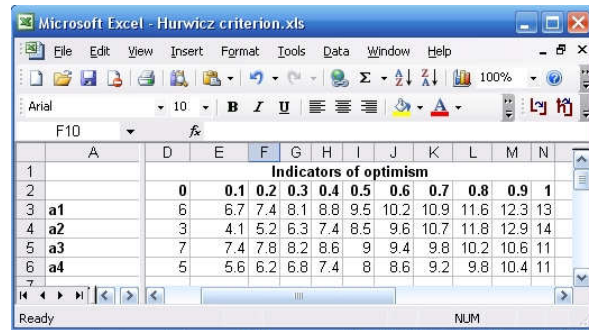


Figure 3. Expected effects for different values of the index of optimism

Figure 4 illustrates a graphical presentation of calculated values of alternatives, with respect to different values of the index of optimism. From the figure can be seen the final results, the best alternatives for different values of the index of optimism  $\alpha$ :

- An alternative  $a_3$  is the most favorable of compared values of in the area  $0 \leq \alpha \leq 0.35$
- An alternative  $a_1$  prefers in the area  $0.35 \leq \alpha \leq 0.75$
- An alternative  $a_2$  is the best in the area  $0.75 \leq \alpha \leq 1$

Graphical presentation of results provides illustrative presentation of obtained values - selection of the best alternative in a different range of preferences, as well as ranking of some alternatives.

By entering different initial values of alternatives, with respect to certain business conditions, it is enabled automation of the calculation and obtaining final results and also their graphical interpretation. The present programming code allows the development of considered solution by the user, as well as its expansion according to its specific needs.

An important aspect of application of this methodology is based on the tools for its implementation. MS Excel is a widely accepted platform by the end users. In addition to simplicity of use, this platform provides a sophisticated analysis of the data, connection to existing databases in various formats and thus the integration in the developed information system. Figure 5 shows the providers for connecting MS Excel tool with different formats of the current databases.

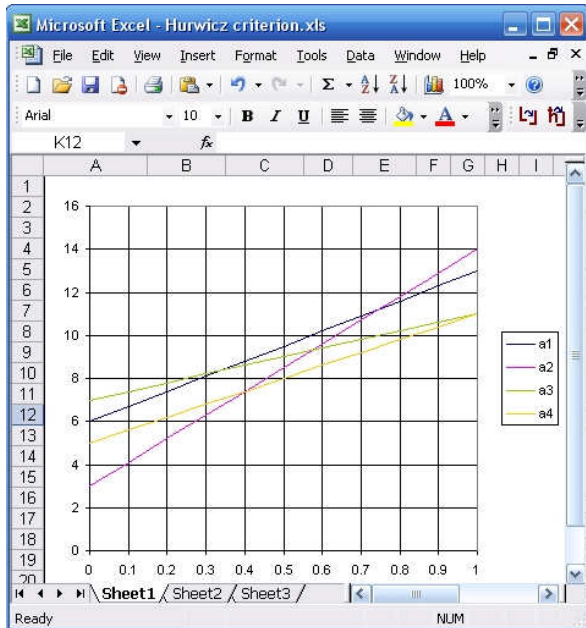


Figure 4. Graphical presentation of results

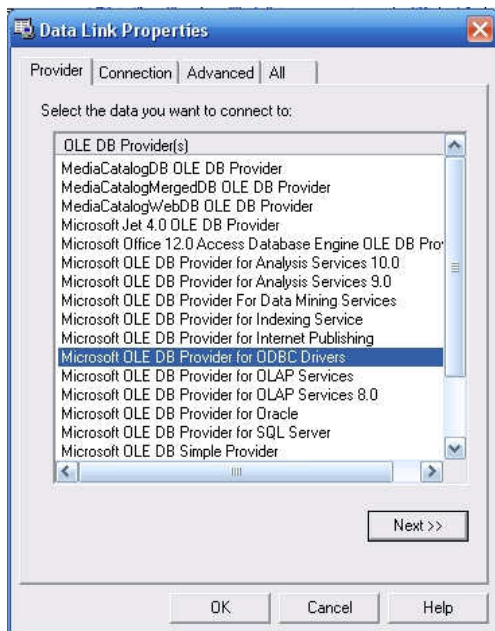


Figure 5. Connecting MS Excel tool with different database formats

Application of ODBC (Open Database Connectivity) drivers provides further extension to possibilities of integration with different database formats. Figure 6

shows the creation of an ODBC connectivity for connecting to existing data. This forms a permanent connection between MS Excel tool with practically all current existing formats of data records.

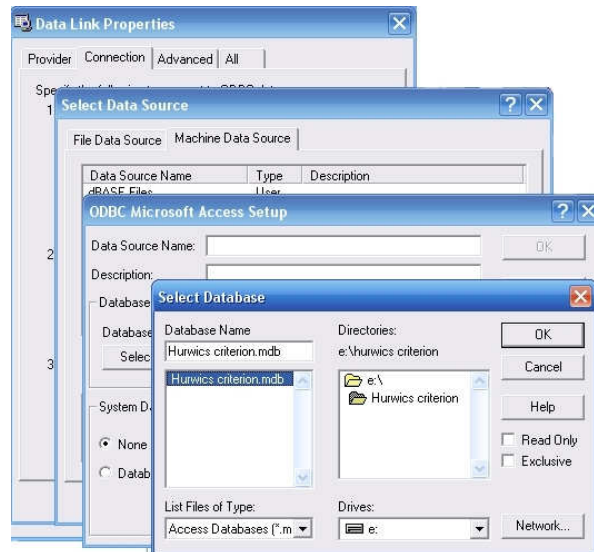


Figure 6. Using the ODBC connectivity for connecting to existing data

Figure 7 shows the use of the existing MS Access database to obtain the initial data in the analysis by the discussed method of multi criteria optimization, using the Hurwicz criterion. This figure illustrates the application of integrated tool DB Query to selection of data from existing databases, with details of connectivity on the illustrated example. This creates the possibility of automation of obtaining actual data from the information system and also their further analysis in the MS Excel tool.

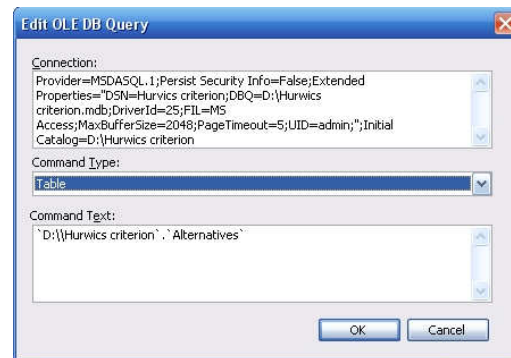


Figure 7. Using DB Query for data selection

### 3. CONCLUSION

This paper presents detail steps of computer support for implementation of a decision-making method, depending on the state of nature of the considered problem. The presented methodology is based on the application of Hurwicz criteria for ranking of potential alternatives. Graphical presentation illustrates the obtained solution -

selection of the best alternative, or their ranking based on different sizes of the index of optimism.

The paper is primarily based on a methodological approach to the considered problem. Through an illustrative example are presented all required elements of computer support, which enables end-users to easily implement this method. The importance of this approach is primarily reflected in providing the user the development of its own computer support to this method and the application in a specific case of its own decision making.

The most important aspect of this methodology is reflected in practical conditions. Those, on one side imposes different mathematical models of decision-making, while on the other hand require the simplicity of their use in limited weather conditions. In this respect, presentation of the computer support provides a simple and affordable way for applying these methods by users in a real circumstances.

## REFERENCES

- [1] Arnott D. and Pervan G., "Eight key issues for the decision support systems discipline", *Decision Support Systems*, Vol. 44, No. 3, pp 657-672, 2008.
- [2] Bhandari G., Hassanein K. and Deaves R., "Debiasing investors with decision support systems: An experimental investigation", *Decision Support Systems*, Vol. 46, No. 1, pp 399-410, 2008.
- [3] Burstein F. and Holsapple C., *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic Themes*, Springer, Berlin, 2008.
- [4] Gao S., Wang H., Xu D. and Wang Y., "An intelligent agent-assisted decision support system for family financial planning", *Decision Support Systems*, Vol. 44, No. 1, pp 60-78, 2007.
- [5] Janakiraman V. S. and Sarukesi K., *Decision support systems*, PHI Learning Pvt. Ltd., New Delhi, 2008.
- [6] Martinsons M. G. and Davison R. M., "Strategic decision making and support systems: Comparing American, Japanese and Chinese management", *Decision Support Systems*, Vol. 43, No. 1, pp 284-300, 2007.
- [7] Moller C. and Chaudhry S., *Advances in Enterprise Information Systems II*, CRC Press, London, 2012.
- [8] Moss L. T. and Atre S., *Business Intelligence Roadmap: The Complete Project Lifecycle for Decision-support Applications*, Addison-Wesley Professional, Boston, 2003.
- [9] Papamichail K. N. and French S., "Design and evaluation of an intelligent decision support system for nuclear emergencies", *Decision Support Systems*, Vol. 41No 1, pp 84-111, 2005.
- [10] Power D. J. and Sharda R., "Model-driven decision support systems: Concepts and research directions", *Decision Support Systems*, Vol. 43, No. 3, pp 1044-1061, 2007.
- [11] Power D. J., *Decision Support Basics*, Business Expert Press, New York, 2009.
- [12] Power D. J., *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*, Greenwood Publishing Group, USA, 2002.
- [13] Santos L., Coutinho-Rodrigues J. and Antunes C. H., "A web spatial decision support system for vehicle routing using Google Maps", *Decision Support Systems*, Vol. 51, No. 1, pp 1-9, 2011.
- [14] Shajahan S., *Management Information Systems*, New Age International, New Delhi, 2004.
- [15] Stair R. and Reynolds G., *Fundamentals of Information Systems*, Cengage Learning, Boston, 2011.

## Automatizacija procesa iz domena upravljanja ljudskim resursima u Telekomu Srbija korišćenjem internog korporativnog portala

### Automation of Telekom Srbija HR Management Processes through Internal Corporate Portal

Danijela Pavlović, Vesna Mijanović, Srđan Kokolj, Ana Slani

Telekom Srbija

**Sadržaj** - Unapređenje procesa upravljanja ljudskim resursima u kompaniji koja ima 10.000 zaposlenih je kontinualan i kompleksan proces. Svakodnevna potreba za informisanjem i anketiranjem velikog broja zaposlenih bila je pre 10 godina razlog razvoja internog korporativnog portala Telekoma Srbija. Pored te osnovne namene danas se naš interni portal koristi za automatizaciju velikog broja procesa iz domena upravljanja ljudskim resursima (HR procesi). U radu će biti navedene i ukratko opisane automatizacije HR procesa koje su u upotrebi na portalu. Takođe će biti prezentovana i jedna konkretna implementacija s namerom da se pokaže jedan praktičan primer implementacije sa svim bitnim elementima (front-end, back-end, integracija preko web servisa, kontrole, verifikacija, mail notifikacije itd.)

**Abstract** - Improving the management of human resources in the company that has 10,000 employees is a continuous and complex process. Internal portal of Telekom Srbija was created 10 years ago as the need for daily information and interviewing a large number of employees. In addition to this main purpose, today it is being used for the automation of many processes in the field of human resources (HR processes). The paper will be mentioned and briefly described automation of HR processes that are in use on our website. Also it will be presented an actual automation with the intention to show a practical example of the implementation and all relevant elements (front-end, back-end, integration via web services, logical control, verification, mail notification, etc.).

#### 1. UVOD

Kompanije koje imaju veliki broj zaposlenih imaju po pravilu i kompleksne poslovne procese. Jedan od složenijih poslovnih procesa je svakako upravljanje ljudskim resursima (Human Resource Management – HR Management). Nekadašnji nazivi upravljanje kadrovima, pa upravljanje personalom, nisu samo drugačije ime za isti proces. Sam proces je evoluirao i postao značajno

složeniji. Nekada su se pod ovim nazivima podrazumevali jednostavniji procesi zapošljavanja, upravljanja radnim odnosom, upravljanje normativnim aktima... Danas se pod upravljanjem ljudskim resursima podrazumevaju daleko složeniji procesi. Savremene informacione tehnologije su u značajnoj meri unapredile i omogućile efikasan razvoj HR procesa. Evo nekoliko primera unapređenih HR procesa koji se ne mogu zamisliti bez upotrebe IT web rešenja:

- proces upravljanja obrazovanjem je danas daleko složeniji jer je inoviran uvođenjem elektronskih edukacija, elektronskih provera znanja, evaluacijom edukacija kroz e-ankete, praćenjem uticaja edukacije na razvoj karijere itd.;
- proces zapošljavanja u današnjem smislu podrazumeva daleko složeniji proces od pronalaženja i regrutovanja ne samo eksternih kandidata već i internih (upravljanje internim tržištom radne snage);
- razni self-servisi koji se pružaju zaposlenom kako bi održavao svoje lične podatke, podnosio razne vrste zahteva, prijava itd.

Kompleksnost upravljanja HR procesima ogleda se u tome što su to procesi koji prožimaju čitavu kompaniju i učesnici ovih procesa su svi zaposleni. Postoji direktna veza između broja zaposlenih i složenosti HR procesa: što je kompanija veća i ima više zaposlenih, to su HR procesi kompleksniji i teži za upravljanje. Zato se u savremenoj kompaniji proces upravljanja ovim procesima ne može zamisliti bez korišćenja IT servisa koji automatizuju i olakšavaju implementaciju HR procesa i značajno doprinose kvalitetu upravljanja ljudskim resursima.

U ovom radu biće predstavljeno na koji način je u kompaniji Telekom Srbija, korišćenjem internog korporativnog portala koji je front-end i web servisa razvijenih na strani HR sistema koji je back-end, automatizovan značajan broj HR procesa.

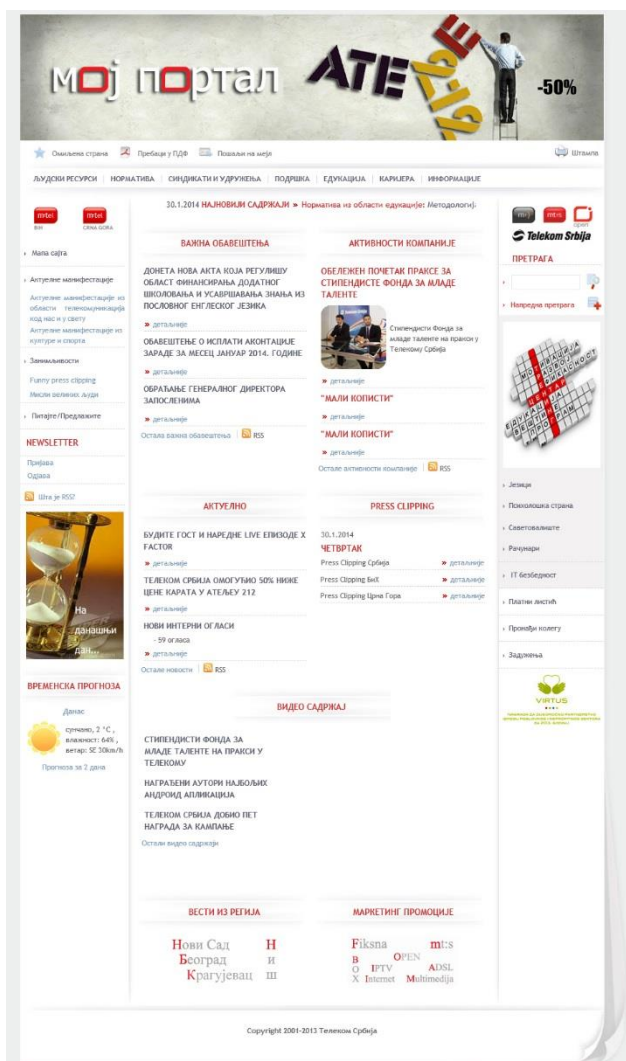
#### 2. INTERNI KORPORATIVNI PORTAL

Interni korporativni portal je portal preduzeća čija je osnovna namena informisanje zaposlenih i kao takav

neophodan je u svakom savremenom velikom poslovnom sistemu. Interni portal je po pravilu početna stranica web pretraživača u kompaniji, koju posećuju svi, od generalnog direktora, do svakog zaposlenog. Na internom portalu se objavljuju vesti, obaveštenja kao i informacije koje su od značaja za zaposlene. Takođe se nalaze i zakonski pravni propisi, kompanijski normativni akti, procedure i ostala dokumentacija koja se publikuje zaposlenima. Pored dokumenata tu su i informativni IT servisi kao što je platni listić zaposlenog, zaduženje osnovnim sredstvima, zaduženje materijalom, zaduženje literaturom, dugovanja zaposlenog po osnovu pozajmice, stambenog zajma itd. Portal sadrži i edukativne materijale i multimedijalne sadržaje koji se koriste u svrhu obrazovanja i razvoja zaposlenih. Obavezni element portal su i linkovi ka korisnim internim i eksternim web stranicama. Na portalu se mogu naći i zanimljivi sadržaji koji nemaju direktnu vezu sa kompanijom ali imaju vezu sa društvenim i kulturnim okruženjem zaposlenih.

već na prvoj strani se jasno vide i linkovi ka ostalim sadržajima:

- u centralnom delu su podmeniji sa linkovima na stranice vezane za ljudske resurse (organizaciona struktura, kodeks ponašanja, radni kalendari itd.), podmeniji za normativu (statut, kolektivni ugovor, službeni list itd.), podmeniji sa linkovima za sindikate i udruženja, podmeni za podršku (IT podršku, logističku podršku itd.), podmeni za obrazovanje (program obrazovanja, literatura, časopisi, prezentacije, izveštaji sa konferencija...), podmeni za karijeru (interno tržište opšte informacije i ponuda otvorenih radnih mesta) i podmeni za informacije (aktivnosti i aktuelnosti kompanije);
- sa leve strane nalaze linkovi na korporativne portale zavisnih društava kompanije Telekom Srbija (m:tel BIH i m:tel Crna Gora);
- na desnoj zvanični eksterni web portali Telekoma Srbija (mondo, mts i open telekom).



Slika 1. Naslovna strana internog portal Telekoma Srbija

Na slici 1. prikazana je početna stranica internog portala kompanije Telekom Srbija. Na njoj se vidi da su u prvom planu aktuelna važna obaveštenja tzv. oglasna tabla. Ali

Takođe se već na prvoj stranici nalazi i link ka virtuelnom Trening centru u kojem su smeštene elektronske edukacije iz raznih oblasti: tehničke edukacije (npr. IT edukacije, obuke iz oblasti telekomunikacija itd.), edukacije iz oblasti stranih jezika, tehnološke obuke odnosno edukacije vezane za razne interne i eksterne procedure itd. Na prvoj strani su takođe i linkovi ka dva „savetovališta“: psihološko i savetovalište vezano za radne odnose.

Naravno da se najčešće putem internog portala automatizuju procesi ljudskih resursa jer oni uvek kao glavnog učesnika i fokus procesa imaju zaposlenog. Međutim portal se može iskoristiti za automatizaciju svih poslovnih procesa koji potencijalno imaju dodirne tačke sa svim ili većinom zaposlenih. Dakle, poslovni procesi koji se mogu automatizovati korišćenjem internog portala su oni koji imaju:

- zahtev zaposlenog kojim započinje proces. Na primer ako proces počinje: zahtevom za neki IT servis (zahtev za pristup aplikaciji, zahtev za domenski nalog, zahtev za e-mail nalog itd.); zahtevom za IT resurs (zahtev za računar, zahtev za štampač itd.), zahtevom zaposlenog za godišnji odmor, zahtevom za visit karte, zahtevom za informaciju itd. ili
- prijavu zaposlenog: prijavu na neki konkurs ili oglas kao što su na primer prijava zaposlenog za pozajmicu, prijava zaposlenog na interni oglas za zapošljavanje, prijava zaposlenog za medicinski pregled, prijava zaposlenog za stambeni kredit, prijava plana godišnjeg odmora itd. ili
- potrebu za self-service funkcionalnošću tj. izmenom podataka od strane samog zaposlenog (izmena podataka o lokaciji, telefonu, podataka o deci kako bi se utvrdilo pravo na novogodišnje paketiće itd.).

Automatizacija poslovnih procesa korišćenjem korporativnog portala ima za cilj povećanje:

- efikasnosti - skraćanjem trajanja samog procesa i

- efektivnosti - podizanjem kvaliteta kroz bolju informisanost i unapređenje upravljanja procesom koji se automatizuje.

Nema standardnog recepta za izgled i postupak automatizacije HR procesa korišćenjem internog portala. Mogućnosti su ogromne, a s obzirom na veličinu naše kompanije to su i potrebe za ovim automatizacijama velike. Svakako treba reći da nijedna od ovih automatizacija nije jednostavna i da su to manje ili više kompleksne aplikacije. Gotovo svaka od njih kao sastavni deo ima svoj workflow, a veoma često i svoj administratorski deo. Što se arhitekture ovih rešenja tiče obično postoje tri sloja:

- Front-end: Interni portal (.NET C#)
- Integracioni sloj: java web servisi
- Back-end: HR i ostale poslovne aplikacije.

Na portalu se nalaze web strane koje predstavljaju interfejs ka korisniku. Preko njih korisnik unosi podatke i pokreće određene akcije. Pokretanje akcija je najčešće poziv web servisa. Dakle, uneti podaci se, u slučaju kompleksnijih kontrola i obrade, kontrolišu i preračunavaju ne na front-end-u već pozivom servisa back-end poslovnih aplikacija. Ti servisi koriste gotove komponente postojećih HR aplikacije čime se postiže re-use koda. Pored kontrola i obrade podataka obično postoje i web servisi koji služe za prenos i smeštanje podataka u baze podataka poslovnih aplikacija.

### 3. KONKRETAN PRIMER IMPLEMENTACIJE AUTOMATIZACIJE JEDNOG HR PROCESA

U nastavku rada biće opisana konkretna automatizacija poslovnog procesa podnošenja zahteva zaposlenog za korišćenje godišnjeg odmora s ciljem da se pokaže kompleksnost na prvi pogled jednostavne automatizacije. Implementacija ovog zahteva koristi podatke iz sledećih sistema:

- Aktivni direktorijum - koristi se za proveru korisnika pri identifikaciji,
- Aplikacija Zahtevi koja je deo internog portala i koja služi za komunikaciju sa korisnikom i upravljanje tokom posla,
- Upravljanje ljudskim resursima (Oracle HRMS) iz koje se preuzimaju podaci o zaposlenima i organizacionoj strukturi i
- Evidencije prisustva na radu – aplikacija koja pruža sve kontrole vezane za pravila popunjavanja zahteva, a koji se tiču termina i raspoloživog broja dana. Na kraju se u ovu aplikaciju smeštaju Zahtevi zaposlenih.

Ovaj servis portala, koji zaposleni koriste kada podnose zahtev za godišnji odmor, ima svoj tok posla. Učesnici u toku su zaposleni, njihovi supervizori – prvi nivo verifikacije, nadređeni rukovodioci - drugi nivo verifikacije i administratori ljudskih resursa. Kasnije će biti objašnjen konkretan tok posla.

Deo toka posla je i workflow za odobravanje zahteva. Ono što je takođe obavezni deo većine HR procesa, automatizovanih putem internog portala, su mail notifikacije koje dobijaju učesnici u procesu. U radu će takođe biti prikazano kako izgledaju ove notifikacije na konkretnom primeru.

Sam proces podnošenja zahteva ima nekoliko koraka:

- Prijava i identifikacija zaposlenog
- Unos zahteva
- Odobravanje zahteva od strane nadređenog rukovodioca i mail obaveštenja
- Prenos podataka u aplikaciju Evidencija prisustva na radu.

#### Prijava i identifikacija zaposlenog

Da bi korisnik pristupio aplikaciji potrebno je da pokrene odgovarajući link sa internog portala i da se prijavi sa domenskim nalozom. U toku prijave radi se provera u Aktivnom direktorijumu. Ako je korisnički nalog dobar sistem radi identifikaciju. Na osnovu korisničkog imena sistem preuzima lične podatke zaposlenog (prezime, ime, organizacioni deo, radno mesto itd.) iz HR aplikacije.

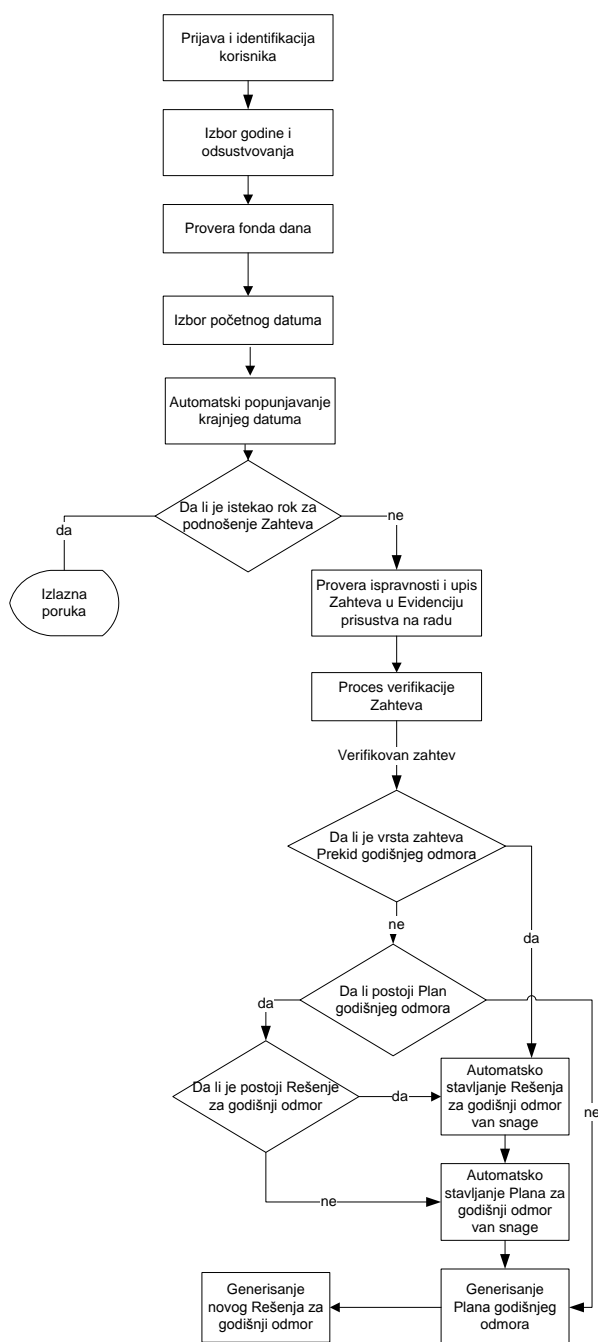
#### Unos zahteva

Podaci koji identifikuju korisnika koji se prijavio prikazuju se na osnovnoj stranici gde zaposleni bira godinu za koju zahteva promenu ili unos, vrstu godišnjeg odmora (prvi deo, drugi deo, ceo godišnji odmor ili prekinut godišnji odmor) i početni datum (slika 2.).

Slika 2. Izgled ekranske forme za unos zahteva

Aplikacija Zahtevi je integrisana sa aplikacijom Evidencija prisustva na radu. Sve kontrole i obračuni dana se preuzimaju iz Evidencije prisustva na radu. Na slici 3. prikazan je uprošćeni implementirani scenario toka posla.

Nakon unosa potrebnih podataka korisnik pokreće akciju Sačuvaj. Iza ovog dugmeta nalazi se poziv web servisa koji startuje dodatne kontrole koje su već implementirane u aplikaciji Evidencija prisustva na radu. Na ovaj način je izbegnuto ponovno kodiranje i postignut re-use koda.



Slika 3. Uprošćeni scenario

### Odobranje zahteva od strane nadređenog rukovodioca i mail obaveštenja

Nakon podnošenja Zahtev za godišnji odmor ulazi u ciklus verifikacije. Kod ovog zahteva postoji dvostruka verifikacija (prvo zahtev odobrava neposredni supervisor, a zatim i njegov nadređeni rukovodilac). Proces odobravanja prati slanje mail notifikacija neposrednom supervizoru (slika 3.), njegovom nadređenom rukovodiocu i administratorima Direkcije za ljudske resurse. Verifikatorima je takođe omogućena funkcionalnost u toku donošenja odluke o verifikaciji pogledaju i zauzetost ostalih zaposlenih iz tog

organizacionog dela, u period za koji je zaposleni tražio godišnji odmor.

Поштовани,

Запослени, ПЕТАР ПЕТРОВИЋ се преко портала изјаснио о начину и термину коришћења годишњег одмора за 2014. годину. Број захтева: 709 од 30.1.2014.године.

Молимо Вас да се преко линка [Link](#) улогујете на портал и изјасните о предложеном начину и термину коришћења годишњег одмора за 2014 годину.

Обавештавамо Вас да уколико у року од 2 дана, од добијања ове информације не одобрите/одбијете предметни предлог, исти ће добити статус неразматран.

Предлог начина и термина коришћења годишњег одмора је: Први део годишњег одмора: од 10.11.2014. године до 01.12.2014. године. Број дана: 15.

Датум и време обавештења: 9.1.2014 11:24:20

Дирекција за људске ресурсе

Slika 3. Izgled mail poruke za verifikatora

Veza između zaposlenog i njegovih nadređenih se dobija kroz integraciju sa sistemom za upravljanje ljudskim resursima - aplikacijom Oracle HRMS. Kako bi se znao tok posla i način slanja mail obaveštenja definisana je i matrica verifikacije koja daje pravila šta se dešava u slučaju odobrenja/odbijanja zahteva.

Po odobravanju zahteva sistem šalje mail obaveštenje zaposlenom (slika 4.). Pored toga sistem šalje notifikaciju i administratoru Direkcije za ljudske resurse tzv. evidentičaru radnog vremena koji na osnovu Zahteva pravi Rešenje o godišnjem odmoru. U zavisnosti od teritorije, na kojoj zaposleni ima važeći Ugovor o radu, mail notifikacija se šalje na jednu od četiri distributivne grupe (Beograd, Sever, Jug, Centar).

Поштовани,

Обавештавамо Вас да је Ваш предлог о начину и термину коришћења годишњег одмора за 2014 годину одобрен од стране надлежних руководиоца.

Од стране надлежне службе Дирекције за људске ресурса биће Вам достављено Решење о коришћењу годишњег одмора.

Датум и време обавештења: 9.1.2014 12:40:10

Дирекција за људске ресурсе

#### Slika 4. Izgled mail poruke obaveštenja zaposlenom

Kao što se vidi Zahtev za godišnji odmor prolazi kroz nekoliko statusa. Zaposleni može preko internog portala ne samo da podnese Zahtev za godišnji odmor već i da prati njegove statuse odnosno njegovu realizaciju.

#### Prenos podataka u aplikaciju Evidencija prisustva na radu

Kao što je rečeno pozivom web servisa, sa internog portala, svi podaci iz Zahteva za godišnji odmor upisuju se u bazu podataka aplikacije Evidencija prisustva na radu. Pregled ovih podataka je moguć kroz posebnu ekransku formu aplikacije Evidencija prisustva na radu (slika 5.) koja predstavlja alat za evidentičara radnog vremena Direkcije za ljudske resurse.

U slučaju da je Zahtev za korišćenje godišnjeg odmora odobren – verifikovan, web servis poziva i procedure koje u zavisnosti od scenarija rade neke akcije (stavljaju Rešenje i/ili Plan godišnjeg odmora van snage, automatski generišu Rešenje i/ili Plan godišnjeg odmora, rade prekid godišnjeg odmora itd.).

Slika 5. Izgled ekranske forme Zahtev u aplikaciji Evidencija prisustva na radu

Odbijeni Zahtevi za godišnjim odmorom se samo registruju u aplikaciji Evidencija prisustva na radu bez daljih akcija.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kao što se vidi automatizacije procesa ljudskih resursa imaju složena pravila i tokove posla, a najčešće i sve zaposlene kao učesnike procesa. Automatizacija preko portala je siguran put da se smanji vreme trajanja poslovnog procesa i da se poveća kvalitet procesa. Kraće vreme trajanja procesa, odnosno kraće vremensko angažovanje zaposlenih koji operativno podržavaju proces, donosi više vremena Direkciji za ljudske resurse i

ostalim direkcijama, da se bavi analizom i unapređenjem svojih poslovnih procesa.

Ako govorimo u brojkama, vezanim za konkretan primer, Telekom Srbija ima blizu 10.000 zaposlenih i preko 20.000 zahteva za godišnjim odmorom (jer većina zaposlenih koristi odmor iz dva dela, a pored toga ima dosta i izmena vezanih za termine koji su prvobitno prijavljeni). Jasno je kolika se efikasnost postiže automatizacijom podnošenja Zahteva za korišćenje godišnjeg odmora i njihove verifikacije.

Na konkretnom primeru koji je prikazan u ovom radu efikasnost nije povećana samo u Direkciji za ljudske resurse već i u svim organizacionim delovima gde se nalaze verifikatori, ali i u organizacionom delu u čijem su domenu pisarnice (Direkcija za logističke i opšte poslove). Naime pošto se svaki dokument zavodi na pisarnici i dobija svoj delovodni broj, pomenutom automatizacijom sam sistem dodeljuje delovodne brojeve dokumentu tako da se smanjuje obim posla zaposlenih u pisarnici. Takođe su jasne i uštede vezane za ostale resurse (papir, ekspediciju dokumenata, korišćenje depoa za smeštanje dokumentacije itd.).

S druge strane korist od ovih automatizacija nije samo na strani kompanije već i na strani zaposlenog. Kako zaposleni značajno skraćuje vreme svog angažovanja u HR procesu i brže završava svoj posao u procesu to doprinosi i njegovom većem zadovoljstvu. Ono što je takođe veliki benefit ovih automatizacija je to što zaposleni putem korporativnog portala može pratiti i kretanje svog zahteva, prijave ili podataka. Dakle, u bilo kom trenutku svako može videti do koje faze realizacije je stigao njegov zahtev. Takođe se može videti ko je odobrio, ili odbio zahtev. Za bitne faze može se postaviti i mail notifikacija tako da zaposleni ne mora čak ni pratiti portal već će ga sistem obavestiti o toku realizacije.

Na samom kraju treba spomenuti da u savremenim kompanijama interni portal više nije „vlasništvo“ IT organizacionog dela kao što bi se očekivalo. Sam strukturni izgled i dizajn portala je deo procesa upravljanja korporativnim portalom i u domenu je organizacionog dela koji upravlja ljudskim resursima. Kada govorimo o Telekomu Srbija bilo kakva vrsta automatizacije i postavljanja na portal mora biti odobrena od strane Direkcije za ljudske resurse. U pomenutoj direkciji se nalazi i nekoliko zaposlenih koji su takođe ovlašćeni za postavljanje vesti i ostalih sadržaja. Oni takođe postavljaju i linkove preko kojih se pokreću IT servisi koji automatizuju neki poslovni proces.



## WEB APLIKACIJA "UPIS DECE"

### "ENROLLMENT OF CHILDREN" WEB APPLICATION

Snežana Radovanović, Vesna Kržanović, Zora Šarenac, Jelena Vukadinović Vuković  
Zavod za informatiku i statistiku grada Beograda

**Sadržaj** – Web aplikacija "UPIS DECE" realizovana je u Zavodu za informatiku i statistiku grada Beograda za potrebe Sekretarijata za obrazovanje i dečju zaštitu grada Beograda. Aplikacija se koristi u sprovođenju konkursne procedure formiranjem rang liste dece prema kriterijuma iz konkursa i raspoređivanjem primljene dece u objekte u okviru predškolskih ustanova.

**Abstract** - "Enrollment of children" Web application was implemented in the Institute of Informatics and Statistics of City of Belgrade for the purpose of the Secretariat for Education and Child Care of City of Belgrade. The application is used in the implementation of tender procedures for the formation of ranking lists of children under the tenders criteria and for assignment of enrolled children in preschool facilities.

#### 1. UVOD

Web aplikacija "UPIS DECE" realizovana je u Zavodu za informatiku i statistiku grada Beograda početkom 2011. godine na zahtev Sekretarijata za obrazovanje i dečju zaštitu grada Beograda kao nastavak uspešne saradnje na aplikaciji "Vrtići".

Pravni okvir za realizaciju projekta je Pravilnik o bližim uslovima za utvrđivanje prioriteta za upis dece u predškolsku ustanovu<sup>[1]</sup> i Konkurs za upis u predškolske ustanove koji se svake godine raspisuje. Na zvaničnom sajtu grada Beograda-www.beograd.rs može se videti konkurs i preuzeti Zahtev za upis.

Podnosilac zahteva konkuriše za mesto u predškolskoj ustanovi, navodeći jedan do tri objekta u koji želi da se dete upiše. Moguće je da se za isto dete konkuriše u više od jedne predškolske ustanove.

U skladu sa konkursnom procedurom sva deca za koju je podnet zahtev rangiraju se prema sledećim kriterijumima:

- prebivalište deteta na opštini na kojoj je predškolska ustanova
- dete pripada osetljivoj grupi
- zaposlenost roditelja
- broj dece u porodici
- drugo dete već pohađa predškolsku ustanovu

Za svaku predškolsku ustanovu formira se onoliko lista koliko ima oblika rada u istoj (sada više od 800 lista), a zatim se vrši raspoređivanje dece po objektima.

Podnošenje zahteva se vrši u periodu koji je naveden u konkursu, a koji meseci željenog upisa ulaze u

automatsku raspodelu po konkursu određuje Sekretarijat. Deca za koju je zahtev podnet posle konkursnog perioda ili koja žele da krenu kasnije smeštaju se na listu zainteresovanih za predškolsku ustanovu, odnosno vrtić. Moguće je upisati dete u toku cele godine ako postoje slobodna mesta u željenom objektu.

#### 2. PROCES RAZVOJA APLIKACIJE

Ulazne elemente procesa razvoja aplikacije predstavljaju:

- zahtevi zakonske regulative po kojima je potrebno izraditi softversku podršku u implementaciji istih
- zahtevi korisnika vezani za automatizaciju poslovnih procesa
- zahtevi tehničkih i tehnoloških promena infrastrukture

Izlazne elemente ovog procesa predstavljaju:

- baze podataka sa pripadajućom poslovnom logikom
- sloj servisa unutar kojih je obezbeđena realizacija poslovne logike
- aplikacija koja je realizovana tako da maksimalno odgovara tekućim potrebama korisnika

Proces razvoja softvera obuhvata:

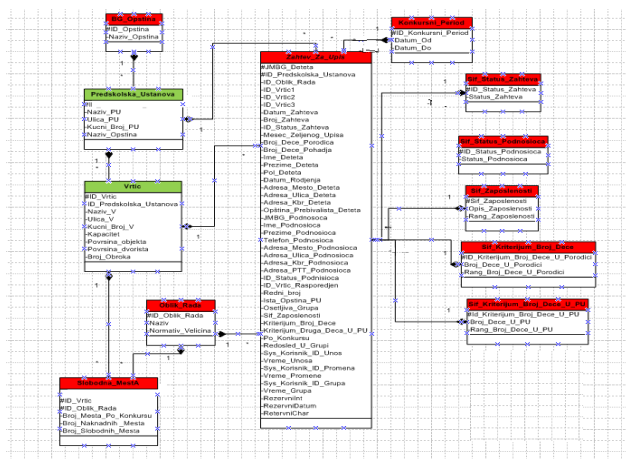
- primarni scenario razvoja
- upravljanje promenama u toku razvoja
- upravljanje greškama u toku razvoja

Za izradu ovog projekta formirani su timovi prema sledećim poslovima:

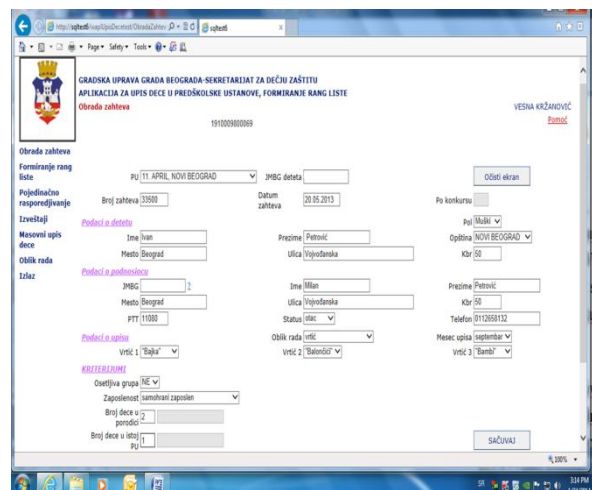
- projektovanje i izrada projektne dokumentacije
- kreiranje baze i izrada procedura
- formiranje Web servisa i Web metoda
- izrada aplikativnog dela
- izrada testnih scenarija i testiranje
- izrada uputstva za korisnike

Za ovaj projekat formiran je tim projekatara iz Zavoda za informatiku i statistiku i stručni saradnici iz Sekretarijata za obrazovanje i dečju zaštitu grada Beograda koji je definisao sve elemente procesa.

### 3. MODEL BAZE I FUNKCIONALNOSTI



(Model dela baze)



(Forma za obradu zahteva)

Aplikacija koristi podatke iz dve baze. Mreža predškolskih ustanova i vrtića održava se u jednoj bazi (zeleno boja na slici), a ostali podaci o zahtevima za upis se čuvaju u drugoj bazi (crvena boja na slici).

Aplikacijom su obuhvaćene sledeće funkcionalnosti:

- Administracija oblika rada - omogućava da korisnik za 17 predškolskih ustanova i 404 objekta unese podatke o:
  - obliku rada za svaki objekat:
    1. jasle
    2. vrtić
    3. priprema za školu celodnevna
    4. priprema za školu poludnevna
    5. razvojna grupa
    6. petodnevni boravak
  - broju mesta po konkursu
  - broju naknadnih mesta
- Svaki od objekata ima jedan ili više oblika rada. Broj slobodnih mesta u svakom objektu se automatski održava kroz aplikaciju.
- Obrada zahteva za upis dece obuhvata unos sledećih podataka:
  - o detetu
  - o podnosiocu
  - o predškolskoj ustanovi i željenim vrtićima:
    - željeni oblik rada
    - tri željena vrtića
    - mesec upisa
  - o kriterijumima za rangiranje

- Formiranje rang liste i raspoređivanje
  - po željama;
  - po redosledu;
  - za pojedinačno raspoređivanje;
  - poništenje rang liste;
  - izveštaj o raspoređivanju – spisak dece po izabranom formiranju rang liste.
- Svaka predškolska ustanova može formirati rang listu po kriterijumima i izabrati jedan od tri načina raspoređivanja:
  - po željama
  - po redosledu
  - formiranje liste za pojedinačno raspoređivanje
- Pojedinačno raspoređivanje dece omogućava da se:
  - dete rasporedi i upiše biranjem vrtića u kome ima slobodnih mesta
  - premesti dete iz jednog u drugi vrtić
- Masovni upis dece omogućava da se:
  - izvrši upis svakog čekiranog deteta sa liste raspoređene dece koju je moguće upisati. Lista dece dobija se izborom predškolske ustanove, oblika rada, vrtića i načina sortiranja po prezimenu ili po datumu rođenja
- Formiranje izveštaja klasirano je u tri grupe:
  - Liste:
    1. nezvanična rang lista
    2. konačna rang lista za predškolsku ustanovu
    3. konačna rang lista za vrtić
    4. lista zainteresovanih za predškolsku ustanovu
    5. lista zainteresovanih za vrtić

STATISTIKA ZAPOSLENOSTI RODITELJA na dan 27.01.2014

Statistički zahvat: PODNETI RASPOREĐENI, ODUSTALI, UPISANI, PRIMLJENI, Otkid radni: JABLE, VRTIĆ, PRIPREMA - CELODNEVNA, PRIPREMA - POLUDNEVNA, RAZVOJNA GRUPA, PETODNEVNI BORAČAK

Red.br.	Naziv PU	samostalni roditelj		oba zaposlena		jedan zaposleni - drugi student		oba studenti		jedan zaposleni - drugi nezaposleni		oba nezaposleni		Ukupno
		da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	da	ne	
1	11. APRIL, NOVI BEOGRAD	91	1349	44	0	354	3	80	1921					
2	BOŠKO BUHA, PALULULA	118	1163	24	0	738	4	312	2359					
3	ČIKA JOVA ZMAJ, VOŽDOVAČ	135	1573	27	5	484	12	158	2394					
4	ČUKARICA, ČUKARICA	153	1967	33	1	683	6	231	2651					
5	DEČJI DAN, STARI GRAD	47	423	12	2	190	5	38	717					
6	Dr. SIMA MILOŠEVIĆ, ZEMUN	132	1316	15	2	652	5	261	2383					
7	JELICA OBRADOVIĆ, MLADENOVAC	50	252	9	1	240	5	177	734					
8	LANE, GROČKA	42	466	9	1	395	6	164	1083					
9	NAŠA RADOŠT, SOPOT	10	57	1	0	97	0	66	233					
10	PERKA VICENTIEVIĆ, OBRENOVAC	68	291	7	0	293	3	201	803					
11	POLETARAC, BARAJEVO	16	195	1	3	104	6	68	303					
12	RAKLA KOTAROV VUKA, LAZAREVAC	69	418	10	3	304	1	68	873					
13	RAKOVIČA, RAKOVIČA	129	1094	33	0	344	4	172	1776					
14	SAVSKI VENAC, SAVSKI VENAC	29	367	9	1	183	3	46	638					
15	SURČIN, SURČIN	36	304	1	0	215	3	101	660					
16	VIRAČAR, VIRAČAR	57	595	3	1	105	8	37	806					
17	ZVEZDARA, ZVEZDARA	106	1306	39	3	563	4	210	2261					
	UKUPNO	1268	12666	277	23	5941	78	2392	22645					
	%	5,8	55,93	1,22	0,1	26,24	0,34	10,56	/					

(Izveštaj "Zaposlenost roditelja za grad")

Proces obrade zahteva prati se preko statusa zahteva. Postoje sledeći statusi:

- Podnet – kada se zahtev unese i sačuva u bazi
- Primljen – posle izvršenog formiranja rang liste, ako je iznad crte, tj. u okviru broja predviđenih mesta za predškolsku ustanovu - tada nije određen konkretan objekat
- Raspoređen – posle izvršenog formiranja rang liste i raspoređivanja u željeni objekat ili u objekat određen korišćenjem forme za pojedinačno raspoređivanje.
- Upisan – kada je podnosilac izvršio uplatu za upis
- Odustao – kada je podnosilac odustao od upisa

Statusi zahteva koriste se pri pravljenju izveštaja i analize podataka o deci koja su konkurisala za upis u predškolske ustanove.

Primeri izveštaja u januaru 2014.god:

BROJ MESTA PO KONKURSU, SLOBODNIH MESTA, PODNETIH I PRIMLJENIH ZAHTEVA NA DAN 27.01.2014. GODINE

REDNI BROJ	NAZIV PREDŠKOLSKE USTANOVE	JABLE		VRTIĆ		PRIPREMA ZA SKOLU CELODNEVNA		PRIPREMA ZA SKOLU POLUDNEVNA		UKUPNO	
		mesta*	zahtevi	mesta	zahtevi	mesta	zahtevi	mesta	zahtevi	mesta	zahtevi
1	11. APRIL, NOVI BEOGRAD	3900	1143369	2020	714202	130	5313	0	0	5750	1923575
2	BOŠKO BUHA, PALULULA	84649	867796	63686	632461	9961	4348	74962	602663	2226287	19341968
3	ČIKA JOVA ZMAJ, VOŽDOVAČ	80414	906790	49718	642505	377	2330	88999	310496	1933112	18811821
4	ČUKARICA, ČUKARICA	86910	929889	69057	661833	11539	5376	677154	31623	2361260	18462091
5	DEČJI DAN, STARI GRAD	3390	302339	2256	188219	7982	1927	401	2139	68359	530624
6	Dr. SIMA MILOŠEVIĆ, ZEMUN	6443	908841	3688	633380	319	2931	68049	476910	171149	19911662
7	JELICA OBRADOVIĆ, MLADENOVAC	1468	146141	12214	135168	632	6150	526207	209319	846228	538818
8	LANE, GROČKA	3467	390337	1680	249168	203	1919	637038	10299	1071248	668923
9	NAŠA RADOŠT, SOPOT	6330	3833	7441	3633	4734	1313	260179	8181	444284	167160
10	PERKA VICENTIEVIĆ, OBRENOVAC	24931	188218	1407	127133	6428	2728	988514	6384	1041578	409463
11	POLETARAC, BARAJEVO	9646	4990	11386	6348	6041	1819	670417	146163	839969	266270
12	RAKLA KOTAROV VUKA, LAZAREVAC	18016	148177	19019	161171	6867	68	646064	0	101866	302366
13	RAKOVIČA, RAKOVIČA	6820	709882	4210	422421	768	6470	36146	244316	154091	14291489
14	SAVSKI VENAC, SAVSKI VENAC	34744	226303	20214	161188	246	1718	2012	88	69376	401617
15	SURČIN, SURČIN	1410	167141	1180	138118	132	1211	28626	249261	68827	666631
16	VIRAČAR, VIRAČAR	3918	408382	2332	238221	0	0	9027	5163	70437	897667
17	ZVEZDARA, ZVEZDARA	81925	963984	63628	676511	616	4265	346393	1631	1883422	17601481
	UKUPNO:	7431287	84507144	4846338	60914610	848332	488516	68832987	2642016	200883922	171061686

\* mesta - prvi broj predstavlja broj mesta po konkursu - drugi predstavljaju mesta, a drugi broj predstavlja broj trenutno slobodnih mesta  
zahtevi - prvi broj predstavlja broj zahteva, a drugi broj predstavlja broj prijavljenih zahteva

(Izveštaj "Broj mesta i zahteva za grad")

STATISTIKA KRITERIJUMA

NA DAN 27.01.2014. GODINE

RB	PREDŠKOLSKA USTANOVA	ISTA OPŠTINA		OŠETLJIVA GRUPE		DRUGA DECA U PORODICI		DRUGA DECA U PU		PO KONKURSU		KONKURISALO U DRUGOJU PU		UKUPNO
		DA	NE	DA	NE	DA	NE	DA	NE	DA	NE	DA	NE	
1	11. APRIL, NOVI BEOGRAD	1666	255	121	1800	1018	903	409	1512	1920	1	74	1847	1921
2	BOŠKO BUHA, PALULULA	2212	145	105	2252	1409	948	251	2108	1936	421	120	2237	2357
3	ČIKA JOVA ZMAJ, VOŽDOVAČ	2097	297	159	2235	1362	1032	309	2085	1881	513	178	2216	2394
4	ČUKARICA, ČUKARICA	2507	144	292	2359	1579	1072	426	2225	1640	1002	97	2554	2651
5	DEČJI DAN, STARI GRAD	429	288	73	644	343	374	116	601	532	185	110	607	717
6	Dr. SIMA MILOŠEVIĆ, ZEMUN	2338	44	202	2180	1489	913	350	2032	1991	391	80	2302	2382
7	JELICA OBRADOVIĆ, MLADENOVAC	776	18	71	663	528	206	90	644	539	195	3	731	734
8	LANE, GROČKA	1081	22	48	1035	721	302	152	931	668	415	38	1045	1083
9	NAŠA RADOŠT, SOPOT	219	14	10	223	167	16	16	217	167	66	3	230	233
10	PERKA VICENTIEVIĆ, OBRENOVAC	630	23	79	774	579	274	92	701	405	448	5	848	853
11	POLETARAC, BARAJEVO	275	26	30	273	229	74	22	261	266	37	9	294	303
12	RAKLA KOTAROV VUKA, LAZAREVAC	857	16	97	776	667	296	70	803	305	568	5	868	873
13	RAKOVIČA, RAKOVIČA	1654	122	270	1596	1033	743	264	1522	1431	345	95	1981	1776
14	SAVSKI VENAC, SAVSKI VENAC	307	331	52	586	357	281	109	529	411	227	147	491	638
15	SURČIN, SURČIN	603	57	48	612	469	191	55	605	560	94	18	642	660
16	VIRAČAR, VIRAČAR	586	240	77	729	435	271	155	651	659	107	89	717	806
17	ZVEZDARA, ZVEZDARA	1973	287	213	2047	1223	1037	379	1881	1763	497	177	2083	2260
	UKUPNO	20310	2331	1947	20694	13518	9123	3255	19386	17129	5512	/	/	22641
	%	89,7	10,3	8,6	91,4	59,71	40,29	14,38	85,62	75,65	24,35	/	/	/

(Izveštaj "Statistika kriterijuma")

S obzirom da se zahtevi podnose svake godine, aplikacija je omogućila da, ako u sistemu postoje podaci o detetu iz ranijih konkursa, oni budu prikazani na formi za unos novog zahteva i korisnik ih može prihvatiti ili izmeniti odnosno uskladiti sa podacima iz dokumentacije.

#### 4. ULOGE U SISTEMU I ZAŠTITA PODATAKA

Autentifikacija korisnika aplikacije zasnovana je na Windows Identity-ju. Na samom sajtu, s obzirom da se radi o korisnicima koji aplikaciji pristupaju sa računara koji su članovi domena, zahteva se Windows Integrated Authentication. Na taj način korisnici se prilikom pristupa Web aplikaciji automatski autentifikuju onako kako su logovani na svoje računare.

Autorizacioni model je definisan na nivou baze podataka u tabelama koje sadrže:

- skup funkcionalnih celina aplikacije;
- skup definisanih grupa korisnika aplikacije;
- pripadnost korisnika određenoj grupi ili grupama;
- definisana pravila do kojih funkcionalnih celina aplikacije grupa korisnika ima dozvoljen pristup.

Podela korisnika prema pravu pristupa izvršena je na dve grupe :

- administratori za jednu predškolsku ustanovu (vrše administraciju oblika rada,

- obradu zahteva, formiranje i štampanje lista i izveštaja za jednu predškolsku ustanovu)
- korisnici iz Sekretarijata (imaju uvid u podatke za sve predškolske ustanove)

## 5. PLATFORMA RAZVOJA

Aplikacija je razvijana korišćenjem sledećih proizvoda "Microsoft" razvojne platforme:

- SQL 2008 Server uključujući Database Engine i Reporting Service – na sloju baze podataka
- .NET Framework 3.5 – na svim slojevima
- ASP.NET 2.0 – na sloju korisničkog interfejsa
- AJAX – na sloju korisničkog interfejsa
- WCF (Windows Communication Foundation) – na sloju web servisa

Sloj baze podataka definiše: strukture podataka, programsku logiku obrade podataka na nivou svake od baza, forme izveštaja.

Sloj web servisa formira web omotače oko procedura baze podataka i definiše poslovnu logiku obrade podataka iz više različitih izvora – baza podataka.

Sloj korisničkog interfejsa formira fizičke izgled ekrana i obezbeđuje povezivanje programske logike pozivom web servisa.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj Gradske uprave je da rad svih gradskih službi bude što efikasniji i kvalitetniji i da građani budu zadovoljni njenim radom.

Doprinos ovog projekta je:

- efikasno i kvalitetno izvršavanje administrativnih poslova u procesu obrade zahteva, rangiranja, raspoređivanja i upisa dece;
- dobijanje različitih izveštaja na osnovu kojih se dobije jasna predstava o procesu rangiranja, raspoređivanja i upisa dece;
- vođenje statistike podataka o broju mesta i zahteva za grad i svaku predškolsku ustanovu, zaposlenost roditelja, statistike kriterijuma;
- mogućnost planiranja broja potrebnih mesta u predškolskim ustanovama i angažovanja novih vaspitača.

Korisnici aplikacije su zadovoljni kvalitetom i prednostima automatizovanog rada. Po njihovom zahtevu u pripremi je nova aplikacija "Evidencija dece".

### LITERATURA:

- [1] Pravilnik o bližim uslovima za utvrđivanje prioriteta za upis dece u predškolsku ustanovu ("Sl. glasnik RS", br. 44/2011)

# RAZVOJ VIRTUELNE ŠETNJE PRIMENOM PROGRAMSKOG OKRUŽENJA UNITY I MICROSOFT KINECTA

## DEVELOPMENT OF A VIRTUAL TOUR USING UNITY GAME ENGINE AND MICROSOFT KINECT

Dorđe Manoilov<sup>1</sup>, Dušan Gajić<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> *Elektronski fakultet, Niš, Srbija*

**Sadržaj** – U ovom radu opisan je razvoj virtuelne šetnje kroz digitalnu rekonstrukciju rimskog naselja Medijana u kojoj se celokupna interakcija sa računarom ostvaruje putem registrovanja pokreta korisnika. Aplikacija je konstruisana korišćenjem programskog okruženja Unity i uređaja Microsoft Kinect. Nakon kratkog uvoda u primenjene tehnologije, izloženi su detalji postupka njihove integracije. Zatim je opisana arhitektura aplikacije i način implementacije kontrole kretanja primenom Kinect senzora za praćenje pokreta. Razvijena aplikacija omogućava bolju prezentaciju kulturno-istorijskih spomenika, koja posebno može da privuče veći broj mladih posetioca u arheološke parkove i muzeje.

**Abstract** – This paper describes the development of a virtual tour through the digital reconstruction of the Roman site of Mediana, in which the human-computer interaction is realized through motion detection. The application is developed using Unity game engine and Microsoft Kinect. After a short introduction to the used technologies, we present details of the process of their integration. Then we describe the application architecture and the implementation of the control of movement based on Kinect's motion sensing. The presented application allows better presentation of cultural and historical sites which can especially attract a greater number of younger visitors to archeological parks and museums.

### 1. UVOD

Savremene računarske tehnologije pružaju nove mogućnosti za bolju prezentaciju kulturno-istorijskog nasleđa. Njihova primena omogućava izradu multimedijalnih prezentacija i aplikacija za pametne telefone i desktop računare. Primenom ovih rešenja mogu se obogatiti postojeće muzejske postavke i učiniti lakše dostupnim širem krugu posetilaca. Neke od prednosti koje nam donose nove tehnologije su i laka izmena postavke muzeja, za razliku od klasičnih postavki sa panoima i tablicama sa tekstovima, kao i mogućnost interakcije posetioca sa elementima izložbenih postavki.

U okviru svojih aktivnosti ARhiMedia grupa sa Elektronskog fakulteta u Nišu, čiji su članovi i autori ovog rada, predstavila je tokom Noći muzeja 2013. u Arheološkoj sali Narodnog muzeja u Nišu deo rezultata svoga rada na polju primene savremenih računarskih tehnologija u predstavljanju istorijskog nasleđa. Interesovanje posetilaca za novi oblik prezentacije je bilo veliko, međutim, najveću pažnju je privukla igra, razvijena pre svega za mlađe posetioce, u kojoj su komande detektovane senzorima uređaja Microsoft Kinect. Interakcija sa računarom, realizovana bez

fizičkog kontakta sa samim hardverom, pokazala se kao jako interesantan čak i starijim posetiocima.

U ovom radu je predstavljeno istraživanje motivisano prethodnim razmatranjima, u okviru koga je realizovana virtuelna šetnja kroz digitalnu rekonstrukciju arheološkog nalazišta Medijana. Glavni cilj razvoja predstavljene aplikacije bio je da se celokupna kontrola kretanja kroz scenu, obično zasnovana na primeni računarskih perifernih uređaja kao što su miš i tastatura, realizuje korišćenjem senzora za praćenje pokreta.

Ostatak rada ima sledeću strukturu. U Sekciji 2 dat je kratak opis programskog okruženja za razvoj video igara Unity. U Sekciji 3 predstavljen je Microsoft Kinect i diskutovana je njegova integracija sa programskim okruženjem Unity. Takođe su data moguća rešenja za kontrolu kretanja karaktera. Arhitektura i implementacija same aplikacije opisani su u okviru Sekcije 4. U poslednjoj sekciji predstavljeni su glavni rezultati istraživanja, kao i planovi za budući rad.

### 2. PROGRAMSKO OKRUŽENJE UNITY

Unity je multiplatformsko programsko okruženje za razvoj video igara (eng. *game engine*) sa ugrađenim razvojnim okruženjem (eng. *integrated development environment* - IDE), razvijen od strane kompanije Unity Technologies. Termin *programsko okruženje za razvoj video igara* koristi se za softver koji je proširiv i može da se koristi kao osnova za različite igre bez većih izmena [1]. Unity se prvenstveno koristi za razvoj mobilnih i web igara, ali pruža podjednake mogućnosti i prilikom razvoja igara za PC i konzole. Unity je razvijen u programskom jeziku C/C++, a podržava programski kôd pisan u jezicima C# i JavaScript [2].

Unity interfejs se sastoji iz više prozora:

- *Scene* - prozor u kome se smeštaju objekti u 3D prostoru,
- *Game* - prozor koji prikazuje izgled igre onako kako bi korisnik trebalo da vidi,
- *Hierarchy* - prozor koji sadrži listu svih objekata na sceni,
- *Project* - prozor koji sadrži sve komponente igrice (scene, modele, materijale, skripte, animacije itd.), i
- *Inspector* - prozor koji sadrži informacije o pojedinačnim objektima i služi za njihovu manipulaciju u igri.

Svi objekti koji učestvuju u igri se smeštaju na scenu i određeni su vektorom sa  $x$ ,  $y$  i  $z$  prostornim koordinatama. Na objekte u sceni moguće je primeniti sve osnovne transformacije u računarskoj grafici (translacija, rotacija i skaliranje) [3].

*Unity* omogućava pisanje skripti u jeziku *Mono* koji predstavlja implementaciju *Microsoft .NET Frameworka* u vidu softvera otvorenog koda. Programeri za ove namene mogu koristiti i programske jezike *JavaScript*, *C#* ili *Boo* (zasnovan na sintaksi programskog jezika *Python*). Počev od verzije 3.0, *Unity* dolazi u paketu sa prilagođenom verzijom *MonoDevelop* koja ima mogućnost otkrivanja i uklanjanja grešaka u skriptama.

### 3. MICROSOFT KINECT

*Kinect* je ulazni uređaj koji koristi senzor pokreta. Razvila ga je kompanija *Microsoft* u verzijama za *Xbox 360* igračku konzolu i *Windows PC*. Periferni dodatak nalik web kameri (Slika 1) omogućava korisnicima da kontrolišu i interaguju sa konzolom ili računarom putem veoma prirodnog korisničkog interfejsa – u vidu pokreta tela i govornih komandi, bez potrebe da dodiruju kontroler [4].



Slika 1. Microsoft Kinect.

Uređaj uključuje tri vrste senzora: RGB kameru, četiri mikrofona i infracrveni senzor sa infracrvenim projektorom. *Kinect* je postavljen na horizontalnom držaču, te je samim tim lako podešavati njegov nagib. RGB kamera omogućava prikaz slike u visokoj rezoluciji i njenu obradu u aplikacijama. Mikrofoni se koriste za prepoznavanje govora korisnika i zadavanje glasovnih naredbi. Infracrveni senzor i projektor rade tako što projektor emituje infracrvene zrake u prostoru, a senzor detektuje tačke odbijanja zraka sa predmeta koji se nalazi ispred *Kinecta*. Na osnovu međusobnog rastojanja između tih tačaka, *Kinect* određuje udaljenost nekog predmeta od senzora [4].

#### 3.1 Kinect za Windows

*Microsoft* je 2011. predstavio nekomercijalni paket za razvoj softvera (eng. *software development kit* – SDK) za razvoj aplikacija koje bi koristile mogućnosti *Kinecta*.

SDK uključuje *Windows 7* kompatibilne drajvere za *Kinect* i obezbeđuje programerima korišćenje mogućnosti *Kinecta* za razvoj aplikacija u programskim jezicima *C++*, *C#* ili *Visual Basic* u okruženju *Visual Studio* [5].

#### 3.2 Integracija Kinect-a sa Unity-jem

Prvi korak u postupku integracije *Kinecta* sa *Unityjem* je instaliranje *Kinect SDK* za *Windows*.

Za povezivanje *Kinect SDK* sa *Unityjem* korišćen je besplatan *Unity* paket – *Kinect Wrapper Package for Unity3D* – koji u sebi sadrži skripte potrebne za prepoznavanje i stavljanje *Kinecta* u funkciju [6]. Paket sadrži sledeće komponente:

#### Scene

- *KinectExample* – scena koja demonstrira kako je skelet generisan i praćen korišćenjem sfera pozicioniranih na svim ključnim tačkama skeleta koje *Kinect* detektuje. Pokazuje i kako se koristi *Kinect* upravljanjem ovog modela. Scena takođe pokazuje kako treba pripremiti *GameObjecte*.

#### Prefabrikovane komponente (Prefab)

- *Kinect\_prefab* – Ova unapred pripremljena komponenta sadrži prazan čvor koji sadrži sve skripte potrebne za pokretanje rada sa *Kinectom*. Ovo ne uključuje kontroler potreban za upravljanje modelima, koji se naknadno mora podesiti.
- *KinectPointMan* – Ova komponenta pokazuje kako *KinectPointController* skripta funkcioniše.

#### Kinect skripte

- *KinectModelControllerV2* – skripta koja se dodaje na model kojim želimo da upravljamo – potrebno je povezati objekte koje predstavljaju ključne tačke skeleta sa odgovarajućim promenljivama skripte i odrediti koji igrač kontroliše koji model.
- *KinectPointController* – skripta koja postavlja unapred definisane *GameObjecte* na tačke koje prati *Kinect*, generišući pritom skelet. Početna scena dolazi sa primerom kako to izgleda i kako se treba uraditi.
- *DisplayDepth* – skripta koja vraća dubinu (rastojanje) slike. Treba se dodati na vidljiv *GameObject* (tj. sa uključenim rendererom).
- *DisplayColor* – skripta koja vraća RGB sliku. Treba se dodati na vidljiv *GameObject*.
- *KinectRecorder* – skripta koja snima pokrete igrača i kasnije ih reprodukuje preko emulatora.
- *KinectSensor* – skripta koja preuzima podatke *Kinect* uređaja.
- *DeviceOrEmulator* – skripta koja određuje da li će se koristiti *Kinect* ili emulator.
- *SkeletonWrapper* – skripta koja skuplja podatke sa skeleta.
- *DepthWrapper* – skripta koja skuplja podatke o dubini (rastojanju) slike.
- *KinectIntertop* – skripta koja preuzima podatke iz *Microsoft Kinect SDK*.
- *Recording/playbackDefault* – podrazumevani reprodukcioni fajl za emulator. Ovaj fajl se ne sme brisati.

## Modeli i materijali

- *RainbowMan* – Primer modela koji se može koristiti za testiranje/učenje kako koristiti *wrapper*. Na ovaj model se može prevući *KinectModelControllerV2* skripta i povezati ključne tačke, nakon čega se može početi sa testiranjem.

Nakon uvoženja paketa sa resursima, u *KinectExample* sceni se može eksperimentisati sa skriptama *KinectPointController* i *KinectModelControllerV2*. Skripte se mogu povezati sa potrebnim *GameObjectima* koji će se koristiti u igri. Kao što je već pomenuto, *GameObject Kinect\_Prefab* je potreban za komuniciranje *Unityja* sa *Kinectom* i za njegovo korišćenje. Ovaj prazan objekat treba da postoji negde na sceni. Ukoliko se koristi više scena, nije potrebno dodavati novu instancu ovog prefaba u svakoj sceni zbog poziva funkcije *DontDestroyOnLoad* koja se nalazi u *KinectWrapper* skripti. Ova funkcija obezbeđuje očuvanje objekta u svim scenama.

U okviru *Kinect\_Prefab* objekta postoje opcije, koje se po potrebi podešavaju za efikasnije korišćenje *Kinecta*.

### 3.2.1 Kontrola karaktera

Kako bi se karakter pomerao potrebno je povezati *KinectModelControllerV2* skriptu za kontrolu skeleta modela ili *KinectPointController* za kontrolu nizova *GameObjecta*, u zavisnosti od toga na koji način je konstruisan karakter.

### NewModelController

Procedura za podešavanje modela izgleda na sledeći način:

1. Prevući *KinectModelControllerV2* skriptu na model.
2. Selektovati model, naći *Sw* promenljivu (označava *Skeleton Wrapper*) i prevući *Kinect\_Prefab* objekat iz trenutne scene u ovu promenljivu. Ovo nam daje pokazivač na glavnu skriptu koja se ažurira.
3. Proširiti model tako da se svi delovi skeleta vide u *Hierarchy* prozoru.
4. Prevući jedan po jedan deo skeleta koji je potrebno kontrolisati u odgovarajuću promenljivu.
5. Kada su svi delovi skeleta podešeni, odrediti igrača koji će kontrolisati model, 0 je za prvog igrača, 1 za drugog igrača.
6. Odrediti da li će ceo skelet ili samo pojedini delovi biti kontrolisani *Kinectom* i postaviti odgovarajuću masku.
7. Ukoliko je potrebno animirati model dok ga igrač kontroliše, postaviti *animated* fleg i odrediti u kolikoj meri će se javljati mešanje animacije i *Kinecta* – u opsegu od 0 do 1.

## KinectPointController

Za podešavanje skupa *GameObjecta* treba uraditi sledeće:

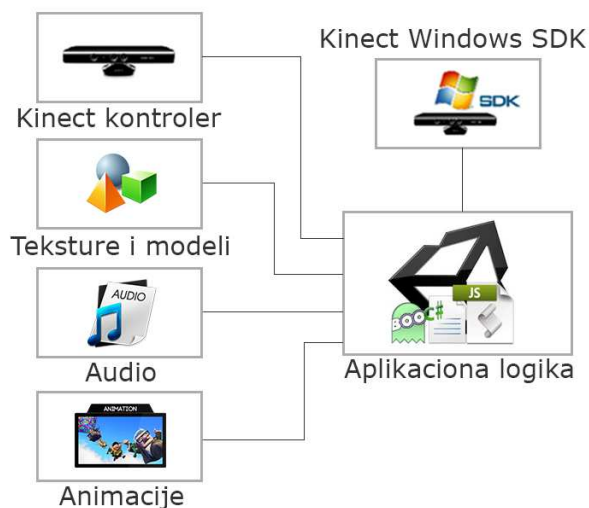
1. Kreirati prazan objekat u koji će se smestiti svaki objekat koji treba biti kontrolisan.
2. Postaviti prazan objekat za roditeljski objekat svim objektima koji trebaju biti kontrolisani i postaviti sve ove objekte na istu lokaciju.
3. Dodati *KinectPointController* skriptu roditeljskom objektu.
4. Selektovati roditeljski objekat, naći *Sw (Skeleton Wrapper)* promenljivu i prevući *Kinect\_Prefab* iz trenutne scene u ovu promenljivu. Ovo daje pokazivač na glavnu skriptu koja se ažurira.
5. Prevući svaki od objekata koji se trebaju kontrolisati u odgovarajuće promenljive.
6. Postaviti broj igrača (0 = jedan igrač, 1 = dva igrača) i masku.

## 4. APLIKACIJA

Realizovana aplikacija omogućava virtuelnu šetnju kroz digitalnu rekonstrukciju Medijane iz IV veka. Aplikacija je namenjena računarima sa *Windows* operativnim sistemom. Kontrola kretanja kroz arheološko nalazište moguća je korišćenjem standardnih perifernih uređaja (tastatura i miš) ili korišćenjem *Kinecta*, gde korisnik pokretima ruku zadaje komande. Aplikacija je razvijena u okruženju *Unity 4.2*, pri čemu rad sa *Kinectom* omogućavaju *Kinect for Windows SDK 1.8* i *KinectWrapperPackage*, koji se koristi za integraciju sa *Unityjem*.

### 4.1 Arhitektura aplikacije

Aplikacija se sastoji od: glavne aplikacione logike (razvijene u *game engineu*), spoljnih resursa poput zvuka, animacija, tekstura i modela, *Kinect* kontrolera i *SDK*. Arhitektura aplikacije na visokom nivou je prikazana na Slici 2.



Slika 2. Arhitektura aplikacije.

Virtuelna šetnja se startuje pokretanjem izvršnog fajla na *Windows* platformi (Slika 4). Nakon pokretanja aplikacije, posetilac upravlja kontrolerom u prvom licu pomoću komandi koje zadaje rukom. Pomeranjem desne šake ispred, iza, levo i desno u odnosu na kičmeni stub korisnik vrši pomeranje kontrolera po terenu napred, nazad, levo i desno, respektivno. Levom rukom vrši se rotacija kamere koja određuje vidno polje kontrolera i njegov je sastavni deo. Smer rotacije je određen položajem šake leve ruke u odnosu na levo rame. Ukoliko je šaka u položaju levo od ramena kamera se rotira levo, odnosno desno ako je šaka pomerena desno od ramena. Kretanjem po arheološkom nalazištu, blizu rekonstruisanih objekata posetilac nailazi na info-tačke gde može čuti dodatne informacije o određenom objektu podizanjem desne noge. Na isti način, podizanjem desne noge, vrši se i otvaranje vrata nekog objekta, dok skok posetioca odgovara skoku kontrolera.

Detaljnije o kontroleru u prvom licu, terenu i kako treba podesiti njihove parametre pre postavljanja na scenu može se pronaći u [6].

Logika za detekciju pokreta desne šake, desne noge i skoka dodata je u skripti *FPSInputController*, a leve šake u skripti *MouseLook*. Obe skripte su sastavni deo kontrolera u prvom licu i definišu njegovo ponašanje korišćenjem tastature i miša. Položaji ruku i nogu se određuju ispitivanjem međusobnog položaja objekta koji su definisani u skripti *KinectPointController*. Da bi se prilikom razvoja mogli da koriste objekti definisani u ovoj skripti, napisanoj u jeziku *C#*, moraju se prevesti sve skripte kontrolera u prvom licu iz *JavaScripta* u *C#*.



Slika 3. Izgled aplikacije.



Slika 4. Info-pult sa porukom.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je virtuelna šetnja kroz digitalnu rekonstrukciju rimskog naselja Medijana iz IV veka, upotrebom programskog okruženja *Unity* i *Microsoft Kinecta*. Diskutovan je način integracije *Microsoft Kinecta* sa okruženjem *Unity* i data su dva moguća rešenja za kontrolu karaktera.

Razvijena aplikacija korisniku pruža mogućnost da se na zanimljiv način upozna sa nekadašnjim izgledom arheološkog nalazišta, bez fizičkog dodira sa hardverom računara. Ovakav vid interakcije može naročito biti interesantan mlađim posetiocima. Pored unapređenja kvaliteta prezentacije, upotreba razmatrane aplikacije može imati i neke materijalne predosti, jer omogućava da se interakcija realizuje bez direktnog kontakta između posetioca i hardvera računara, čime se isključuje mogućnost oštećenja hardvera.

Planovi za budući rad uključuju realizaciju slične aplikacije kod koje bi se upravljanje vršilo primenom *Leap Motion* kontrolera, koji se takođe može integrisati sa *Unityjem* [7]. Cilj budućeg rada je poređenje ove dve tehnologije i pronalazak najboljeg rešenja za krajnjeg korisnika.

## ZAHVALNICA

Istraživanje predstavljeno u ovom radu je delom podržano od strane projekata III44006 (2011-2014) i ON174026 (2011-2014) Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] J. Gregory. *Game Engine Architecture*, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, 2009.
- [2] Wikipedia – Unity (game engine), [http://en.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(game\\_engine\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)), poslednji pristup 05.01.2013.
- [3] W. Goldstone. *Unity 3.x Game Development Essentials – Game development with C# and JavaScript*, 2<sup>nd</sup> edition, Packt Publishing Ltd., Birmingham, UK, 2011.
- [4] Wikipedia – Kinect, <http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>, poslednji pristup 05.01.2013.
- [5] Wikipedia – Microsoft Kinect – Microsoft SDK, [http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft\\_Kinect\\_-\\_Microsoft\\_SDK](http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect_-_Microsoft_SDK), poslednji pristup 05.01.2013.
- [6] Đ. Manoilov, N. Gajić, M. Stošić, D. Tatić, “A virtual tour of Mediana archeological park using Unity 3D engine“, in *Book of Abstracts of the 12th Conf. On New Technologies and Standards: National Heritage Digitization*, Belgrade, Serbia, 31. 10. – 01.11.2013.
- [7] Leap Motion, <https://www.leapmotion.com/>, poslednji pristup 15.01.2013.



## Obračun i operativno praćenje usluga prodaje avio karata (LIRA) The accounting and administrative monitoring of airline ticket sales (LIRA)

Nevena Simić,  
Air SERBIA GROUND SERVICES d.o.o.

**Sadržaj** – U radu je predstavljen program koji se koristi na Air Terminalu Slavija, “skrojen po meri” za potrebe Air SERBIA GROUND SERVICES-ove agencije za prodaju avio karata, a kojim je omogućen kompletan obračun kao i operativna analiza ostvarenih usluga.

**Abstract** – This paper describes a “tailor-made” program that was made for Air SERBIA GROUND SERVICES’ main agency located on Slavija Air Terminal in Belgrade, which provides the complete financial and administrative monitoring of airline ticket sales.

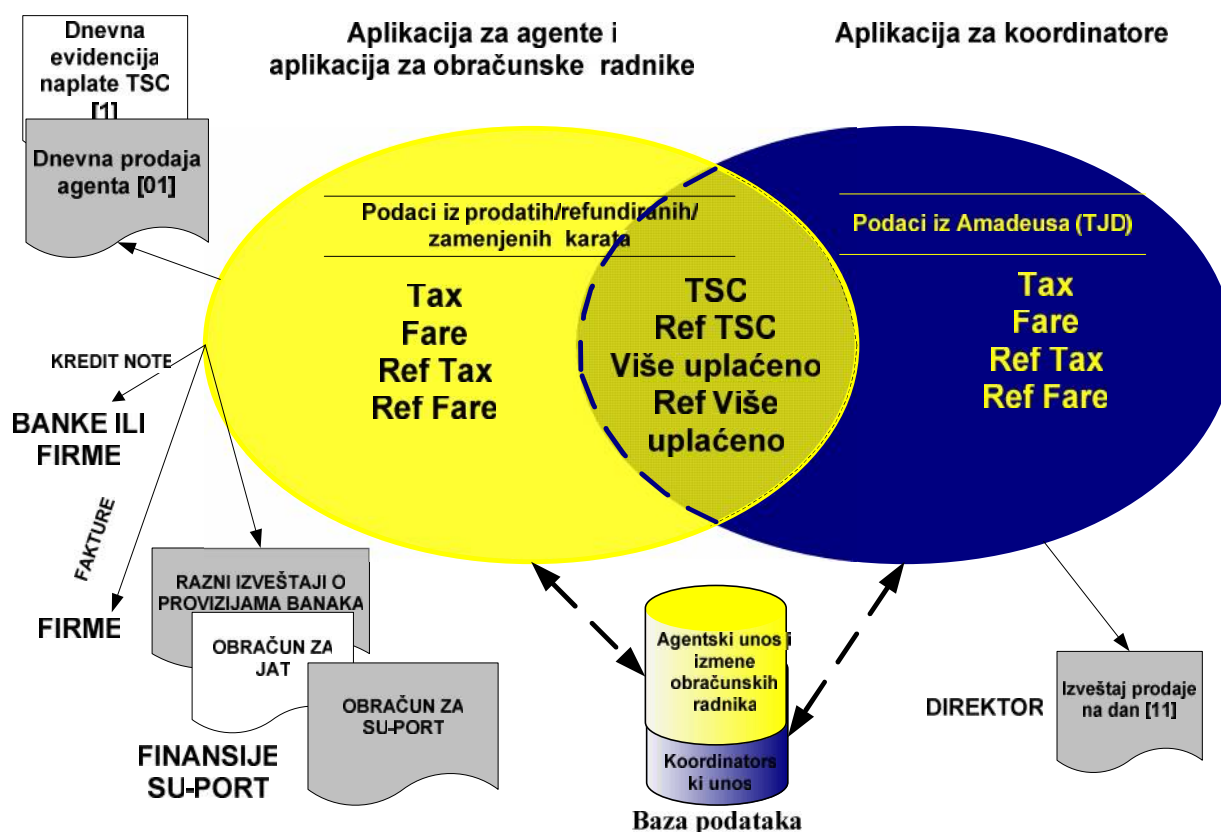
### 1. POSLOVNE AKTIVNOSTI

Air SERBIA GROUND SERVICES<sup>i</sup> (ASGS) pored svoje osnovne delatnosti - prihvata i otpreme putnika, bagaža, aviona, robe i pošte, pruža i usluge rezervacija i prodaje avio karata, u poslovnici Air Terminal “Slavija“. Pri prodaji avio karata, putnicima se nude različiti načini plaćanja avio karata:

- Gotovinom i čekovima građana
- Platnim karticama: Visa, Master, Maestro, Dina, American Express, Diners Club
- Plaćanje avio karata nalogom za uplatu kao fizičko lice-om
- Plaćanje avio karata preko računara preduzeća
- Plaćanje Post NET-om

Jednom izdata karta može biti iskorišćena, refundirana ili zamenjena. Podaci iz prodatih/refundiranih/zamenjenih karata, relevantni za obračun prihoda (Slika 1.) su:

- Tarife (Fare)
- Takse (Tax)
- Takse za uslugu izdavanja avio karte (TSC – Ticket service charge)
- Višak uplaćenih sredstava
- Refundacije tarifa (Ref Fare)



Slika 1.: Poslovne aktivnosti, ulazni i izlazni podaci za tri aplikacije LIRE

- Refundacija taksi (Ref Tax)
- Refundacija viška upla enih sredstava
- Refundacija taksi za uslugu izdavanja avio karte (Ref TSC)

Ovi podaci se unose u bazu podataka preko tri aplikacije programa LIRA – kroz aplikaciju za agente, koji vrše prodaju, kroz aplikaciju za koordinate, koji vrše kontrolu podataka i kroz aplikaciju za obra unske radnike koji rade obra un prihoda. Podaci za aplikaciju za koordinate, a koji su relevantni za prevozioca (Fare, Tax, RefFare i RefTax) se preuzimaju iz rezervacionog sistema prevozioca (Amadeus Altea), dok se podaci relevantni za ASGS (TSC, RefTSC, Višak upla enih sredstava i Ref Viška upla enih sredstava) preuzimaju iz agentske aplikacije, tj. agentskih izveštaja. Na Slici 1. ovi podaci su grafi ki razdvojeni u dva skupa (svetliji i tamniji) sa zajedni kim presekom, kako bi se naglasilo da imaju razli it a i zajedni ki izvor podataka.

Do sada pomenuti podaci se mogu definisati kao ulazni podaci za sve tri aplikacije LIRE, dok se izlaznim podacima mogu smatrati: agentski izvetaji o prodaji, izveštaji obra unskih radnika (fakure, kredit note, obra uni prihoda za prevozioca (Air SERBIA), obra uni prihoda za ASGS , izveštaji o provizijama banaka prilikom uplata preko kartica i na kraju izveštaji koordinatora o prodaji, koji se šalju direktoru i menadžmentu.

## 2. CILJEVI I POTREBE

Softversko rešenje, koje je bilo potrebno razviti radi obra una i operativnog pra enja usluga prodaje avio karata, trebalo je da odgovori slede im ciljevima i potrebama poslovanja:

- da se obezbede podaci o osnovnim elementima svake prodate/refundirane/zamenjene avio karte (tarifama, taksama, refundacijama tarifa, refundacijama taksi, TSC-u, refundacijama TSC-a, više ili manje upla enim sredstvima i refundacijama viška upla enih sredstava);
- da se, za menadžment, obezbedi operativni izveštaj za odre eni period, sa ukupnim prometom i istim prihodima od usluge prodaje avio karata, razloženim po na inu pla anja (gotovina, ra un, kartica);
- da se obezbedi pore enje u inka usluge prodaje avio karata sa prethodnim godinama, kao i pore enje po danima u nedelji;
- da se obezbedi izrada i evidencija faktura, kredit nota, evidencija pla anja po karticama i provizije banaka, evidencija korisnika i usluga po korisnicima, trajna evidenciju svih podataka, brzo pretraživanje istih, mogu nost kontrole podataka po raznim elementima evidencije.
- da koriš enje programa bude jednostavno i efikasno za sve korisnike (da koncepcija unosa podataka bude razumljiva a unos lak, da pretraživanje podataka bude

logi no i efikasno, da korekcije podataka budu jednostavne).

Prethodna evidencija usluga je ra ena kroz *Access* aplikaciju, ranije razvijenu u ASGS -u, za agente prodaje i za koordinate. Agenti prodaje su unosili samo ostvaren prihod od taksi za izdavanje prodatih avio karata (TSC). Za izveštaje koji su slati mena žmentu, koriš ena je aplikacija za koordinate, kroz koju su unošeni podaci o prodaji iz Amadeus-a, na dnevnom nivou, koji su dopunjavani sa podacima o TSC iz agentske aplikacije. Fakturisanje usluga, kredit note, evidencija korisnika, tarifa i taksi ra eni su kroz *Excel* fajlove, ali podaci nisu bili objedinjeni u jednu bazu, tako da je za sistematizaciju ovih podataka i njihovo koriš enje, bilo potrebno znatno više vremena. Obra un je ra en kroz poseban program prevozioca. Sve zajedno je neminovno ukazivalo na hitnu potrebu objedinjavanja podataka kroz jedinstveni program koji bi ujedno obezbedio i nezavistan obra un prihoda.

## 3. TEHNOLOŠKO REŠENJE

Kako bi se ostvarili gore pomenuti ciljevi razvijene su tri aplikacije:

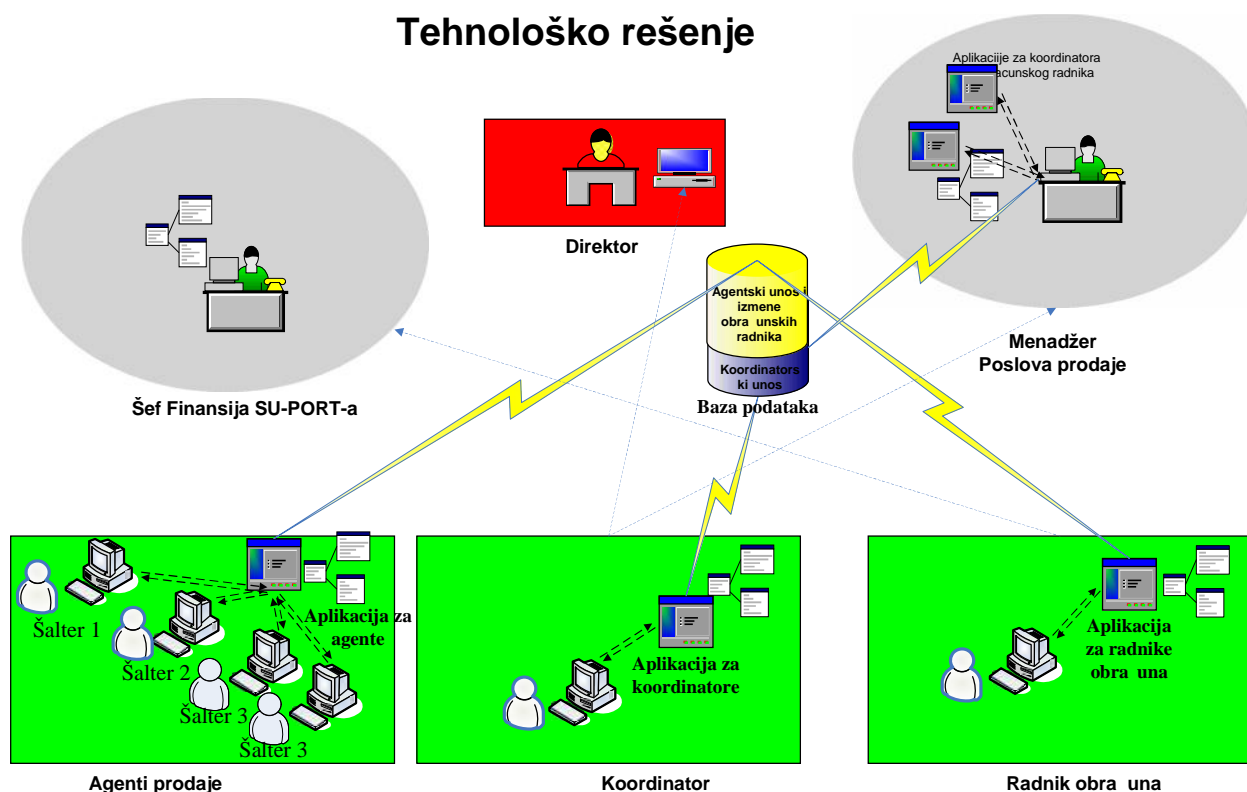
- Aplikacija za agente prodaje
- Aplikacija koordinate
- Aplikacija za radnike obra una

Podaci iz sve tri aplikacije se slivaju u jedinstvenu bazu podataka prikazanoj na Slici 2. koja e u nastavku biti objašnjena.

Agent prodaje, preko agentske aplikacije (Slika 3.) a nakon upisa preko sopstvene šifre, evidentira obavljene usluge, odnosno unosi relevantne podatke o prodatoj, refundiranoj ili zamenjenoj avio karti (ime putnika, broj karte, destinaciju, tarife takse, TSC ili refundaciju tarifa ili taksi, zavisno od tražene usluge i na kraju evidentira na in pla anja, koji može biti gotovina, kartica ili virman. Za uslugu pla enu karticom evidentira i naziv kartice, kako bi se kasnije obra unale provizije koje banke uzimaju u odre enom periodu. Na kraju dana agent prodaje, iz agentske aplikacije, štampa dnevne izveštaje o prodaji (Slika 4.) i predaje pazar zajedno sa izveštajima o prodaji iz rezervacionog sistema (Amadeus Altea).

Ovi izveštaji se moraju podudarati u delu prihoda za prevozioca (tarife, takse i refundacije istih) dok je prihod od taksi za uslugu izdavanja avio karata (TSC) podatak koji se dobija samo iz agentske aplikacije i koji kontroliše obra unski radnik ASGS -a.

Koordinator prodaje kontroliše celokupnu prodaju agenata, pore enjem izveštaja koje su agenti ispostavili sa izveštajima iz rezervacionog sistema prevozioca (Amadeus Altea). Nakon toga, podatke o ukupnoj dnevnoj prodaji unosi u aplikaciju za koordinate (Slika 5.). Izveštaje o ukupnoj dnevnoj prodaji, razdvojene po na inima pla anja, za ASGS i za prevozioca, koordinator šalje menadžmentu (šefu, direktoru).



Slika 2: Šema tehnološkog rešenja

Radnik obra una, na osnovu primljene dokumentacije od agenata prodaje, a preko aplikacije za obra unske radnike (Slika 6.) kontroliše podatke o svakoj avio karti pojedina no i vrši korekcije ukoliko je potrebno. Na Slici 7. i 8. su prikazani obrasci za evidenciju i pretraživanje usluga i pregled jednog izabranog naloga, preko kojih se vrši kontrola podataka. Aplikacija za radnike obra una podržava i izradu faktura (Slika 9.) kao i kredit nota. Nakon obavljene kontrole, korekcije podataka i izrade faktura i kredit nota, obra unski radnik štampa obra une prihoda za prevozioca Air SERBIA i ASGS, a sektoru finansija ASGS-a elektronski, prema definisanoj proceduri šalje izveštaje. Pomenute izveštaje uzima preko obrasca Izveštaji aplikacije za radnike obra una (Slika 10).

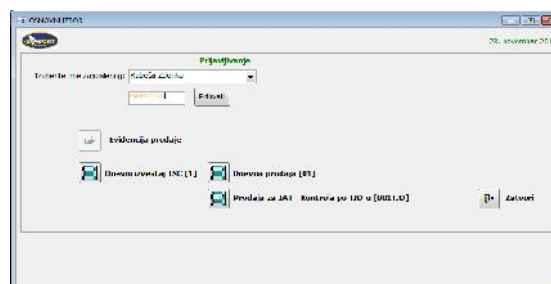
Menadžer, putem svog računara, može da kontroliše realizaciju usluga i analizira njen kvalitet, bilo kroz aplikaciju za koordinate, bilo za aplikaciju za obra unske radnike. U poziciji je da prati korisnike, prihod, količinu usluga, kontroliše cene usluga, postavlja plan za prihod u narednom periodu i prati njegovu realizaciju.

#### 4. BAZA PODATAKA

Baza podataka je urađena na platformi *Microsoft Windows* u programskom paketu *Access* verzija 2007.

#### 5. PEGLED PROGRAMA

**Aplikacija za agente (Slika 3.)** – Agent prodaje se prijavljuje za rad preko sopstvene šifre i evidentira sve realizovane usluge u danu. Na kraju dana štampa izveštaje o prodaji (Slika 4.). Uneta evidencija usluga je ujedno i nalog za fakturisanje u slučaju plaćanja preko računara ili pravljenje kredit nota u slučaju refundacije sredstava uplaćenih preko kartice ili računara. Agentska aplikacija i aplikacija obra unskih radnika rade na istoj bazi podataka.



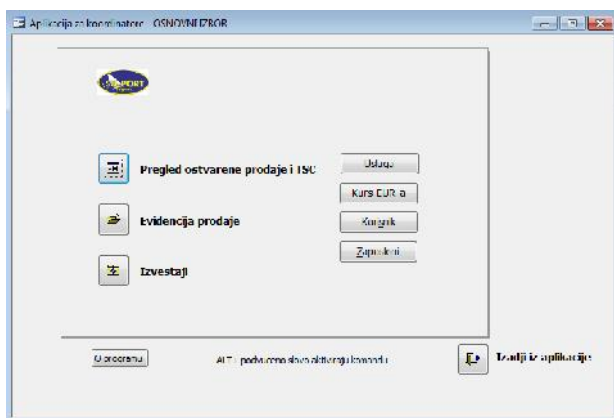
Slika 3: Aplikacija za agente prodaje

SU-PORT d.o.o. DNEVNI IZVEŠTAJ PRODAJE AGENTA [01] Rubesha Zdenko  
 Prefix prevoznice i avio dokumenta: 1152301  
 23. novembar 2012

R.br. Sifra	Br. kartice	Usluga	Grupa	cash	kartica	naziv	inv	cek	Prihod (din)
1	123456			0	3,000	Diners Club	0	0	3,000
20567		EUR I BLSQ ITOK I SPA Y		0	30,000	Diners Club	0	0	30,000
20567		Tea		0	20,000	Diners Club	0	0	20,000
<b>TOTAL NAPLACENO (DIN)</b>				<b>0</b>	<b>53,000</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>53,000</b>

KONTROLA: Cash+Kartica+Inv+Cek: 53.000

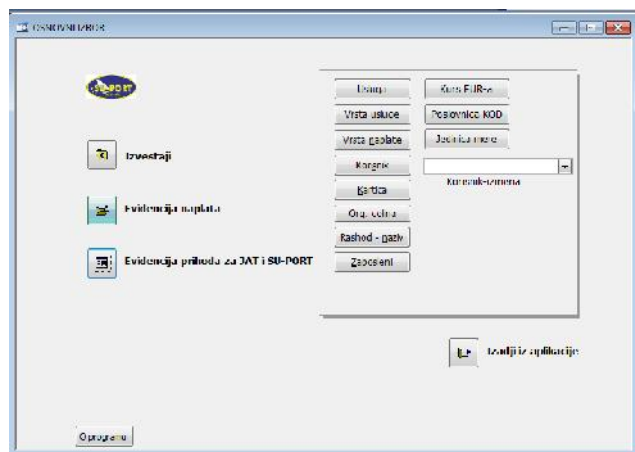
Slika 4: Izveštaji agenata prodaje



Slika 5: Aplikacija za koordinatore

**Aplikacija za koordinatore** - Na Slici 5. je predstavljen izgled osnovnog obrasca za koordinatore prodaje, preko kog se vrši kontrola prodaje, izmena usluga kao i unos i izmena podataka o korisnicima i zaposlenima. Na Slici 10. je prikazan obrazac sa izveštajima aplikacije za koordinatore.

**Aplikacija za radnike obra una** (Slika 6.) je napravljena za kontrolu i korekciju unosa agenata prodaje, izdavanje faktura, kredit nota, periodične obra une i izveštaje. Mnogobrojne mogu nosti koje ova aplikacija pruža se mogu sagledati preko obrasca Evidencija i pretraživanje usluga (Slika 7.), Pregled izabranog naloga (Slika 8.), primera jedne fakture (Slika 9.) i obrasca za izveštaje (Slika 10.) i (Slika 11).



Slika 6. Aplikacija za radnike obra una

Evidencija i pretraživanje usluga

Br. Sifra	Br. kartice	Usluga	Grupa	cash	kartica	naziv	inv	cek	Prihod (din)
1	123456			0	3,000	Diners Club	0	0	3,000

Slika 7: Evidencija i pretraživanje usluga

Pregled izabranog naloga

Br. Sifra	Br. kartice	Usluga	Grupa	cash	kartica	naziv	inv	cek	Prihod (din)
1	123456			0	3,000	Diners Club	0	0	3,000

Slika 8: Pregled izabranog naloga

SU-PORT d.o.o. za prometni uslugi  
 11100 Beograd, Aerodrom "Nikola Tesla" Beograd, poslati broj 6  
 Matični broj: 17459981 PIB: 102559436  
 Tekući račun: 325-000000000000295-80 Meskovacka banka a.d.  
 Tekući račun: 125 1721007 97 Piraeus banka a.d.

120-TRADIC D.O.O.  
 Zvezdara 4  
 Beograd 11000  
 Telefon: 011 7553-190  
 PIB: 100260075  
 Fakturisano: 09.09.2012  
 Poslovni odnos: 129 / 11 / 2012

R. br. Sudžuj  
 Datum promene datuma i usluga za period od: 5,9 do: 5,9  
 Osnovica: 37.774,00  
 PDV: 0,00  
 Ukupan iznos za naplatu (RSD): 37.774,00

Valuta: [na promenu]

Slika 9: Izgled fakture

IZVEŠTAJI U PERIODU

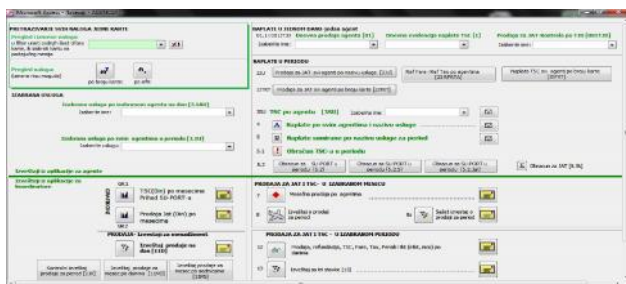
SU-PORT JAT

Obrasci za SU-PORT u periodu [S.1-S.2]  
 Zamena dokumenata [S.3]  
 Obrasci za SU-PORT u periodu [S.2-S.3]  
 Refundovana dokumenta [S.5]

Uplata gotovine (cek+cek) [S.2]  
 Refundovana dokumenta sa iznosima penala [S.4]

Uplate: Uplate po karticama [S.1]  
 Uplate: Uplate po matnu kartici i broju kartice [S.10 TRK]  
 Uplate: Uplate (refundacija) po karticama [S.2]  
 Uplate: Uplate (refundacija) po matnu kartici i broju kartice [S.11 TRK]  
 Uplate i uplate zajedno: Uplate po karticama [S.3]  
 Uplate i uplate zajedno: Uplate po karticama banke INTERA [S.10]  
 Uplate i uplate zajedno: Uplate po karticama - DINERS CLUB [S.10]

Slika 10: Izveštaji aplikacije za radnike obra una



Slika 11: Izveštaji aplikacije za koordinatore

## 6. PREDNOSTI PROGRAMA

Prednosti sistema poslovanja koje pruža ovaj program su:

- Posjedovanje autenti nog obra unskog programa u okviru kompanije
- Jednostavan i brz unos podataka
- Brz pristup podacima
- Lako pretraživanje i brza informacija o zapisu
- Kompletan uvid u realizovane usluge poslova prodaje avio karata
- Brza i jeftina obuka za osposobljavanje zaposlenih za rad na programu
- Mogu nost usavršavanja programa (eksportovanje podataka u obra unski program službe Finansija itd.), ime se zadovoljavaju zahtevi standarda kvaliteta usluge.

- Integralna evidencija korisnika
- Mogu nost izrade i distribucije mnogobrojnih operativnih izveštaja koji olakšavaju analizu i planiranje, a time i usavršavanje usluge

Program se koristi u ASGS-ovoj agenciji za prodaju karata na Air Terminalu “Slavija”.

Predstavljenim programom smo pove ali kvalitet usluge i omogu ili efikasno poslovanje.

Našem cilju: **zadovoljan korisnik**, implementacijom prikazanog rešenja, smo sada još bliži.

## LITERATURA

- [1] Microsoft Windows Access literature
- [2] Simi N. “*Program za evidenciju predmeta u poslovima Cargo Tracing-a u avio saobra aju*”, Zbornik apstrakata, YU INFO 2009, Str. 98-99, Kopaonik, 2009.
- [3] Simi N. “*Program za operativno pra enje i fakturisanje usluga u poslovima dokumentarnog prihvata i otpreme robe u avio saobra aju*”, Zbornik apstrakata, YU INFO 2011, Str. 79, Kopaonik, 2011
- [4] Simi N. “*Program za evidenciju primopredaje avionskih setova za prvu pomo (FAK)*”, Zbornik apstrakata, YU INFO 2012, Str. 289, Kopaonik, 2012

<sup>i</sup> Air SERBIA GROUND SERVICES d.o.o. je novo ime preduze a SU-PORT d.o.o.

## Iskustva u implementaciji IP telefonske centrale

Biljana Obradović, dr Milan Paroški, mr Zoran Španović  
Uprava za zajedničke poslove pokrajinskih organa

**Sadržaj** - U ovom radu su opisane aktivnosti koje su bile neophodne za realizaciju svih faza u okviru zamene postojećeg telefonskog sistema u objektima Skupštine i Vlade AP Vojvodine novim savremenim telefonskim sistemom zasnovanom na IP tehnologiji. Opisane su poteškoće koje su se pri tom pojavile, kao i njihovo prevazilaženje. Nakon kraćeg perioda eksploatacije novog sistema dat je predlog implementacije novih servisa kojim bi se postiglo veliko poboljšanje u poslovnoj komunikaciji.

### 1. UVOD

Zahtevi za efikasnim i kvalitetnim poslovanjem jedne ustanove podrazumevaju postojanje savremenog telekomunikacionog sistema. Povećanje poslovnih aktivnosti kao neposrednu posledicu ima povećanje kapaciteta kompletne logistike, koja uključuje i telekomunikacioni sistem, kao jedan od njenih najznačajnijih delova.

Telekomunikacioni sistemi su sistemi koji omogućavaju prenos podataka između udaljenih korisnika putem električnih signala. Razlikuju se prema vrsti podataka koje prenose (tekst, slika ili zvuk).

Telefonija je telekomunikacioni sistem kojim se realizuje prenos govora (zvuka) između udaljenih osoba. Sastoji se iz krajnjih uređaja – telefonskih aparata, telefonskih vodova, telefonskih centrala i prenosnih sistema koji međusobno povezuju telefonske centrale.

U telefoniji se može razlikovati javna telefonska mreža od privatne telefonske mreže. Javna telefonska mreža (PSTN) je jedna od najmasovnije korišćenih infrastruktura za komunikaciju. Ova infrastruktura je realizovana uglavnom žičnim komunikacionim kanalima, uvezanim preko lokalnih, regionalnih, nacionalnih i internacionalnih centrala. Privatna (lokalna) telefonska mreža je realizovana na nivou jednog preduzeća ili ustanove i povezana je sa javnom telekomunikacionom mrežom obično sa više telefonskih vodova.

Osnovu privatne telefonske mreže čini kućna telefonska centrala (PBX) na koju je povezana terminalna oprema (telefonski aparati, faks aparati i modemi) putem koje krajnji korisnici pristupaju telefonskim servisima. Telefonska mreža ima veliku ulogu u poslovnom funkcionisanju ustanove u kojoj je implementirana i kao takva mora biti pouzdana i adaptabilna njenim zahtevima, kako po kapacitetima tako i po potrebnim servisima.

Tehnološka evolucija u oblasti privatnih telefonskih mreža je vezana za sledeće tehnologije koje su hronološki nabrojane:

- Analogne tehnologije;
- Digitalne TDM tehnologije;
- VoIP tehnologije;
- Tehnologije koje omogućavaju Unified Communications sistem.

VoIP tehnologije omogućavaju rešenja koja se oslanjaju na infrastrukturu IP mreža za prenos podataka u koje spada i Internet. Pouzdanost i kvalitet servisa direktno zavisi od kvaliteta infrastrukture IP mreže. Upotrebom ovih tehnologija ostvaruju se preduslovi za značajno proširenje broja i vrste servisa i preduslovi za integraciju sa informacionim sistemima koji se koriste u instituciji koja je vlasnik telefonskog sistema.

Tehnologije koje omogućavaju realizaciju Unified Communications (UC) sistema, čija je arhitektura prikazana na slici 1., u potpunosti se oslanjaju na IP infrastrukturu i realizuju se na aplikativnom nivou TCP/IP protokol steka. UC sistemi imaju sve pozitivne osobine sistema koji se oslanjaju na VoIP tehnologije. Posledica implementacije na aplikativnom nivou je puna podrška za multimedijalne servise, servise koji značajno poboljšavaju poslovnu komunikaciju, servise napredne razmene poruka, konferencijske servise visokog kvaliteta audio i video prenosa i prezentacije i servise za realizaciju kontakt centara.



Slika 1. Arhitektura UC mreže [2]

U nastavku će biti opisane aktivnosti zamene postojećeg telefonskog sistema u objektima Skupštine i Vlade AP Vojvodine novim savremenim telefonskim sistemom.

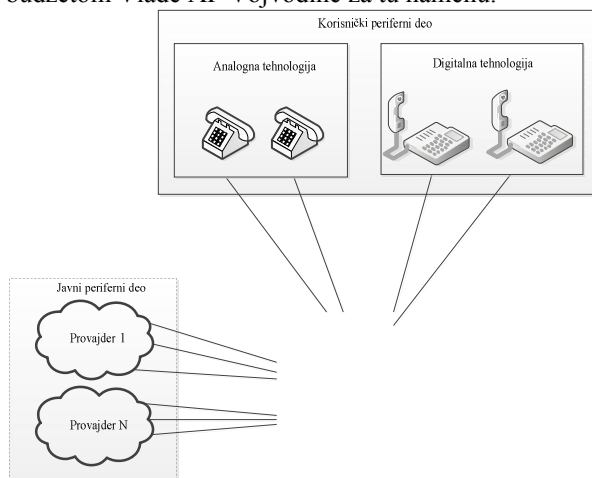
### Aktivnosti realizacije zamene telefonskog sistema

- Analiza postojećeg stanja
- Studija opravdanosti
  - Tehničke karakteristike telefonskog sistema
  - Analiza proširenja kapaciteta
  - Zaključak Studije
- Javna nabavka
- Implementacija novog sistema

## 2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Polazno rešenje telefonskog komunikacionog sistema u zgradi Skupštine i Vlade AP Vojvodine realizovano je putem javne nabavke i ugradnje tokom 2002. i 2003. godine.

Nabavka sistema je obuhvatila nabavku telefonske centrale i dela terminalne opreme kojom je realizovan korisnički periferni deo (Slika 2.). Korisnički periferni deo čine korisnički aparati i druga terminalna oprema (analogni i digitalni telefonski aparati, faks aparati i analogni modemi). U periodu nakon osnovne nabavke terminalna oprema nabavljena je fazno prema potrebama korisnika i u skladu sa odobrenim budžetom Vlade AP Vojvodine za tu namenu.



Slika 2. Telefonski sistem u zgradi Skupštine i Vlade AP Vojvodine

U aprilu 2011. godine planirano proširenje pokrenuto od Odeljenja za pripremu, planiranje i analitičko praćenje javnih nabavki nije realizovano i pri tome je dobijena informacija da zbog zastarelosti telefonske centrale dobavljači nisu više u mogućnosti da obezbede nove digitalne telefonske aparate i rezervne delove za samu centralu, jer je kompanija koja je proizvođač telefonske centrale objavila prestanak:

- proizvodnje modela centralnog procesora i upravljačke jedinice za pomenutu telefonsku centralu,

- proizvodnje rezervnih delova za model centralnog procesora i upravljačke jedinice pomenute telefonske centrale
- podrške i proizvodnje digitalnih terminala kompatibilnih sa modelom centralnog procesora i upravljačke jedinice pomenute telefonske centrale

Navedene činjenice su predstavljale osnovna ograničenja koja su uticala na funkcionalnost telefonskog sistema u zgradi Skupštine i Vlade AP Vojvodine, što je ukazivalo na potrebu za zamenom postojećeg telefonskog sistema novim, savremenim sistemom, kako bi telefonska centrala, telekomunikaciona mreža i kompletan sistem bili u nesmetanoj funkciji, u službi svih zaposlenih u ovim institucijama i skalabilni ka najsavremenijim svetskim standardima i trendovima.

Otežavajuća okolnost je bila izuzetno velika tržišna vrednost telefonske centrale. Tadašnja vrednost osnovnog sredstva uključivala je ukupnu vrednost telefonske centrale i kompletne terminalne opreme koja je direktno ili indirektno bila vezana za telefonsku centralu. Na osnovu nabavne vrednosti telefonske centrale i kompletne terminalne opreme, i korišćenjem zakonske amortizacione stope na godišnjem nivou od 7%, knjigovodstvena vrednost telefonskog sistema na dan 01.01.2011. iznosila je 8.343.901,08 RSD.

## 3. STUDIJA OPRAVDANOSTI

Sve navedene okolnosti ukazivale su na potrebu za nezavisnim stručnim mišljenjem o opravdanosti pomenute zamene telekomunikacionog sistema u zgradi Skupštine i Vlade AP Vojvodine. Tim povodom Fakultet tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu, uradio je Studiju [1].

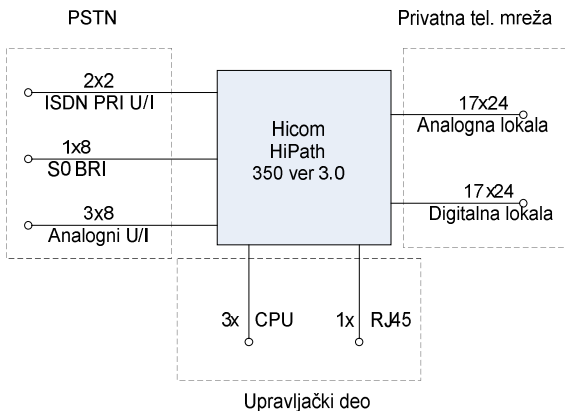
Polazna osnova za opravdanost zamene telekomunikacionog sistema bila je analiza postojećeg stanja telekomunikacionog sistema.

### Tehničke karakteristike telefonskog sistema

Telefonska centrala je bila proizvod kompanije Siemens, model Hicom HiPath 350 ver.3.0.(Slika 3.) Sistemski kapacitet centrale predstavlja zauzeće slotova za module kojima se realizuju portovi koji predstavljaju korisnički kapacitet centrale. Tadašnje sistemsko zauzeće centrale je bilo:

- 17 modula sa 24 priključka za analogne lokale (max 408 analognih lokala);
- 17 modula sa 24 priključka za digitalne lokale (max 408 digitalnih lokala);
- 1 modul sa 8 priključaka za S0 BRI lokalne priključke;
- 2 modula sa 2 ISDN PRI porta za 4 ISDN PRI ulazno/izlazne linije;
- 3 modula sa 8 analognih priključaka za 24 analogne ulazno/izlazne linije;

- 1 modul sa 8 priključaka za 8 BRI ISDN ulazno/izlaznih linija;
- 3 modula za napajanje internih celina;
- 3 modula za vezu sa CPU;
- 1 modul sa jednim LAN priključkom za interfejs ka administrativnim softverima.



Slika 3. Telefonski sistem sa telefonskom entralom Hicom HiPath 350 ver.3.0

Od ukupno 816 lokala, oko 750 je bilo aktivirano za potrebe zaposlenih u objektima Skupštine i Vlade APV. Skupština AP Vojvodine je povezana sa 130 telefonskih parica gde je za lokale iskorišćeno 110 parica.

Za rad telefonskog sistema značajna je bila podrška sledećih programa:

- *CM-Win*
- *HiPath COL*

Program *CM-Win* izvršavao se na posebnom računaru i omogućavao je administraciju sistema.

Sastojao se iz tri dela: administracije priključaka, upravljanja ličnim i organizacionim podacima i upravljanja rutiranjem u mreži. *CM Win* omogućavao je izvršavanje administrativnih zahteva koji su obuhvatali definisanje, brisanje, promene i premeštanje priključaka. Parametri koji su se podešavali u ovim procedurama su: definisanje i određivanje pripadnosti klasama korisnika, definisanje lista za skraćeno biranje kao i definisanje funkcija tastera na terminalnoj opremi.

Program *HiPath COL* služio je za tarifiranje i vršio akviziciju podataka sa *Hicom 350H* centrale, arhiviranje podataka na lokalnom disku i obradu arhiviranih podataka. *HiPath COL* je izvršavao sledeće zadatke: prikupljanje informacija o svim tipovima telefonskih poziva (za svaki poziv sa detaljima o pozivajućem broju, pozvanom broju, vreme uspostave poziva i trajanje poziva), generisanje statističkih izveštaja, verifikacija računa telekomunikacionih provajdera, analizu izveštaja u cilju kreiranja politike troškova i podršku za prikaz svih izveštaja u standardnim formatima (.doc i .xls).

Kao deo usluge korisnicima, telefonski sistem je bio opremljen i operatorskim konzolama sa softverom *ACwin 5.0* sa svim potrebnim funkcijama napredne operatorske konzole.

U sklopu same centrale obezbeđeno je rezervno akumulatorsko napajanje, gde je deklarirano vreme rada na baterije u trenutku kupovine centrale iznosilo 8h.

### Analiza proširenja kapaciteta

Daljom analizom sa aspekta proširenja kapaciteta, uočena su sledeća ograničenja:

- Broj raspoloživih slotova za realizaciju veza ka korisničkom i javnom perifernom delu je 6, bez mogućnosti proširenja.
- Jedan slobodan slot može da obezbedi maksimalno povećanje broja portova za 24, što je značilo da je maksimalno proširenje broja veza ka korisničkom perifernom delu 144, pod uslovom da se ne izvrši proširenje broja veza ka javnom perifernom delu.
- Povezivanje dislociranih objekata, a koji organizaciono pripadaju Vladi AP Vojvodine, je jedino moguće upotrebom javnih telekomunikacionih servisa čije tarifiranje zavisi od lokacijske udaljenosti, vremena korišćenja ili količine prenetih podataka, što značajno sužava prostor za definisanje optimalne politike troškova upotrebe telefonskog sistema.

### Zaključak Studije

Detaljnim analizom postojećeg stanja implementiranog telefonskog sistema autori Studije su zaključili da:

- Navedena ograničenja onemogućavaju povećanje broja korisnika koji mogu da pristupe celokupnom raspoloživom skupu telefonskih servisa, kao i proširenje korisničkog perifernog dela na lokacije koje su fizički dislocirane iz zgrade Vlade AP Vojvodine, a u kojima su korisnici koji organizaciono pripadaju organima Vlade AP Vojvodine.
- Tehnologije na kojima se zasniva telefonski sistem značajno zaostaju za tehnologijama koje se koriste u savremenim telekomunikacionim sistemima.
- Osobine tehnologija koje se koriste, kao i prestanak proizvođačke podrške za korišćene tehnologije, postavljaju značajna ograničenja za funkcionalan i pouzdan rad telefonskog sistema, koja u krajnjem slučaju mogu dovesti do potpunog prestanka funkcionalnosti postojećeg telefonskog sistema. Ističu se i ograničenja mogućnosti proširenja kapaciteta telefonske centrale i proširenja broja i vrsta servisa telefonske centrale.



- Kako bi se prevazišla ograničenja postojećeg telefonskog sistema obavezna je tehnološka migracija na aktuelnu VoIP tehnologiju. Ova tehnološka migracija omogućava osnovu za implementaciju servisa koji unapređuju rad svih pokrajinskih i republičkih organa smeštenih u zgradi Vlade AP Vojvodine i obezbeđuju konvergenciju ka UC sistemu, što je u skladu sa globalnim tehnološkim trendovima u oblastima ICT.

U Studiji su predložena dva pristupa za izbor implementacionih mera u cilju migracije na VoIP tehnologiju. Oba pristupa omogućavaju postizanje tehnološkog cilja migracije na VoIP tehnologiju, kao i ostvarivanje uslova za implementaciju UC servisa. Osnovna razlika između dva pristupa je u količini VoIP terminalne opreme koja se nabavlja. Zamena kompletne terminalne opreme novom VoIP terminalnom opremom zahteva dodatno ulaganje na nivou vrednosti ulaganja potrebnog za centralni deo.

- Prvi pristup obezbeđuje svim korisnicima sistema upotrebu punog skupa servisa, u skladu sa definisanom klasom servisa koja je na raspolaganju korisniku, ali zahteva nabavku terminalne opreme za sve korisnike sistema.
- Drugi pristup omogućava pun pristup servisima za korisnike koji koriste novu terminalnu opremu, a korisnici koji koriste postojeću terminalnu opremu imaju pristup ograničenom skupu servisa. Za realizaciju je potrebno nabaviti značajno manju količinu nove VoIP terminalne opreme.

Zaključak Studije jeste da je u potpunosti opravdana potreba za zamenom telekomunikacionog sistema kojom bi se realizovala tehnološka migracija na aktuelnu VoIP tehnologiju.

Potreba za ravnopravnim raspoređivanjem servisa svim korisnicima telekomunikacionog sistema kao posledicu je imala izbor prvog od dva ponudena pristupa iz Studije.

#### 4. JAVNA NABAVKA

Sledeći korak u toj realizaciji je bilo pokretanje javne nabavke u skladu sa Zakonom o javnim nabavkama.

Za pokretanje javne nabavke je potrebno:

- napisati tehničku specifikaciju za telekomunikacioni sistem,
- definisati kriterijume za ocenu najpovoljnije ponude,
- objaviti na sajtu za javne nabavke,
- prikupiti ponude,
- izvršiti ocenjivanje ponuda,
- izbor najpovoljnije ponude,
- potpisivanje ugovora.

#### 5. IMPLEMENTACIJA NOVOG SISTEMA

Nakon potpisanog Ugovora o javnoj nabavci dobara – telefonska centrala, sa ponuđačem koji je imao najpovoljniju ponudu, pristupilo se implementaciji novog telekomunikacionog sistema. Ponuđač sa najpovoljnijom ponudom je u ponudi naveo opremu proizvođača Cisco.

Predviđeno je da se implementacija izvodi u sledećim fazama:

*Faza 1. Prikupljanje početnih informacija neophodnih za implementaciju.*

- Stanje u IP mreži,
- Informacije o korisnicima i postojećem sistemu telefonije.

Cilj je bio da se funkcionalnosti stare centrale preslikaju na novu centralu. Zadržana je prethodna numeracija, prava biranja, šef-sekretar grupe, grupe za preuzimanje poziva, kao i konfiguracija tastera za brzo biranje i indikaciju zauzetosti lokala, tamo gde je to bilo potrebno.

*Faza 2. Isporuka terminalne opreme.*

- Raspodela terminalne opreme (IP telefona) korisnicima uz povezivanje u mrežu.

Svakom zaposlenom isporučen je novi IP telefon tehničkih karakteristika adekvatnih aparatu koji je zaposleni posedovao

*Ograničenja u Fazi 2*

Isporuka telefonskih aparata je usledila za vreme novogodišnjih i božićnih praznika i u sezoni godišnjih odmora, što je dovelo do usporavanja realizacije ostalih faza implementacije.

*Faza 3. Priprema postojeće mreže za instalaciju nove mrežne i voice opreme.*

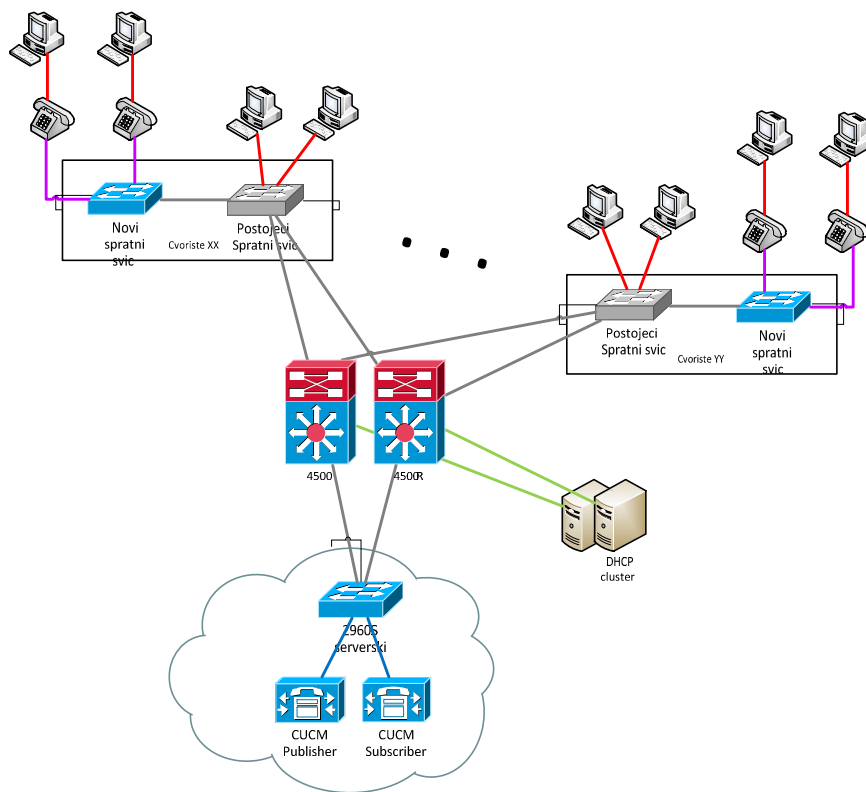
- Definisane novih VLAN-ova, čija je uloga da logički odvoje govorni saobraćaj od ostalog data saobraćaja u okviru iste fizičke infrastrukture. S obzirom na broj korisnika u mreži Skupštine i Vlade APV, mreža je segmentirana na devet voice vlan-ova, kako bi se smanjili broadcast domeni
- konfiguracija spratnih i core uređaja,
- konfigurisanje DHCP servera.

*Faza 4. Instalacija nove mrežne opreme po spratnim čvorištima.*

- Instaliranje 10 novih PoE svičeva, (6x 24 10/100 PoE + 2 T/SFP LAN Lite Image i 4x 48 10/100 PoE + 2 1000BT +2 SFP LAN Lite Image), povezivanje u postojeću mrežu, povezivanje krajnjih korisnika na nove svičeve, prikazano na slici 4.

U objektima Skupštine i Vlade APV postoji 20 mrežnih čvorišta. Pošto je odobrenim finansijskim sredstvima bilo moguće kupiti samo 10 PoE svičeva, sledeći neophodan korak je bio da se odrede prioritetni korisnici čiji telefonski aparati će biti povezani njih. Telefonski aparati ostalih korisnika koji

nisu vezani na PoE svičeve koriste ili lokalna napajanja ili PoE injector-e.



Slika 4. Povezivanje novih spratnih svičeva u postojeću mrežu

*Faza 5. Inicijalna konfiguracija voice opreme pre instalacije, adaptacija dizajna prema dodatnim zahtevima i informacijama.*

- Konfiguracija osnovnih parametara servera za obradu poziva, Unified Communications Manager-a, (CUCM). U svrhu ostvarivanja redundantnosti procesora poziva formiran je klaster od dva servera: Publisher i Subscriber, inicijalno licenciranje na 8.6.

*Faza 6. Instalacija opreme u centralnom reku i povezivanje u mrežu.*

- Isporuka i instalacija u centralnom reku sledeće opreme:
  - Centralni svič (1x (24 GigE 4 x SFP LAN Base))
  - Dva servera za obradu poziva (2x CUCM),
  - Dva gejtveja za ostvarivanje konekcija sa PSTN i GSM-om (2x Cisco 2901),
  - Tri gejtveja za konekciju sa analognim telefonskim aparatima (3x 24 Port Voice over IP analog phone gateway).

Konačna blok šema povezivanja opreme u centralnom reku sa ostatkom mreže prikazana je na slici 5.

*Faza 7. Testiranje kompletne opreme i migracija na novi telefonski sistem.*

Nakon instalacije, povezivanja i testiranja svih elemenata, koji su trajali skoro 2 meseca, telefonski sistem je pušten u funkciju.

*Ograničenja u Fazi 7*

Proces migracije četiri ISDN PRI priključka sa stare na novu centralu je morao biti izvršen u što kraćem vremenskom periodu i van radnog vremena pokrajinskih i republičkih organa smeštenih u objektima Skupštine i Vlade APV (za vikend), zbog neophodnosti neprekidnog funkcionisanja ovog sistema.

*Faza 8. Eksploatacija.*

Nakon migracije telefonskog saobraćaja na IP tehnologiju, zaposleni su počeli da koriste nove IP telefonske aparate i nov način funkcionisanja sistema.

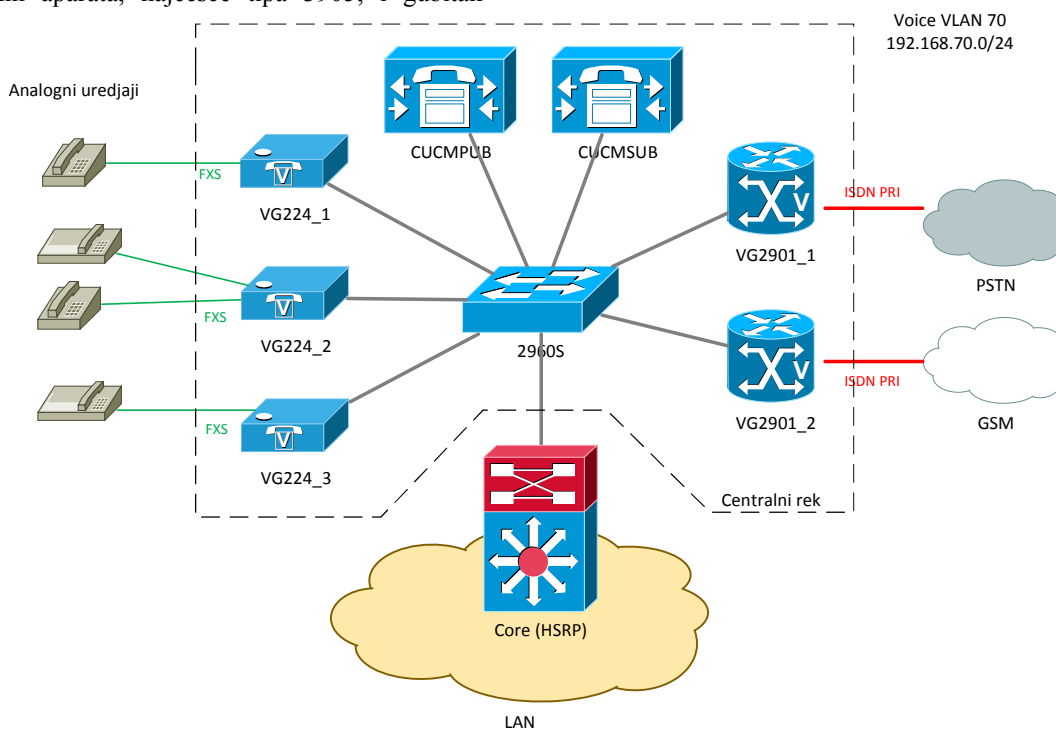
*Ograničenja u Fazi 8*

Prilagođavanje zaposlenih na novu tehnologiju se odvijalo neplanirano sporo. Iako je detaljno tehničko uputstvo za upotrebu telefonskih aparata bilo dostupno na intranetu, obuku za obavljanje nekih od operacija, kao što su preusmerenje poziva, preuzimanje poziva, pozivanje mobilnih pretplatnika i pozivanje inostranstva bilo je neophodno lično obaviti. Takođe, nepostojanje tona slobodnog biranja je bila teže prihvatljiva novina.

Uočen je i nedostatak fleksibilnosti prilikom prvog preseljenja telefonskih aparata/lokala u drugu kancelariju, što je posledica različitosti napajanja aparata (PoE, adapter).

Svakodnevna pojava je postalo “zamrzavanje” telefonskih aparata, najčešće tipa 3905, i gubitak

funkcionalnosti kod naprednijih telefona tipa 7931, pri softveru na CM verzije 9.0. Problem je prevaziđen upgrade-om na najnoviju verziju softvera 9.1



Slika 5. Blok šema povezivanja opreme u centralnom reku sa postojećom mrežom

## 6. ZAKLJUČAK

Aktivnosti neophodne za zamenu postojećeg telefonskog sistema u objektima Skupštine i Vlade AP Vojvodine novim savremenim telefonskim sistemom zasnovanim na IP tehnologiji realizovane su fazno. Svaka faza iziskivala je dobru organizaciju i iskustvo aktera koji je realizuju. Neophodno je bilo prikupiti početne informacije za implementaciju sistema, zatim isporučiti terminalnu opremu krajnjim korisnicima, pripremiti postojeću mrežu za instalaciju nove opreme, potom izvršiti instalaciju i konfiguraciju nove mrežne i voice opreme po spratnim čvorištima i u centralnom reku. Nakon povezivanja u mrežu izvršeno je testiranje kompletne opreme i migracija na novi telefonski sistem.

Implementacijom novog telefonskog sistema ostvaren je tehnološki cilj migracije na VoIP tehnologiju ali ne i kompletan uslov za implementaciju UC servisa. Osnovni razlog je izbor i nabavka telefonskih aparata serije 3900 zbog ograničenog budžeta za ovako veliki i kompleksan telekomunikacioni sistem. Time se nameće nova faza u sledećoj etapi funkcionisanja novog telefonskog sistema, a to je izbor i nabavka naprednijih modela telefona Cisco serije 6900 i 8900,

čime bi se postigle sve napredne funkcionalnosti i UC servisi.

Implementacijom novih servisa zaposleni bi dobili veliko poboljšanje u poslovnoj komunikaciji. Tako npr.

- instalacijom Jabber aplikacije korisnici SmartPhone mobilnih telefona (Android, iOS, Windows...) bi mogli pozivati iz inostranstva korišćenjem wireless mreže i povezivanjem na VPN. Ovi pozivi bi za mobilnog korisnika, iako je u roamingu, bili potpuno besplatni, a tarifirali bi se na lokalnoj IP telefonskoj centrali kao pozivi ostvareni sa lokala. Korišćenjem Jabber aplikacije zaposleni bi još dobili:

- mogućnost brze razmene poruka u poslovne svrhe (Instant Messaging)
- mogao bi da se vidi status zaposlenog (Presence)
- integraciju sa Outlook aplikacijom ili sa korporativnim imenikom

- upotrebom SoftPhone rešenja krajnji korisnik bi mogao koristiti svoj računar za telefoniranje i video pozive. Korporativni imenik objedinjen za sve službe mogao bi biti dostupan i sa računara i omogućio bi lako pozivanje zaposlenih međusobno

**Skraćenice korišćene u radu:**

PSTN - Public Switched Telephone Network,  
PBX - Private Branch Exchange  
TDM - Time-Division Multiplexing  
VoIP - Voice over Internet Protocol,  
ISDN - Integrated Services Digital Network,  
PRI - Primary Rate Interface,  
BRI - Basic Rate Interface,  
CPU - Central Processing Unit,  
LAN - Local Area Network,  
VLAN - Virtual Local Area Network,  
DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol,

PoE - Power over Ethernet,  
SFP - Small Form-factor Pluggable,  
GSM - Global System for Mobile,  
HSRP - Hot Standby Router Protocol

**Literatura**

- [1] Studija: "Procena opravdanosti inoviranja telefonske centrale u zgradi Vlade APV" Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.  
[2] <http://cms.bsu.edu/about/administrativeoffices/its/unifiedcommunications>

# ANALIZA KVALITETA SERVISA U TELEKOMUNIKACIONIM MREŽAMA NA BAZI DIFFSERV MODELA

## ANALYSIS OF THE QUALITY OF SERVICE IN TELECOMMUNICATION NETWORKS BASED ON DIFFSERV MODEL

Boban Z. Pavlović, Vladimir B. Suša, Jovan B. Bajčetić  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – U ovom radu je analiziran uticaj prioritizacije saobraćaja u cilju definisanja kritičnih QoS parametara posmatranih aplikacija. Razmatrani su VoIP (Voice over IP) saobraćaj, FTP (File Transfer Protocol) i DB (DataBase) saobraćaj. Izvršena je prioritizacija saobraćaja u skladu sa diffserv modelom, pri čemu je najviši prioritet dodeljen VoIP aplikaciji. Primenjena je WFQ (Weighted Fair Queuing) disciplina čekanja kod identifikacije paketa na bazi DSCP (Differentiated Services Code Point) vrednosti. Simulacioni model je realizovan u OPNET softverskom paketu za analizu telekomunikacionih mreža. Na osnovu dobijenih rezultata, izvršeno je poređenje kašnjenja, varijacije kašnjenja (džitera) i paketskih gubitaka u slučajevima kada je primenjen diffserv model i bez QoS implementacije.

**Abstract** – This paper highlights an influence of traffic prioritization on critical QoS parameters for some applications. Three different applications are used, i.e. VoIP (Voice over IP), FTP (File Transfer Protocol) and DB (DataBase). It is made a traffic prioritization according to diffserv model, where the highest priority value was assigned to VoIP application. WFQ (Weighted Fair Queuing) discipline is evaluated for packet identification under DSCP (Differentiated Services Code Point). The simulation model was conducted through the OPNET network simulator. According to obtained results, it is compared three major QoS parameters: Packet Delay, Packet Delay Variation (jitter) and Traffic Drop for the simulation scenario without QoS and scenarios with QoS implementation.

### 1. UVOD

Uvođenje kvaliteta servisa QoS (Quality of Service) u IP mreže ima za cilj postizanje optimalnih vrednosti QoS parametara, među kojima se izdvajaju kašnjenje s kraja na kraj veze (end-to-end delay), varijacija kašnjenja (jitter) i paketski gubici (packet loss). Pred projektante telekomunikacionih mreža postavlja se ozbiljan zadatak definisanja odgovarajućih QoS mehanizama čijom primenom se postižu optimalne mrežne performanse. U radu su analizirane tri različite aplikacije (VoIP, FTP i database) sa stanovišta zahtevanog QoS nivoa. Od navedenih aplikacija, VoIP (Voice over IP) je najzahtevnija po pitanju obezbeđenja QoS (obezbeđivanje minimalnih vrednosti navedenih parametara) [1]. FTP i database (DB) aplikacija predstavljaju saobraćaj sa manjim QoS zahtevima i čine sekundarni, odnosno pozadinski (background) saobraćaj. Istraživanje je sprovedeno u slučaju žične telekomunikacione mreže.

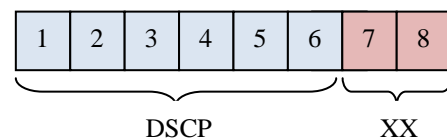
Sprovedena je komparativna analiza dva slučaja: 1) bez obezbeđenja QoS modela i 2) uspostavljanje QoS modela kroz uvođenje mehanizma WFQ (Weighted Fair Queuing) uz odgovarajuće vrednosti polja DSCP (Differentiated Service Code Point).

### 2. DEFINISANJE QoS ZAHTEVA

Prilikom projektovanja telekomunikacione mreže za prenos različitih aplikacija, jedan od važnih zadataka je definisanje odgovarajuće discipline čekanja na ruterima kao bi se obezbedilo optimalno korišćenje mrežnih resursa. Izborom odgovarajućeg mehanizma čekanja (FIFO (First Input First Output), PQ (Priority Queuing) i WFQ (Weighted-Fair Queuing)) omogućava se smanjenje paketskih gubitaka, čime se postiže upravljanje prenosom paketa [2].

U radu je primenjena WFQ disciplina čekanja koja obezbeđuje kvalitet servisa rezervisanjem određenog propusnog opsega za celokupan mrežni saobraćaj na bazi dodeljenog prioriteta. Paketi se klasifikuju i smeštaju u redove na bazi sadržaja DSCP polja u IP zaglavlju. Na ovaj način, saobraćaj sa manjim zahtevima po pitanju propusnog opsega može dobiti veći prioritet. Tipični primer primene WFQ discipline čekanja je postavljanje paketa kojima se vrši prenos interaktivnog saobraćaja u realnom vremenu (VoIP) na početak reda.

DiffServ model se definiše pomoću DSCP polja kojim se dodeljuje prioritet paketa unutar IP zaglavlja, u skladu sa tipom saobraćaja [3]. Ovaj model je široko primenjivan u savremenim IP paketskim mrežama i zamenio je prethodnu specifikaciju obeležavanja paketa na bazi vrednosti polja ToS (Type of Service) u zaglavlju IPv4 paketa, odn. polje Traffic Class u zaglavlju IPv6 paketa, poljem DS (Differentiated Services). Takođe je diffserv model preuzeo primat u obezbeđenju QoS nad prethodnim modelom integrisanih servisa (intserv) gde je rezervacija mrežnih resursa vršena preko RSVP protokola. Izgled DS polja prikazan je na slici 1.



Slika 1. Struktura DS polja u zaglavlju IP paketa

Prvih šest bita polja koriste se kao PHB (Per Hop Behaviour) kod, dok su poslednja dva bita rezervisana za

buduću upotrebu, čime je omogućeno rezervisanje do 64 klasa saobraćaja. Diffserv model definiše tri vrste PHB: PB sa ubrzanim prosleđivanjem – EF (*Expedited Forwarding*), PHB sa sigurnim prosleđivanjem – AF (*Assured Forwarding*) i PHB najboljeg pokušaja – BE (*Best Effort*).

EF PHB je namenjen za vremenski kritične aplikacije i servise i obezbeđuje garantovani QoS u pogledu propusnog opsega, kašnjenja i varijacije kašnjenja. Apsolutne garancije QoS se postižu prioritonom obradom paketa u mrežnim čvorovima [4].

AF PHB omogućava definisanje više klasa i prioriteta odbacivanja paketa u slučaju mrežnog zagušenja. Preporučena klasifikacija obuhvata četiri klase saobraćaja i u okviru svake klase tri prioriteta odbacivanja (nizak, srednji i visok). Svakoj definisanoj klasi dodeljuje se određeni propusni opseg i memorijski prostor rutera. Primenjuje se za aplikacije koje dele zajedničke mrežne resurse, bez izričitih zahteva po pitanju garancija QoS-a (relativne garancije), uz mogućnost gubitka informacija kod velikog mrežnog opterećenja [5].

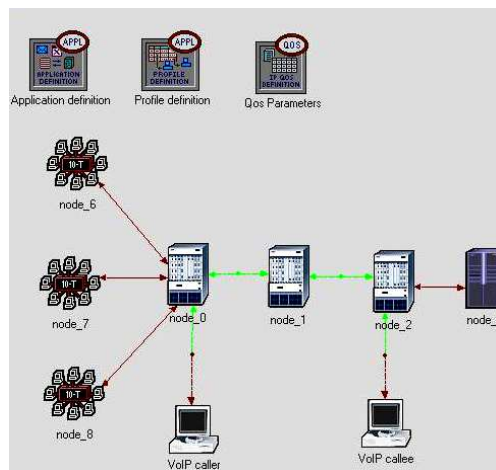
PHB BE definiše servis ili aplikaciju bez definisanih garancija kvaliteta, sa jednim ograničenjem po pitanju raspoloživog propusnog opsega. Klasifikacija IP saobraćaja na bazi AF PHB prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Klasifikacija IP saobraćaja na bazi PHB sa sigurnim prosleđivanjem

Prioritet odbacivanja	DSCP			
	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4
Nizak	001010	010010	011010	100010
Srednji	001100	010100	011100	100100
Visok	001110	010110	011110	100110

### 3. MODEL MREŽNE KONFIGURACIJE

U radu je analizirana mrežna topologija prikazana na slici 2. U definisanoj mreži korišćena su dva krajnja rutera (*node\_0*) i (*node\_2*) i jedan međumrežni ruter (*node\_1*). Na (*node\_0*) povezane su tri LAN mreže sa po 25 računara koji generišu FTP i *Database* saobraćaj preko T1 linka (1,544 Mb/s). Drugi deo mrežnog scenarija obuhvata dve radne stanice, prva za generisanje poziva (*VoIP caller*) i druga za prijem poziva (*VoIP callee*), sa ciljem analize VoIP saobraćaja. *Node\_3* predstavlja server kome pristupaju korisnici unutar razmatranih LAN mreža. U scenario je uključen vizuelni prikaz primenjenog QoS modela (linkovi su predstavljeni zelenom bojom). Analiza telekomunikacione mreže sprovedena je u softverskom paketu OPNET IT GURU Academic Edition [6].

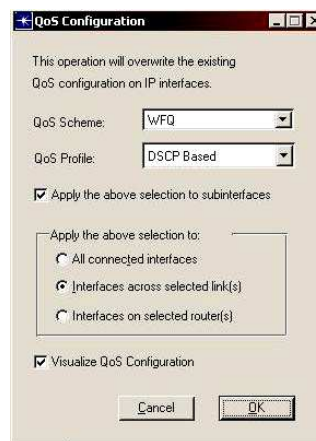


Slika 2. Razmatrana mrežna topologija

Simulacioni model obuhvata definisanje tri aplikacije: VoIP, FTP (za razmenu *ftp* fajlova) i Database (za pristup bazama podataka unutar mreže).

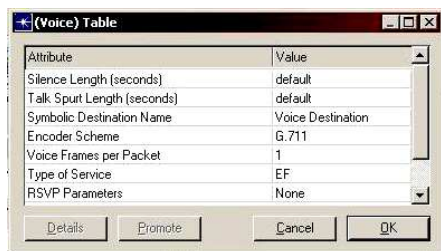
Postavke OPNET simulacionog modela

Na linku između parova mrežnih čvorova (*node\_0*) i (*node\_1*), kao i između (*node\_1*) i (*node\_2*), primenjena je odgovarajuća QoS konfiguracija. Definisana je WFQ disciplina čekanja kako bi se omogućilo da određeni paketi (kojima su dodeljene već težinske vrednosti) imaju prednost pri prenosu kroz mrežu i QoS profil baziran na DSCP polju, kako je prikazano na slici 3.



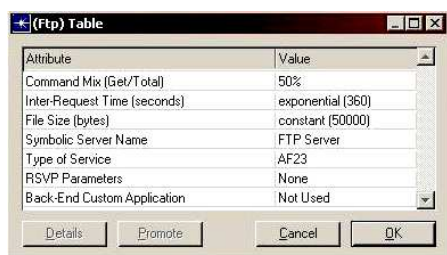
Slika 3. Podešavanje QoS konfiguracije

Na slici 4 prikazana je konfiguracija VoIP aplikacije. U simulaciji je korišćen G.711 kodek. VoIP paketu je na bazi vrednosti ToS (*Type of Service*) polja dodeljena vrednost EF (DSCP vrednost 101110), odnosno klasa najvišeg prioriteta koja obezbeđuje apsolutne QoS garancije. Posmatran je prenos jednog govornog frejma po paketu (*voice frames per packet*).



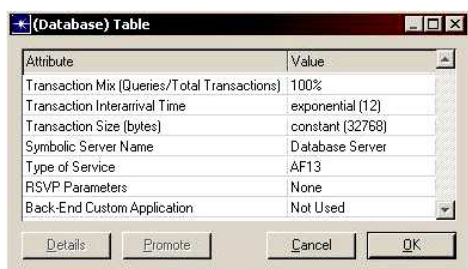
Slika 4. Podešavanje VoIP aplikacije

Podešavanje FTP aplikacije prikazano je na slici 5. Posmatran je prenos paketa veličine 50 kB (konstantno), dok je vremenski period između zahteva podešen na 360 s (eksponencijalno). Vrednost ToS polja je podešena na AF 23 (DSCP vrednost 010110).



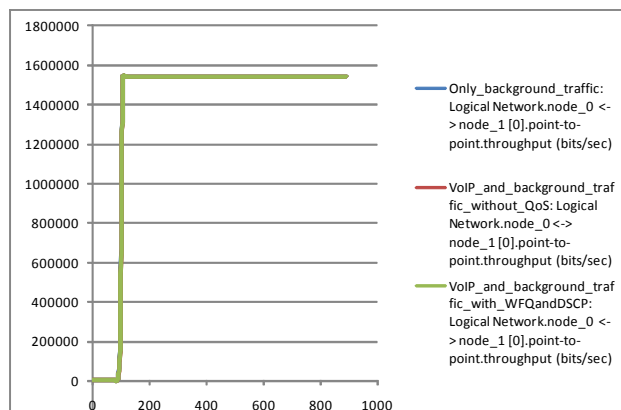
Slika 5. Podešavanje FTP aplikacije

DB (*Database*) aplikacija je podešena za prenos fajla veličine 32768 B (konstantno), dok je vremenski period između prenosa podataka postavljen na 12 sekundi (eksponencijalno). Polje ToS je postavljeno na vrednost AF 13 (DSCP vrednost 001110). Podešavanje DB aplikacije prikazano je na slici 6.



Slika 6. Podešavanje Database aplikacije

Analizirana su tri simulaciona scenarija. U prvom scenariju posmatran je prenos samo sekundarnog (*background*) saobraćaja, zatim prenos VoIP i sekundarnog saobraćaja bez obezbeđenja QoS i u trećem scenariju analiziran je prenos celokupnog saobraćaja, uz primenu mehanizama QoS kroz definisanje WFQ discipline čekanja i klasifikaciju saobraćaja na bazi dodeljenih DSCP vrednosti.

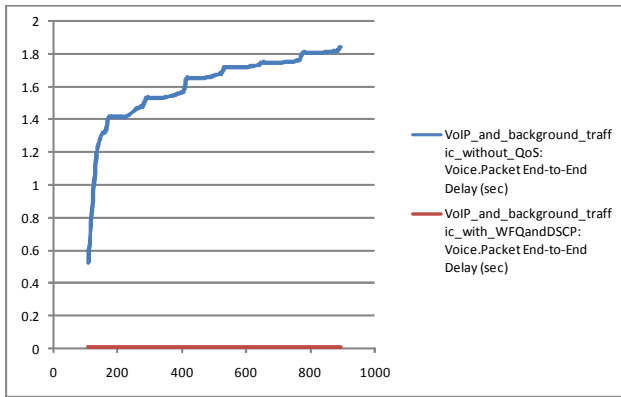
Slika 7. Propusnost linka između *node\_1* i *node\_0* rutera

Između mrežnih čvorova (*node\_1*) i (*node\_0*), definisano je saobraćajno opterećenje kojim je postignuto potpuno iskorišćenje T1 linka kapaciteta 1,544 Mb/s. Prikaz propusnosti linka predstavljen je na slici 7. Navedeni link zapravo predstavlja usko grlo u mreži pretpostavljene topologije. Istraživanje je sprovedeno u cilju analize uticaja definisanog QoS mehanizma na parametre kvaliteta servisa (gubitak paketa, kašnjenje i varijacija kašnjenja) za vremenski kritičan saobraćaj, odnosno primarno na VoIP aplikaciju. U daljoj simulacionoj analizi nije posebno razmatran scenario prenosa samo sekundarnog saobraćaja (*only background traffic*), jer on ne predstavlja predmet detaljnije analize. Vreme trajanja simulacionih scenarija podešeno je na 15 minuta (900 sekundi).

#### 4. REZULTATI SIMULACIJE

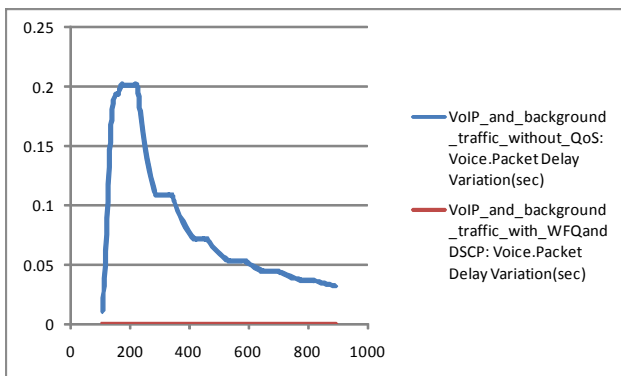
##### *Kašnjenje u komunikaciji (end-to-end delay)*

Na slici 8 prikazana je zavisnost kašnjenja s kraja na kraj komunikacije za slučaj prenosa VoIP saobraćaja za dva simulaciona scenarija: (1) bez primene mehanizma QoS i (2) sa primenom mehanizma WFQ i dodeljivanja DSCP vrednosti. Kao što se može videti sa grafičkog prikaza, u prvom slučaju je primetno kašnjenje koje raste sa porastom vremena simulacije. Najniža vrednost kašnjenja iznosi 500 ms i dostiže vrednost od 1,8 sekundi na kraju simulacije. Ovde možemo zaključiti da je prvi scenario u slučaju prenosa VoIP saobraćaja praktično neupotrebljiv jer ne obezbeđuje postizanje maksimalno dozvoljenog kašnjenja od 150 ms u jednom komunikacionom smeru. U scenariju kada je primenjen QoS mehanizam, vrednost kašnjenja je značajno manja (do 10 ms) i ne menja se tokom trajanja simulacije, što je daleko ispod donje granice prihvatljivog kašnjenja od 100 ms za vremenski kritične aplikacije.



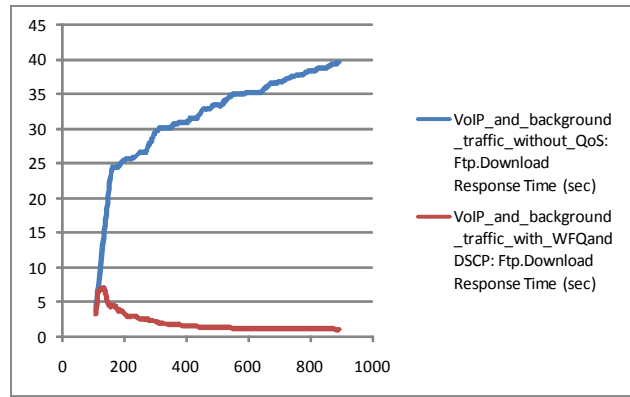
Slika 8. Zavisnost kašnjenja s kraja na kraj komunikacije kod prenosa VoIP aplikacije

Zavisnost varijacije kašnjenja (džitera) u funkciji vremena simulacije za prvi i drugi scenario, prikazana je na slici 9. Kao što se može zaključiti, u prvom scenariju (bez QoS mehanizma), varijacija kašnjenja vrlo brzo dostiže maksimalnu vrednost od 200 ms, a zatim konstantno opada do minimalno 32 ms, što je vrednost koja je dobijena na kraju simulacije. Analizom drugog scenarija (sa uključenim mehanizmom obezbeđenja QoS), vrednost džitera ne prelazi 5 ms i konstantna je tokom posmatranja mrežnog saobraćaja. Maksimalno dozvoljena vrednost varijacije kašnjenja (džitera) ne sme da pređe 40 ms, na osnovu čega zaključujemo da je prvi scenario praktično neupotrebljiv, izuzev u poslednjem delu mrežne simulacije.



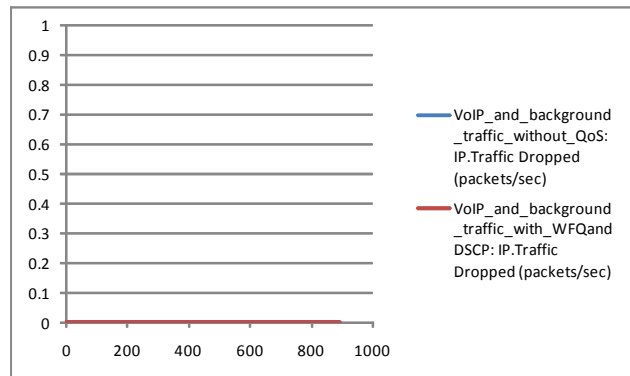
Slika 9. Varijacija kašnjenja (džiter)

Analiza FTP aplikacije sprovedena je kroz posmatranje vremena preuzimanja fajlova, pri čemu se uočava izrazito povećanje ovog vremena u slučaju posmatranja prenosa saobraćaja kroz mrežu u kojoj nije uspostavljen mehanizam obezbeđenja QoS (prvi simulacioni scenario). Vreme preuzimanja fajlova raste sa porastom vremena simulacije i dostiže 40 sekundi. Sa druge strane, uz obezbeđenje QoS mehanizma, vreme prenosa tokom trajanja simulacije, izuzev na samom početku, ostaje približno konstantno i ne prelazi vrednost od 2 sekunde. Zavisnost vremena preuzimanja fajlova kod FTP aplikacije za oba posmatrana simulaciona scenarija, prikazana je na slici 10.



Slika 10. Vreme preuzimanja fajlova kod FTP aplikacije

Poslednji razmatrani QoS parametar su paketski gubici, odn. izgubljeni IP saobraćaj. Analizom slike 11 možemo zaključiti da uključivanje QoS mehanizma nema uticaj na vrednost posmatranog parametra, odnosno da je inherentno prema bilo kom od definisanih scenarija.



Slika 11. Izgubljeni IP saobraćaj

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu analiziran je uticaj primene Diffserv modela obezbeđenja kvaliteta servisa (QoS) u IP mrežama. Za pretpostavljenu mrežnu topologiju, posmatrani su VoIP aplikacija i pozadinski (*background*) saobraćaj sa stanovišta uticaja primene mehanizma QoS u situaciji kada je transmisioni put kroz mrežu maksimalno opterećen. Razmatrani su ukupno vreme kašnjenja u komunikaciji (*end-to-end delay*), varijacija kašnjenja ( *jitter*), vreme preuzimanja dokumenata i izgubljeni IP saobraćaj.

Posmatran je prenos celokupnog saobraćaja kroz mrežu koji obuhvata vremenski kritičnu aplikaciju (VoIP) i manje zahtevne aplikacije za prenos u realnom vremenu (FTP i database). Uočljiv je porast kašnjenja kada je analiziran prenos kroz mrežu bez QoS mehanizma pri čemu kašnjenje premašuje maksimalno dozvoljenu vrednost kašnjenja. Uz primenu QoS mehanizma, postignuto je značajno manje kašnjenje (do 10 ms) koje omogućava prenos aplikacija u skoro realnom vremenu (VoIP).



Analiza varijacija kašnjenja (džitera) pokazuje iste rezultate. Primena QoS mehanizma omogućava postizanje niskih vrednosti varijacije kašnjenja čime se omogućava prenos vremenski kritičnih aplikacija. Sa stanovišta gubitka IP saobraćaja, primena QoS mehanizma ne menja vrednost ovog parametra.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je u realnoj telekomunikacionoj mreži zasnovanoj na paketskoj tehnici, prenos vremenski osetljivih aplikacija jedino moguć uz primenu odgovarajućeg QoS mehanizma. Dodeljivanje najvišeg prioriteta VoIP aplikaciji omogućava da kašnjenje i varijacija kašnjenja ne premaše maksimalno dozvoljene granične vrednosti.

### ZAHVALNICA

Rad je nastao u toku istraživanja koje je sprovedeno u sklopu realizacije naučnoistraživačkog projekta „Integracija i analiza performansi IP terminala i Softphone aplikacija u telekomunikacionom sistemu Vojske Srbije“. Projekat pod evidencionim brojem VA-TT/3/15 finansiran je od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije i realizuje se u periodu 2013 – 2015. godine.

### LITERATURA

- [1] Alawieh, B., Ahmed, R. and Mouftah, H.T. “Performance measurement for voice services in heterogeneous wired networks” Innsbruck, Austria, 2008, pp. 1-5.
- [2] Mohammed, H.A., Ali, A.H., and Mohammed, H.J., The Affects of Different Queuing Algorithms within the Router on QoS VoIP application Using OPNET, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), Vol.5, No.1, January 2013, pp. 117-124.
- [3] Blake, S., Black, D., Davies, E., Wang, Z., and Weiss, W., “An Architecture for Differentiated Services“, RFC 2475 (International), IETF, 1998.
- [4] Davie, B. et al. An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior), RFC 3246, Internet Engineering Task Force, March 2002.
- [5] Heinanen, J., Baker, F., Weiss, W., Wroclawski, J., Assured Forwarding PHB Group, RFC 2597, Internet Engineering Task Force, June 1999.
- [6] OPNET IT Guru Academic Edition 9.1 ([www.opnet.com](http://www.opnet.com))

# KAPACITET VIŠEANTENSKOG SEKUNDARNOG LINKA KOGNITIVNOG SISTEMA SA KONTROLISANIM NIVOOM INTERFERENCIJE

## CAPACITY OF MULTI-ANTENNA SECONDARY LINK IN COGNITIVE SYSTEM WITH CONTROLLED INTERFERENCE LEVEL

Vesna Blagojević<sup>1</sup>, Predrag Ivaniš<sup>1</sup>  
*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U radu je izvršena analiza kapaciteta sekundarnog linka kognitivnog sistema u okruženju sa Nakagami-m fadingom. Razmatran je slučaj kada sekundarni i primarni korisnik istovremeno pristupaju spektru, pri čemu je rad sekundarnog korisnika ograničen maksimalnim dozvoljenim nivoom interferencije na mestu primarnog prijemnika. Izvršeno je poređenje kapaciteta za slučajeve primene različitih višeantenskih tehnika na prijemnoj i predajnoj strani sekundarnog linka.

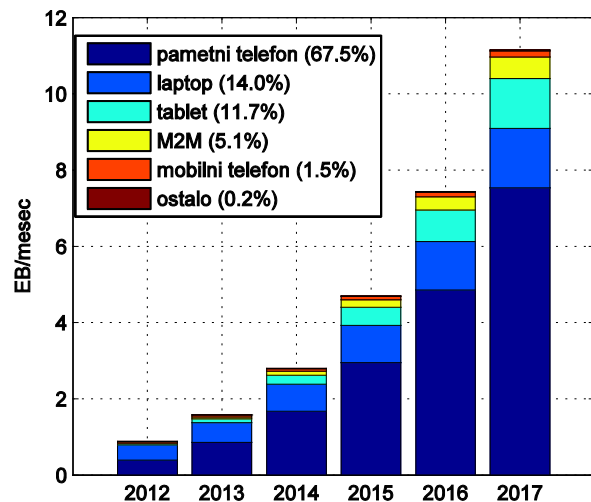
**Abstract** – In this paper the capacity of secondary link is analyzed, for cognitive system in Nakagami-m fading environment. We considered the case where the secondary and the primary user access the spectrum concurrently, while the transmission of the secondary user is limited by maximal allowed interference level at the primary receiver. The comparison of ergodic capacity values is provided, when various multi-antenna techniques are applied at the secondary link.

### 1. UVOD

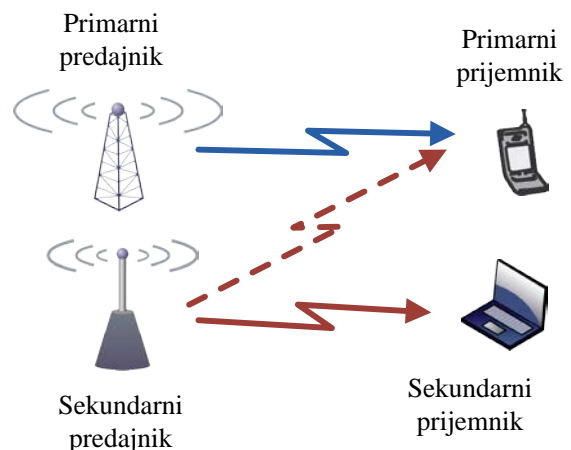
Razvoj bežičnih tehnologija omogućio je sve veći broj korisnika mobilnih uređaja sa korišćenjem multimedijalnih Internet aplikacija koje zahtevaju visoke protoke podataka. Na Slici 1 prikazano je predviđanje porasta ukupnog saobraćaja nastalog kao posledica ovog razvoja [1]. S druge strane, za prenos signala u bežičnim sistemima potrebni su dostupni opsezi frekvencija. Danas najzastupljeniji konzervativni način raspodele spektra podrazumeva da se korisniku dodeli tačno određeni opseg frekvencija u kojem može da vrši prenos signala pod uslovom da emisiona snaga bude manja od maksimalne dozvoljene vrednosti. Međutim, brojna merenja su pokazala da u mnogim opsezima frekvencijski resursi nisu dovoljno iskorišćeni [2], pa je zaključak da je potrebno naći nove pristupe za efikasnije korišćenje spektralnih resursa.

Kognitivni radio predstavlja potencijalno rešenje za povećanje spektralne efikasnosti. U zavisnosti od načina na koji kognitivni (sekundarni) korisnik pristupa spektru koji je dodeljen licenciranom (primarnom) korisniku mogu se izdvojiti tri različita koncepta [3]. Prvi predstavlja oportunistički pristup spektru u kojem sekundarni korisnik osluškuje spektar i emituje signal u intervalima kada detektuje da primarni korisnik ne koristi raspoložive resurse (tzv. *interweave*). U drugom konceptu sekundarni i primarni korisnik istovremeno pristupaju

spektru uz međusobnu kooperaciju (tzv. *overlay*). U trećem konceptu kognitivnom korisniku je dozvoljeno da istovremeno pristupa spektru koji je dodeljen primarnom korisniku (tzv. *underlay*). Pri tome je rad sekundarnog korisnika ograničen uslovom da nivo interferencije koju generiše na mestu primarnog prijemnika bude manja od unapred definisanog praga. Ilustracija rada kognitivne mreže sa kontrolisanim nivoom interferencije prikazana je na Slici 2.



Slika 1. Predviđanja porasta ukupnog saobraćaja i raspodela po tipu uređaja u mobilnim mrežama [1].



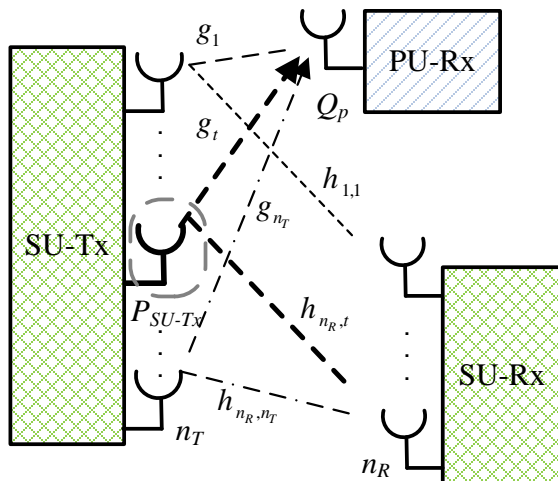
Slika 2. Ilustracija rada kognitivne mreže sa kontrolisanim nivoom interferencije (*underlay*).

Uslov ograničenja rada sekundarnog korisnika može se ispuniti adaptacijom predajne snage, što dalje ograničava kapacitet sekundarnog linka kognitivnog sistema. Kapacitet sekundarnog linka analiziran je u [4], za razna propagaciona okruženja. Povećanje kapaciteta primenom tehnike selekcije optimalne predajne antene (*Transmit Antenna Selection*, TAS) predloženo je u [5], dok je poboljšanje koje se ostvaruje primenom prijemnog diverzitija zasnovanog na kombinovanju sa maksimalnim odnosom (*Maximal Ratio Combining*, MRC) razmatrano u [6]. Primena kombinovanog predajno-prijemnog diverzitija analizirana je u [7]. Izrazi za kapacitet sekundarnog linka izvedeni su u [8], za slučaj kombinovane primene tehnike selekcije optimalne predajne antene i prijemnog MRC diverzitija (*Transmit Antenna Selection / Maximal Ratio Combining*, TAS/MRC). U navedenim radovima [5]- [8] razmatran je sekundarni sistem u okruženju sa Rejljevom fedingom.

U ovom radu izvršeno je poređenje kapaciteta sekundarnog linka na kojem su primenjene različite višeantenske tehnike. Analiza je izvršena za opštiji slučaj kada feding u okruženju podleže Nakagami- $m$  zakonu raspodele, koji kao specijalan slučaj podrazumeva i Rejljevu raspodelu fedinga. Razmatran je slučaj kada je rad sekundarnog korisnika ograničen maksimalnom dozvoljenom snagom interferencije i maksimalnom snagom sekundarnog predajnika. Rezultati dobijeni numeričkim postupkom potvrđeni su primenom nezavisne Monte-Karlo simulacije.

## 2. MODEL KANALA I SISTEMA

Analizira se sistem u kojem sekundarni korisnik koristi dostupan opseg frekvencija istovremeno sa primarnim korisnikom spektra, pod uslovom da je vršna snaga interferencije koju generiše na mestu primarnog prijemnika manja od maksimalno dozvoljenog praga  $Q_p$ . Snaga sekundarnog predajnika dodatno je ograničena maksimalnom dozvoljenom vrednošću  $P_m$ .



Slika 3. Blok šema modela kognitivnog radio-sistema sa primenom TAS/MRC.

Blok šema višeantenskog kognitivnog sistema sa kontrolisanim nivoom interferencije prikazana je na Slici 3. Pretpostavlja se da je sekundarni predajnik (SU-Tx) opremljen sa  $n_T$  antena i da sekundarni prijemnik (SU-Rx) za koherentno kombinovanje sa maksimalnim odnosom koristi svih  $n_R$  antena. Analizira se slučaj kada je primarni prijemnik (PU-Rx) opremljen samo jednom antenom. Osim toga, pretpostavlja se da je potpuna informacija o stanju u kanalu dostupna i sekundarnom predajniku i prijemniku. Sekundarnom korisniku ovu informaciju može dostaviti direktno primarni korisnik ili menadžer opsega [4].

Anvelope fedinga između svake predajne i prijemne antene u sistemu predstavljaju nezavisne i identično raspodeljene slučajne promenljive koje podležu Nakagami- $m$  zakonu raspodele. Funkcija gustine verovatnoće (*Probability Density Function*, PDF) anvelope fedinga u kanalima od svake od  $t$  ( $1 \leq t \leq n_T$ ) predajnih antena do svake od  $r$  ( $1 \leq r \leq n_R$ ) prijemnih antena sekundarnog korisnika data je izrazom

$$f_{h_{r,t}}(h) = \frac{2h^{2m_s-1} e^{-h^2/\lambda_s}}{\lambda_s^{m_s} \Gamma(m_s)}, \quad h \geq 0, \quad (1)$$

odnosno do antene primarnog prijemnika

$$f_{g_t}(g) = \frac{2g^{2m_p-1} e^{-g^2/\lambda_p}}{\lambda_p^{m_p} \Gamma(m_p)}, \quad g \geq 0, \quad (2)$$

gde  $\lambda_s = E\{h_{r,t}^2\}/m_s$  i  $\lambda_p = E\{g_t^2\}/m_p$ , dok  $m_s$  i  $m_p$  predstavljaju parametre fedinga na linku od SU-Tx do SU-Rx i od SU-Tx do PU-Rx, respektivno. U skladu sa jednačinama (1) i (2), izrazi za PDF ekvivalentnih pojačanja snage od predajne antene sekundarnog korisnika do sekundarnog prijemnika i do primarnog prijemnika dati su respektivno sa

$$f_{\alpha_t}(\alpha) = \frac{\alpha^{m_s n_R - 1}}{\lambda_s^{m_s n_R} (m_s n_R - 1)!} e^{-\frac{\alpha}{\lambda_s}}, \quad (3)$$

$$f_{\beta_t}(\beta) = \frac{\beta^{m_p - 1}}{\lambda_p^{m_p} (m_p - 1)!} e^{-\frac{\beta}{\lambda_p}}. \quad (4)$$

U slučaju kada je proizvoljna  $t$ -ta antena selektovana za prenos, emisiona snaga signala određena je sa

$$P_{SU-Tx} = \max \left\{ P_m, \frac{Q_p}{\beta_t} \right\}, \quad (5)$$

pa je odnos snage signala i snage šuma (*Signal to Noise Ratio*, SNR) na izlazu sekundarnog prijemnika jednak

$$\gamma_{t,MRC} = \frac{\alpha_t P_{SU-Tx}}{N_0 B} = \max \left\{ P_m, \frac{Q_p}{\beta_t} \right\} \times \frac{\alpha_t}{N_0 B}, \quad (6)$$

gde je  $N_0$  spektralna gustina srednje snage šuma na ulazu u SU-Rx i  $B$  je širina dostupnog frekvencijskog opsega.

PDF slučajne promenljive  $\gamma_{i,MRC}$  može se dobiti razdvajanjem na dva regiona od interesa

$$\gamma_{i,MRC} = \begin{cases} \frac{P_m}{N_0 B} \times \alpha_i, & \beta_i \leq \frac{Q_p}{P_m}, \\ \frac{Q_p}{N_0 B} \times \frac{\alpha_i}{\beta_i}, & \beta_i > \frac{Q_p}{P_m}, \end{cases} \quad (7)$$

pa se primenom transformacija slučajnih promenljivih dobija konačan izraz za PDF [9]

$$\begin{aligned} f_{\gamma_{i,MRC}}(x) &= \frac{x^{m_S n_R - 1} e^{-\frac{x}{b P_m \lambda_S}}}{(b P_m \lambda_S)^{m_S n_R} (m_S n_R - 1)!} \times \left[ 1 - e^{-c} \sum_{k=0}^{m_P - 1} \frac{c^k}{k!} \right] \\ &+ \frac{x^{m_S n_R - 1} \left( \frac{Q_p}{P_m} \right)^{m_S n_R + m_P}}{(b Q_p \lambda_S)^{m_S n_R} \lambda_p^{m_P}} \times \frac{(m_S n_R + m_P - 1)!}{(m_S n_R - 1)! (m_P - 1)!} \\ &\times \sum_{k=0}^{m_S n_R + m_P - 1} \frac{1}{(m_S n_R + m_P - 1 - k)!} \frac{e^{-(x/d+1)c}}{[(x/d+1)c]^{k+1}} \end{aligned} \quad (8)$$

gde je  $c = Q_p / (\lambda_p P_m)$  i  $d = Q_p / (N_0 B) \times (\lambda_S / \lambda_p)$ .

U slučaju kada je  $n_T=1$ , primenjena tehnika se svodi na MRC i prethodni izraz predstavlja PDF za SNR na izlazu SU-Rx, kao u [9, jedn. (10)] za  $n_T=1$ . S druge strane za  $n_R=1$ , izraz (9) predstavlja PDF za SNR na izlazu sekundarnog prijemnika sa korišćenjem jedne prijemne antene, kada je proizvoljna predajna antena selektovana za prenos signala.

U specijalnom slučaju kada snaga sekundarnog predajnika nije ograničena ( $P_m \rightarrow \infty$ ) izraz za PDF se svodi na [9]

$$f_{\gamma_{i,MRC}}(x) = \frac{(m_S n_R + m_P - 1)!}{(m_S n_R - 1)! (m_P - 1)!} \frac{d^{m_P} \times x^{m_S n_R - 1}}{(x + d)^{m_S n_R + m_P}}. \quad (9)$$

Primena TAS/MRC tehnike podrazumeva da se u svakom trenutku emituje signal sa one antene koja obezbeđuje maksimalan odnos SNR, odnosno

$$\gamma_{TAS/MRC} = \max_{i \in \{1, \dots, n_T\}} \{ \gamma_{i,MRC} \}, \quad (10)$$

pa je PDF slučajne promenljive  $\gamma_{TAS/MRC}$  određen sa

$$f_{\gamma_{TAS/MRC}}(x) = n_T f_{\gamma_{i,MRC}}(x) \left( F_{\gamma_{i,MRC}}(x) \right)^{n_T - 1}, \quad (11)$$

pri čemu  $F_{\gamma_{i,MRC}}(x) = \int_0^x f_{\gamma_{i,MRC}}(u) du$  predstavlja funkciju raspodele za SNR u slučaju kada je za prenos signala selektovana proizvoljna  $t$ -ta antena.

### 3. KAPACITET SEKUNDARNOG LINKA KOGNITIVNOG RADIO SISTEMA

Ergodični kapacitet sekundarnog sistema može se odrediti na osnovu izraza

$$\frac{C}{B} = \int_0^{+\infty} \log(1+x) f_{\gamma_{TAS/MRC}}(x) dx. \quad (12)$$

U opštem slučaju, za proizvoljne vrednosti parametara fedinga  $m_S$  i  $m_P$  i maksimalne snage sekundarnog predajnika  $P_m$ , vrednosti kapaciteta mogu se odrediti putem numeričke integracije u skladu sa izrazima (8)-(12). U specijalnom slučaju kada je  $n_T=1$ , TAS/MRC sistem se svodi na MRC sistem, pa je ergodični kapacitet određen izrazom [9, jedn. (14)] za  $n_T=1$ . U slučaju Rejljevog fedinga ( $m_S=m_P=1$ ), kada maksimalna snaga sekundarnog predajnika nije ograničena ( $P_m \rightarrow \infty$ ) kapacitet je dat izrazom [8, jedn. (12)].

Kao što je već rečeno anvelope fedinga u kanalima od svake od antena sekundarnog predajnika do svake od antena sekundarnog prijemnika i prijemne antene primarnog korisnika predstavljaju međusobno nezavisne Nakagami slučajne promenljive sa parametrima fedinga jednakim  $m_S$  i  $m_P$ , respektivno. Ekvivalentno pojačanje snage na sekundarnom linku, u slučaju kada je proizvoljna  $t$ -ta antena selektovana za prenos ( $1 \leq t \leq n_T$ ), može se predstaviti kao zbir kvadrata nezavisnih Gausovih slučajnih promenljivih srednje vrednosti jednake nuli, u skladu sa izrazom

$$\alpha_t = \sum_{k=1}^{n_R} \sum_{l=1}^{m_S} (c_{k,l}^2 + s_{k,l}^2), \quad 1 \leq t \leq n_T, \quad (13)$$

pri čemu svaki par  $c_{k,l}$  i  $s_{k,l}$  predstavlja komponentu u fazi i kvadraturi kompleksne Gausove slučajne promenljive  $c_{k,l} + j s_{k,l}$  ( $j = \sqrt{-1}$ ) čija amplituda prati Rejljevu raspodelu.

Na sličan način, pojačanje snage u kanalima od proizvoljne  $t$ -te antene ( $1 \leq t \leq n_T$ ) sekundarnog predajnika do antene primarnog prijemnika može se predstaviti kao

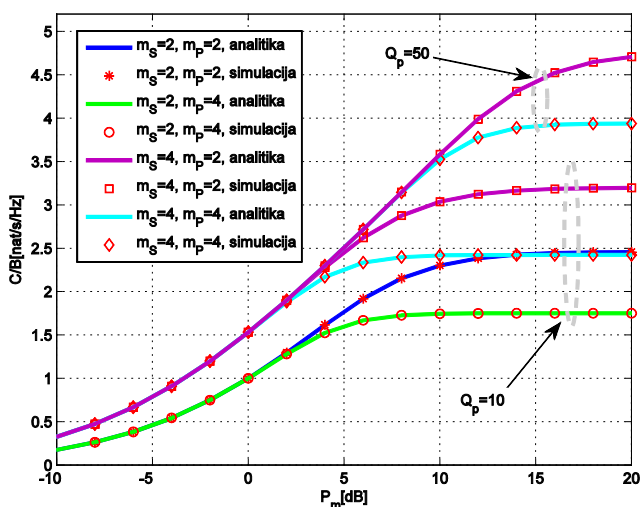
$$\beta_t = \sum_{l=1}^{m_P} (c_{k,l}^2 + s_{k,l}^2), \quad 1 \leq t \leq n_T, \quad (14)$$

Za niz generisanih pojačanja snage  $\alpha_t$  i  $\beta_t$  ( $1 \leq t \leq n_T$ ), u svakom posmatranom trenutku izvršen je odabir antene koja se koristi za prenos signala, a koja omogućava maksimalan SNR na izlazu sekundarnog prijemnika u skladu sa jednačinama (6) i (10). Ergodični kapacitet se procenjuje usrednjavanjem vrednosti koje se dobijaju za razne realizacije kanala. Simulacioni rezultati su prikazani na Slikama 4-8, zajedno sa rezultatima dobijenim numeričkim postupkom. U svim navedenim slučajevima rezultati dobijenih navedenim postupcima su u međusobnoj saglasnosti.

Na Slici 4. prikazane su vrednosti kapaciteta sekundarnog linka sa jednom predajnom i jednom prijemnom antenom za razne vrednosti parametara fedinga  $m_S$  i  $m_P$  ( $\lambda_S = \lambda_P = 1$ ), praga interferencije  $Q_p$  i maksimalne snage sekundarnog predajnika  $P_m$ . Za male vrednosti  $P_m$  vrednost emisione snage sekundarnog predajnika određena je uslovom ograničenja maksimalne snage. Iz tog razloga u ovom regionu na vrednosti kapaciteta utiče samo parametar  $m_S$ , pa je kapacitet jednak za slučajeve  $m_P=2$  i  $m_P=4$ . Može se uočiti da kapacitet raste sa povećanjem parametra  $m_S$  za sve vrednosti  $P_m$  i  $Q_p$ .

Dalje, kapacitet raste sa porastom  $P_m$  do određene vrednosti kada kriva ulazi u zasićeni deo karakteristike, odnosno u tom segmentu kapacitet ne raste sa daljim porastom maksimalne snage sekundarnog predajnika. U ovom regionu, emisiona snaga sekundarnog predajnika određena je uslovom ograničenja snage interferencije na mestu primarnog prijemnika. Može se primetiti da kapacitet raste sa porastom dozvoljenog praga  $Q_p$  za sve vrednosti  $P_m$  i parametara fedinga  $m_S$  i  $m_P$ . Takođe, za manje vrednosti  $Q_p$  kriva ulazi u zasićenje za manje vrednosti  $P_m$ . U ovom delu karakteristike kapacitet raste sa porastom  $m_S$  i smanjenjem  $m_P$  pa se najveće vrednosti u oba slučaja dobijaju za  $m_S=4$  i  $m_P=2$ . Pri tome kriva ulazi u zasićenje za manje  $P_m$  kada je vrednost parametra  $m_P$  veća. U slučaju kada je  $m_S=m_P$  vrednosti kapaciteta su veće kada su parametri fedinga manjih vrednosti, što je u skladu sa zaključkom iz [4].

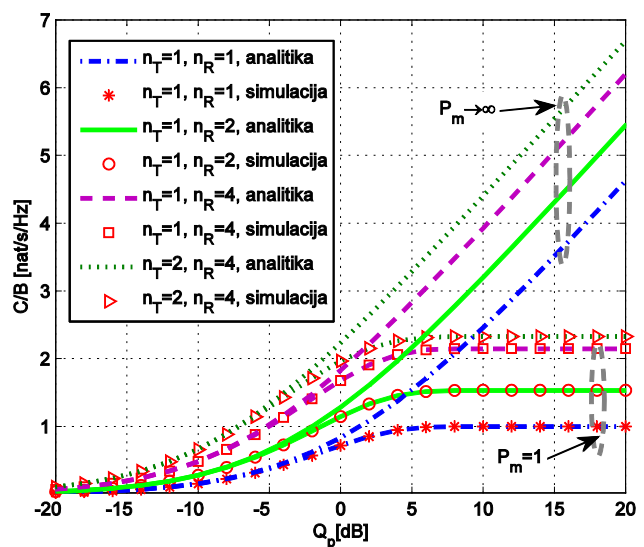
Na Slici 5 prikazana je zavisnost ergodičnog kapaciteta od dozvoljene vrednosti praga interferencije, za slučajeve kada na sekundarnom linku nije primenjen diverziti, kao i kada su primenjeni MRC i TAS/MRC. Rezultati su prikazani za okruženje sa Nakagami fedingom sa  $m_S=m_P=2$  ( $\lambda_S=\lambda_P=1$ ), i slučajeve kada je maksimalna snaga sekundarnog prijemnika ograničena sa  $P_m=1$  i kada ne postoji ograničenje snage ( $P_m \rightarrow \infty$ ).



Slika 4. Zavisnost ergodičnog kapaciteta sekundarnog linka bez primene diverzitija od  $P_m$  Nakagami feding.

Sa slike se može uočiti da je kapacitet sistema sa primenom MRC za  $n_R=2$  i  $n_R=4$  veći u odnosu na sistem bez primene diverzitija. Kapacitet raste sa povećanjem broja korišćenih antena na prijemu za sve dozvoljene vrednosti praga interferencije i maksimalne vrednosti sekundarnog predajnika. Takođe, kapacitet je veći za slučaj primene TAS/MRC sa  $n_T=2$ ,  $n_R=4$  u odnosu na primenu samo prijemnog diverzitija sa  $n_R=4$ , odnosno dodatno korišćenje predajnog diverzitija povećava kapacitet sekundarnog linka. Za male vrednosti praga interferencije emisiona snaga predajnika dominantno je određena uslovom ograničenja interferencije na mestu primarnog prijemnika. Iz tog razloga, vrednosti kapaciteta u oba slučaja ograničenja maksimalne snage sekundarnog predajnika su približno istih vrednosti. Dalje, u slučaju kada je  $P_m$  konačne vrednosti, kapacitet raste sa porastom  $Q_p$  do određene vrednosti kada kriva ulazi u zasićeni deo karakteristike. U ovom regionu, emisiona snaga određena je uslovom ograničenja maksimalne vrednosti sekundarnog predajnika, pa kapacitet dalje ne raste sa daljim porastom dozvoljene vrednosti praga. Kada  $P_m$  nije ograničeno, kapacitet raste sa porastom  $Q_p$  i većih je vrednosti u odnosu na slučaj kada je  $P_m=1$ .

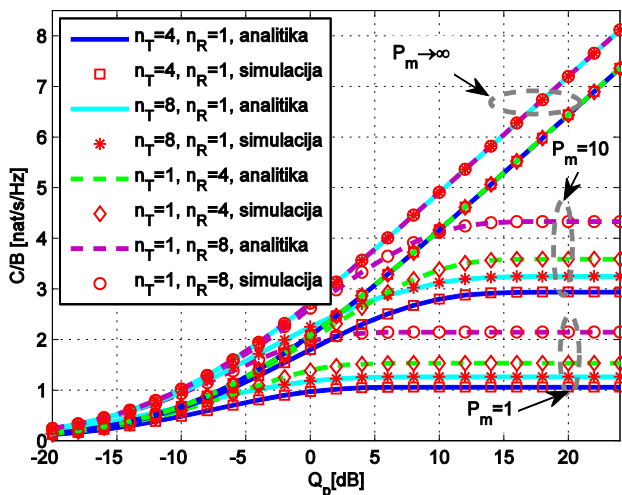
Na Slici 6 prikazano je poređenje kapaciteta, kada su diverziti tehnike primenjene na prijemnoj, odnosno predajnoj strani sekundarnog linka. Analiza je izvršena za propagaciono okruženje sa Rejljevom fedingom, pri čemu se primenjene TAS i MRC tehnike sa jednakim brojem antena na strani primene diverzitija. U slučaju kada maksimalna snaga sekundarnog predajnika nije ograničena, kapacitet sistema sa primenom TAS sa  $n_T=4$  predajne antene jednak je kapacitetu sistema sa primenom prijemnog MRC diverzitija sa  $n_R=4$  antene (isti slučaj je i za TAS sa  $n_T=8$  i MRC sa  $n_R=8$ ). Znači da TAS i MRC postižu iste performanse za jednak broj antena na strani primene diverzitija, što je u skladu sa zaključkom iz [8].



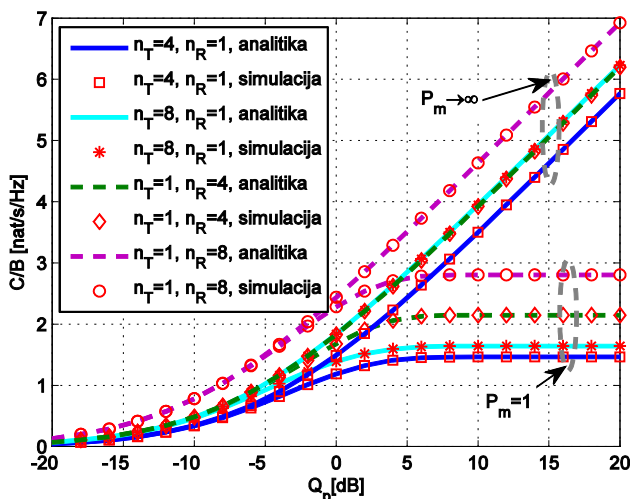
Slika 5. Kapacitet sekundarnog linka sa primenom prijemnog i predajnog diverzitija, Nakagami feding.

S druge strane, kada je maksimalna snaga predajnika ograničena, za male vrednosti praga interferencije kapacitet u slučaju primene TAS i MRC tehnika sa istim brojem diverziti antena je isti i približno jednak kapacitetu u slučaju kada  $P_m \rightarrow \infty$ . Za velike vrednosti  $Q_p$ , emisiona snaga je konstantna i ograničena maksimalnom dozvoljenom vrednošću sekundarnog predajnika. U tom slučaju, za obe vrednosti broja antena, veće vrednosti kapaciteta dobijaju se u slučaju primene MRC tehnike koja podrazumeva primenu diverzitija na strani prijema u odnosu na primenu predajnog TAS diverzitija.

Na Slici 7 prikazano je poređenje vrednosti kapaciteta sekundarnog linka u okruženju sa Nakagami fadingom i parametrima  $m_S=m_P=2$ , kada su primenjene TAS i MRC tehnike prenosa. U ovom slučaju za obe vrednosti maksimalne snage  $P_m$  kapacitet je veći u slučaju primene MRC diverzitija. Može se uočiti da je kapacitet u slučaju kada  $P_m$  nije ograničeno, približno istih vrednosti kada je primenjen TAS sa  $n_R=8$  antena i MRC tehnika sa dvostruko manjim brojem diverziti antena  $n_R=4$ .



Slika 6. Poređenje kapaciteta sekundarnog linka sa primenom TAS i MRC, Rejljev feding.



Slika 7. Poređenje kapaciteta sekundarnog linka sa primenom TAS i MRC, Nakagami feding.

## 4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana analiza poboljšanja kapaciteta primenom višeantenskih tehnika na sekundarnom linku kognitivnog radio sistema sa kontrolisanim nivoom interferencije. Numerički rezultati pokazuju da se u okruženju sa Nakagami fadingom primenom MRC tehnike postižu veće vrednosti u odnosu na TAS, za isti broj antena na strani primene diverzitija. Kombinovano korišćenje diverziti tehnika na predajniku i prijemniku dodatno povećava kapacitet sekundarnog linka.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad je podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, u okviru projekta tehnološkog razvoja TR 32028 "Napredne tehnike efikasnog korišćenja spektra u bežičnim sistemima" i projekta tehnološkog razvoja TR 32037 "Istraživanje i razvoj robusnih sistema za prenos podataka i njihova primena u korporativnim mrežama".

## LITERATURA

- [1] Cisco Visual Networking Index, "Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012–2017," White Paper, dostupan na web stranici: [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white\\_paper\\_c11-520862.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html).
- [2] General Survey of Radio Frequency Bands – 30 MHz to 3 GHz, Version 2.0, dostupno na web stranici: <http://www.sharedspectrum.com/papers/spectrum-reports/>
- [3] A. Goldsmith, S. A. Jafar, I. Maric, S. Srinivasa, "Breaking spectrum gridlock with cognitive radios: An information-theoretic perspective," *Proc. of the IEEE*, vol. 97, no. 5, pp. 894–914, May 2009.
- [4] A. Ghasemi, E. S. Sousa, "Fundamental limits of spectrum-sharing in fading environments," *IEEE Trans. on Wireless Comm.*, vol. 6, no. 2, pp. 649–658, Feb. 2007.
- [5] H. Wang, J. Lee, S. Kim, D. Hong, "Capacity enhancement of secondary links through spatial diversity in spectrum sharing," *IEEE Trans. on Wireless Comm.*, vol. 9, no. 2, pp. 494–499, Feb. 2010.
- [6] D. Li, "Performance analysis of MRC diversity for cognitive radio systems," *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, vol. 61, no. 2, pp. 849–853, Feb. 2012.
- [7] A. H. Y. Kong, "Ergodic and Outage Capacity of Interference Temperature-Limited Cognitive Radio Multi-input multi-output channel," *IET Communications*, vol. 5, no. 5, pp. 652–659, May 2011
- [8] V. Blagojevic, P. Ivanis, "Ergodic capacity for TAS/MRC spectrum sharing cognitive radio," *IEEE Comm. Letters*, vol. 16, no. 3, pp. 321–323, March 2012.
- [9] V. Blagojevic, P. Ivanis, "Ergodic capacity of spectrum sharing systems with OSTBC in Nakagami fading," *IEEE Comm. Letters*, vol. 16, no. 9, pp. 1500–1503, Sept. 2012.

## Statistika drugog reda SC prijemnika sa tri ulaza u prisustvu $\alpha$ - $k$ - $\mu$ fedinga i $\alpha$ - $k$ - $\mu$ međukanalane interference

### Second order statistics of triple SC receiver over $\alpha$ - $k$ - $\mu$ multipath fading in the presence of $\alpha$ - $k$ - $\mu$ co-channel interference

Dusan Stefanovic<sup>1</sup>, Danijel Djosic<sup>2</sup>, Srdjan Maricic<sup>3</sup>, Sinisa Minic<sup>4</sup>, Stanislav Veljkovic<sup>3</sup>, Caslav Stefanovic<sup>2</sup>

*College of Applied Technical Sciences, Nis, Serbia<sup>1</sup>*

*Faculty of Mathematics and Science, Kosovska Mitrovica, Serbia<sup>2</sup>*

*Faculty of Electronic Engineering, Nis, Serbia<sup>3</sup>*

*Faculty of Teachers College in Prizren, Leposavic, Serbia<sup>4</sup>*

**Abstract** – In this paper, wireless mobile communication system with triple branches signal-to-interference (SIR) based, selection combining (SC) diversity operating over independent, identical  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading environment in the presence of co-channel interference subjected to nonlinear  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading is analyzed. The second order performances as average level crossing rate and average fade duration of the proposed system operating in interference limited co-channel environment are evaluated as closed form expressions. The outage probability as the first order performance of wireless communication system is also calculated. Numerical results are presented graphically to show the influence of fading parameters and co-channel interference power on level crossing rate and average fade duration.

#### 1. INTRODUCTION

The short term fading and co-channel interference limit performance and channel capacity of wireless mobile communication systems. The receiver signal experience multipath fading resulting in signal envelope variation. There are more statistical models which can be used to describe signal envelope variation in fading channels. Reyleigh and Nakagami-m distributions can be used to describe signal envelope variation in linear and non line-of-sight multipath fading environment and Rician and  $k$ - $\mu$  distribution can be used to describe signal envelope variation over linear, line-of-sight multipath fading channels. The  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  distribution can be used to describe signal envelope variation in nonlinear, line-of-sight multipath fading environments [7]. The co-channel interference is result of frequency reuse, resulting in system performance degradation, signals from different channels on distant location operating at the same frequency interfere. In interference limited environments as cellular mobile wireless communication systems, the co-channel interference power is sufficiently high compared to thermal noise power so that the thermal noise effects can be negligible in performance analysis. In wireless communication systems, the co-channel interference is affected to multipath fading resulting in fade duration degradation. There are several combining diversity techniques that can be used to reduce fading effects and influence of co-channel interference on system performance [8]. The most popular combining techniques are maximal ratio combining (MRC), equal gain combining (EGC) and selection combining (SC).

The MRC provides the best performance and has the highest implementation complexity. The EGC provides the performance better than SC and enables implementation complexity lower than MRC. The SC is of the least complexity for implementation due to the fact that processing is performed only at one diversity branch. In this paper the level crossing rate and average fade duration of wireless mobile communication systems with SIR based triple branches SC diversity receiver, operating over nonlinear  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  independent line-of-sight multipath fading environments in the presence of co-channel interference subjected to non identical, nonlinear  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading are calculated. Multiple antennas at receiver with SC diversity is used to reduce  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading effects and influence of co-channel interference average level crossing rate and average fade duration of the proposed system. The  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  fading has three parameters. The parameter  $\alpha$  is related to nonlinearity of environment. The parameter  $k$  is ratio of dominant components power and scattering components power. The parameter  $\mu$  is associated to the number of clusters of propagation environment. The  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  is general distribution. Another distributions can be obtained from  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  distribution. By setting for  $\alpha=2$ , the  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  distribution reduces to  $k$ - $\mu$  distribution. For  $k=2$ , the  $\alpha$ - $\mu$  distribution can be derived from  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  distribution and for  $\alpha=2$  and  $\mu=1$  Rician distribution is obtained from  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  distribution [5]. By setting for  $\alpha=2$ ,  $k=0$  and  $\mu=1$  distribution approximates Reyleigh distribution and for  $k=0$  and  $\mu=1$ , the  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  reduces to Weibull distribution and for  $\alpha=2$  and  $k=1$ , the Nakagami-m distribution is obtained from  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  distribution.

In paper [1], the wireless mobile communication systems with dual branches SC receiver operating over independent identical multipath fading environment is considered. For this system average level crossing rate and average fade duration are calculated for the cases when input signal envelopes variation are Reyleigh, Rician and Nakagami-m distribution. In this work, the joint probability density function at the SC receiver output signal envelope is derived for three cases.

In paper [2], the wireless mobile communication systems with dual branches, SIR based SC receiver operating over correlated identical multipath fading environment in the presence of co-channel interference subjected to independent, identical Reyleigh fading. Closed form expression for joint probability density function for SC

receiver output SIR and first derivative of SC receiver output SIR are obtained. This expression is applied for evaluation of the second order statistics as average level crossing rate and average fade duration of the proposed wireless communication systems. In this paper the Rician desired signal envelopes are correlated at antennas due to insufficient antenna spacing which is real scenario of wireless communication systems when diversity technique is applied, resulting in diversity gain degradation.

In paper [3]-[4], the ratio of the product of two random variables and random variables is considered. The product of two random variables can represent desired signal envelope subjected to two multipath fading. The random variables in the denominator of the ratio can represent co-channel interference envelope subjected to multipath fading. For this ratio the average fade duration and average level crossing rate are determined. These results can be used for evaluation of second order statistics of wireless communication systems operating over multipath fading environment in the presence of co-channel interference subjected to multipath fading.

The numerical results are presented graphically to show the influence of  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading parameters on average level crossing rate and average fade duration of considered wireless mobile communication systems. The results obtained in this paper can be used for designing of wireless communication systems operating over  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading environment in the present of co-channel interference which suffer independent multipath fading.

## 2. RATIO OF TWO $\alpha$ - $k$ - $\mu$ RANDOM VARIABLES

In this section the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables are considered. The  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables in nominator at the ratio can represent desired signal envelope and  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables in the denominator of the ratio can represent co-channel interference signal envelope. Therefore, the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables can represent a signal-to-interference ratio of wireless communication systems operating over  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading channels in the presence of co-channel interference subjected to  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  multipath fading. Therefore, the ratio  $z$  of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables  $x_1$  and  $y_1$  is:

$$z = \frac{x_1}{y_1} = \frac{x^{\frac{\alpha}{2}}}{y^{\frac{\alpha}{2}}} \quad (1)$$

where  $x$  and  $y$  are  $k$ - $\mu$  random variables. From (1) is:

$$\frac{\alpha}{z^2} = \frac{x}{y}, \quad x = y \cdot \frac{\alpha}{z^2} \quad (2)$$

The first derivative of the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables is:

$$\dot{z} = \frac{2}{\alpha z^{\frac{\alpha}{2}-1}} \left( \frac{1}{y} \dot{x} - \frac{x \dot{y}}{y^2} \right) \quad (3)$$

The squared  $k$ - $\mu$  random variables  $x$  is:

$$x^2 = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2\mu}^2 \quad (4)$$

where  $x_i, i = 1, 2, \dots, 2\mu$  are independent Gaussian random

variables:

$$P_{x_i}(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta_1} e^{-\frac{(x_i - A_i)^2}{2 \delta_1^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, 2\mu \quad (5)$$

The first derivatives of  $k$ - $\mu$  random variables  $x$  is:

$$\dot{x} = \frac{1}{x} (x_1 \dot{x}_1 + x_2 \dot{x}_2 + \dots + x_{2\mu} \dot{x}_{2\mu}) \quad (6)$$

The squared  $k$ - $\mu$  random variables  $y$  is:

$$y^2 = y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_{2\mu}^2 \quad (7)$$

where  $y_i, j = 1, 2, \dots, 2\mu$  are Gaussian random variables:

$$P_{y_j}(y_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta_2} e^{-\frac{(y_j - A_j)^2}{2 \delta_2^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, 2\mu \quad (8)$$

The first derivatives of  $k$ - $\mu$  random variables  $y$  is:

$$\dot{y} = \frac{1}{y} (y_1 \dot{y}_1 + y_2 \dot{y}_2 + \dots + y_{2\mu} \dot{y}_{2\mu}) \quad (9)$$

After substituting (9) and (6) in (3), the first derivative of the ratio of two random  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variable becomes:

$$\dot{z} = \frac{2}{\alpha z^{\frac{\alpha}{2}-1}} \left( \frac{1}{y x} (x_1 \dot{x}_1 + x_2 \dot{x}_2 + \dots + x_{2\mu} \dot{x}_{2\mu}) - \frac{x}{y^3} (y_1 \dot{y}_1 + y_2 \dot{y}_2 + \dots + y_{2\mu} \dot{y}_{2\mu}) \right) \quad (10)$$

The first derivative of Gaussian random variable is Gaussian random variable. The linear transformation of Gaussian random variables is Gaussian random variable. Therefore, the first derivative of ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variable follows Gaussian distribution. The mean of  $\dot{z}$  is:

$$\bar{\dot{z}} = \frac{2}{\alpha z^{\frac{\alpha}{2}-1}} \left( \frac{1}{y x} (x_1 \bar{\dot{x}}_1 + x_2 \bar{\dot{x}}_2 + \dots + x_{2\mu} \bar{\dot{x}}_{2\mu}) - \frac{x}{y^3} (y_1 \bar{\dot{y}}_1 + y_2 \bar{\dot{y}}_2 + \dots + y_{2\mu} \bar{\dot{y}}_{2\mu}) \right) = 0 \quad (11)$$

Since:

$$\begin{aligned} \bar{\dot{x}}_1 &= \bar{\dot{x}}_2 = \dots = \bar{\dot{x}}_{2\mu} = 0 \\ \bar{\dot{y}}_1 &= \bar{\dot{y}}_2 = \dots = \bar{\dot{y}}_{2\mu} = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Variance of  $\dot{z}$  is:

$$\begin{aligned} \delta_z^2 &= \frac{4}{\alpha^2 z^{\alpha-2}} \left( \frac{1}{x^2 y^2} (x_1^2 \delta_{\dot{x}_1}^2 + x_2^2 \delta_{\dot{x}_2}^2 + \dots + x_{2\mu}^2 \delta_{\dot{x}_{2\mu}}^2) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{x^2}{y^6} (y_1^2 \delta_{\dot{y}_1}^2 + y_2^2 \delta_{\dot{y}_2}^2 + \dots + y_{2\mu}^2 \delta_{\dot{y}_{2\mu}}^2) \right) \end{aligned} \quad (13)$$

where:

$$\begin{aligned} \delta_{\dot{x}_1}^2 &= \delta_{\dot{x}_2}^2 = \dots = \delta_{\dot{x}_{2\mu}}^2 = \pi^2 f_m^2 \delta_x^2 = f_1^2 \text{ and} \\ \delta_{\dot{y}_1}^2 &= \delta_{\dot{y}_2}^2 = \dots = \delta_{\dot{y}_{2\mu}}^2 = \pi^2 f_m^2 \delta_y^2 = f_2^2 \end{aligned} \quad (14)$$

After substituting (14) in (13), the expression variance of  $\dot{z}$  becomes:

$$\begin{aligned} \delta_z^2 &= \frac{4}{\alpha^2 z^{\alpha-2}} \left( \frac{f_1^2}{x^2 y^2} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2\mu}^2) + \frac{x^2 f_2^2}{y^6} (y_1^2 + \right. \\ &\quad \left. + y_2^2 + \dots + y_{2\mu}^2) \right) = \frac{4}{\alpha^2 z^{\alpha-2}} \left( \frac{f_1^2}{x^2 y^2} x^2 + \frac{x^2 f_2^2}{y^6} y^2 \right) = \\ &= \frac{4}{\alpha^2 z^{\alpha-2} y^2} (f_1^2 + z^{\alpha} f_2^2) \end{aligned} \quad (15)$$



The conditional probability density function of the first derivative of ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables is:

$$p_z(\dot{z}/y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{z^{\frac{\alpha}{2}} y^{\frac{\mu+1}{2}}}{2\sqrt{f_1^2 + z^\alpha f_2^2}} \cdot e^{-\frac{\dot{z}^2 \alpha^2 z^{\alpha-2} y^2}{8(f_1^2 + z^\alpha f_2^2)}} \quad (16)$$

The joint probability density function of  $z$ ,  $\dot{z}$  and  $y$  is:

$$p_{z\dot{z}y}(z\dot{z}y) = p_z(\dot{z}/y) \cdot p_{zy}(zy) = p_z(\dot{z}/y)p_y(y)p_z(z/y) \quad (17)$$

The conditional probability density function of  $z$  is:

$$p_z(z/y) = \left| \frac{dx}{dz} \right| p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right)$$

where:

$$\frac{dx}{dz} = \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} \quad (18)$$

After substituting (18) in (17), the expression the joint probability density function for  $z$ ,  $\dot{z}$  and  $y$  becomes:

$$p_{z\dot{z}y}(z\dot{z}y) = \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right) p_y(y) p_z(\dot{z}/y) \quad (19)$$

The joint probability density function of the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables and the first derivative of the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables is:

$$p_{z\dot{z}}(z\dot{z}) = \int_0^\infty dy p_{z\dot{z}y}(z\dot{z}y) = \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} \int_0^\infty dy y p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right) p_y(y) p_z(\dot{z}/y) \quad (20)$$

The level crossing rate of the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables can be calculated as average value of the first derivative of ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables:

$$\begin{aligned} N_z &= \int_0^\infty d\dot{z} z p_{z\dot{z}}(z\dot{z}) \\ &= \int_0^\infty d\dot{z} z \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} \int_0^\infty dy y p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right) p_y(y) p_z(\dot{z}/y) = \\ &= \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} \int_0^\infty dy y p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right) p_y(y) \int_0^\infty d\dot{z} z p_z(\dot{z}/y) = \\ &= \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} \int_0^\infty dy y p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1}\right) p_y(y) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \delta z = \\ &= \frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}-1} \frac{2}{\alpha z^{\frac{\alpha}{2}-1} \sqrt{2\pi}} \sqrt{f_1^2 + z^\alpha f_2^2} \int_0^\infty dy p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right) p_y(y) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{f_1^2 + z^\alpha f_2^2} \int_0^\infty dy p_x\left(\frac{\alpha}{2} y z^{\frac{\alpha}{2}}\right) p_y(y) \end{aligned} \quad (21)$$

The  $k$ - $\mu$  random variables  $x$  and  $y$  follow probability functions:

$$\begin{aligned} P_x(x) &= \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}} x^\mu}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_x^{\mu+1}}} e^{-\frac{\mu(1+k)x^2}{\Omega_x^2}} \cdot I_{\mu-1}\left(\frac{2\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_x} x\right) = \\ &= \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}} x^\mu}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_x^{\mu+1}}} e^{-\frac{\mu(1+k)x^2}{\Omega_x^2}} \cdot \sum_{i_1=1}^\infty \left(\mu \frac{\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_x}\right)^{2i_1+\mu-1} \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} x^{2i_1+\mu-1} \end{aligned}$$

(22)

$$\begin{aligned} P_y(y) &= \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}} y^\mu}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_y^{\mu+1}}} e^{-\frac{\mu(1+k)y^2}{\Omega_y^2}} \cdot I_{\mu-1}\left(\frac{2\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_y} y\right) = \\ &= \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}} y^\mu}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_y^{\mu+1}}} e^{-\frac{\mu(1+k)y^2}{\Omega_y^2}} \cdot \sum_{i_2=1}^\infty \left(\mu \frac{\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_y}\right)^{2i_2+\mu-1} \frac{1}{i_2! \Gamma(i_2+\mu)} y^{2i_2+\mu-1} \end{aligned} \quad (23)$$

After substituting (22) and (23) in (21), the expression for level crossing rate of the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables becomes:

$$\begin{aligned} N_z &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{4\mu^2(k+1)^{\mu+1}}{k^{\mu-1} e^{2\mu k (\Omega_x \Omega_y)^{\mu+1}}} \sqrt{f_1^2 + z^\alpha f_2^2} \cdot \\ &\cdot \sum_{i_1=0}^\infty \left(\frac{\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_x}\right)^{2i_1+\mu-1} \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} z^{\alpha(i_1+\mu-\frac{1}{2})} \\ &\cdot \sum_{i_2=0}^\infty \left(\frac{\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_y}\right)^{2i_2+\mu-1} \frac{1}{i_2! \Gamma(i_2+\mu)} \\ &\frac{1}{2} \left(\frac{\Omega_x^2 \Omega_y^2}{\mu(1+k)(z^\alpha \Omega_y^2 + \Omega_x^2)}\right)^{2\mu+i_1+i_2-1/2} \Gamma(2\mu+i_1+i_2-1/2) \end{aligned} \quad (24)$$

The probability density functions of the ratio of  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables is:

$$\begin{aligned} p_z(z) &= \int_0^\infty dy P_{z/y}(z/y) P_y(y) = \frac{4\mu^2(k+1)^{\mu+1}}{k^{\mu-1} e^{2\mu k (\Omega_x \Omega_y)^{\mu+1}}} \cdot \\ &\cdot \sum_{\lambda_1=0}^\infty \left(\frac{\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_x}\right)^{2i_1+\mu-1} \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} z^{\alpha(i_1+\mu-\frac{1}{2})} \\ &\cdot \sum_{\lambda_2=0}^\infty \left(\frac{\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_y}\right)^{2i_2+\mu-1} \frac{1}{i_2! \Gamma(i_2+\mu)} \\ &\frac{1}{2} \left(\frac{\Omega_x^2 \Omega_y^2}{\mu(1+k)(z^\alpha \Omega_y^2 + \Omega_x^2)}\right)^{2\mu+i_1+i_2} \end{aligned} \quad (25)$$

The cumulative distribution function of the ratio of two  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  random variables is [9]:

$$\begin{aligned}
 F_z(z) &= \int_0^z dt p_z(t) = \\
 &= \frac{4\mu^2(k+1)^{\mu+1}}{k^{\mu-1}e^{2\mu k}(\Omega_x\Omega_y)^{\mu+1}} \cdot \sum_{\lambda_1=0}^{\infty} \left(\frac{\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_x}\right)^{2i_1+\mu-1} \\
 &\cdot \frac{1}{i_1!\Gamma(i_1+\mu)} \sum_{i_2=0}^{\infty} \left(\frac{\mu\sqrt{k(1+k)}}{\Omega_y}\right)^{2i_2+\mu-1} \frac{1}{i_2!\Gamma(i_2+\mu)} \\
 &\cdot \frac{1}{2}\Omega_x^{-2(2\mu+i_1+i_2)} \left(\frac{\Omega_x}{\Omega_y}\right)^{2(\mu+i_1)} B_{z_1}(\mu+i_1, \mu+i_2)
 \end{aligned} \tag{26}$$

where,

$$z_1 = \frac{\Omega_y^2 z^\alpha}{\Omega_x^2 + \Omega_y^2 z^\alpha}$$

### 3. SECOND ORDER PERFORMANCE OF TRIPLE BRANCHES SC DIVERSITY RECEIVER

In this section performance analysis of wireless communication system with SIR based, triple branches SC receiver operating in  $\alpha$ - $k$ - $\mu$  fading environment is considered. Desired signal and co-channel interference are presented at inputs of SC receiver. Desired signal envelopes at inputs of SC receiver are  $x_1, x_2$  and  $x_3$  and co-channel interference envelopes at inputs are  $y_1, y_2$  and  $y_3$ . The SC receiver input SIR-s are:

$$\lambda_1 = \frac{x_1}{y_1}, \lambda_2 = \frac{x_2}{y_2} \text{ and } \lambda_3 = \frac{x_3}{y_3} \tag{27}$$

Joint probability density function of  $\lambda$  and its first derivative is:

$$\begin{aligned}
 p_{\lambda\dot{\lambda}}(\lambda\dot{\lambda}) &= p_{\lambda_1\dot{\lambda}_1}(\lambda\dot{\lambda})F_{\lambda_2}(\lambda)F_{\lambda_3}(\lambda) + p_{\lambda_2\dot{\lambda}_2}(\lambda\dot{\lambda}) \cdot \\
 &\cdot F_{\lambda_1}(\lambda)F_{\lambda_3}(\lambda) + p_{\lambda_3\dot{\lambda}_3}(\lambda\dot{\lambda})F_{\lambda_1}(\lambda)F_{\lambda_2}(\lambda) = \\
 &3p_{\lambda_1\dot{\lambda}_1}(\lambda\dot{\lambda})\left(F_{\lambda_1}(\lambda)\right)^2
 \end{aligned} \tag{28}$$

The average level crossing rate of SC receiver output SIR is:

$$\begin{aligned}
 N_\lambda &= \int_0^\infty d\lambda\dot{\lambda}p_{\lambda\dot{\lambda}}(\lambda\dot{\lambda}) = 3\left(F_{\lambda_1}(\lambda)\right)^2 \int_0^\infty d\lambda\dot{\lambda}p_{\lambda\dot{\lambda}}(\lambda\dot{\lambda}) = \\
 &= 3\left(F_{\lambda_1}(\lambda)\right)^2 N_z(\lambda)
 \end{aligned} \tag{29}$$

The cumulative distribution function of triple selection diversity receiver SIR is:

$$F_\lambda(\lambda) = F_{\lambda_1}(\lambda) * F_{\lambda_2}(\lambda) * F_{\lambda_3}(\lambda) = \left(F_{\lambda_1}(\lambda)\right)^3 \tag{30}$$

The average fade duration is:

$$AFD_\lambda = \frac{p_0}{N} = \frac{F_\lambda(\lambda)}{N_\lambda(\lambda)} = \frac{F_z(\lambda)^3}{3\left(F_{\lambda_1}(\lambda)\right)^2 N_z(\lambda)} = \frac{F_z(\lambda)}{3N_z(\lambda)} \tag{31}$$

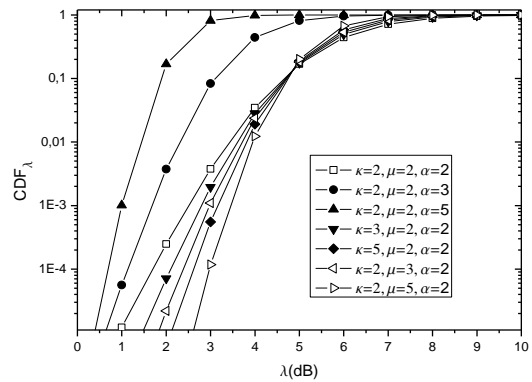


Fig.1. CDF versus output SC SIR for different parameters  $\alpha - k - \mu$  and  $\Omega_1 = 3, \Omega_2 = 1$

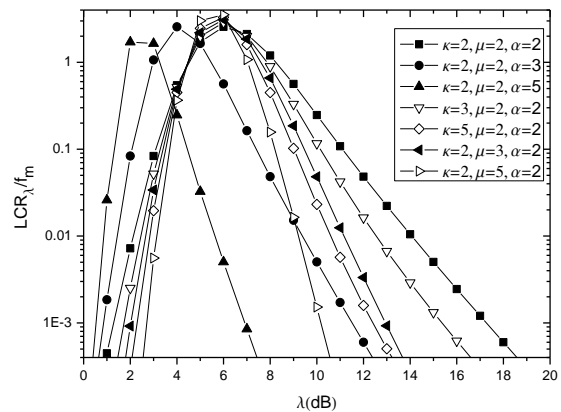


Fig.2. Normalized LCR versus output SC SIR for different parameters  $\alpha - k - \mu$  and  $\Omega_1 = 3, \Omega_2 = 1$

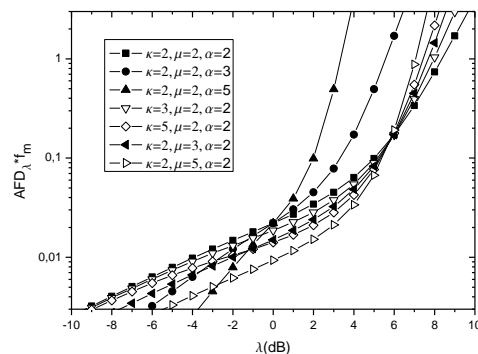


Fig.3. Normalized AFD versus output SC SIR for different parameters  $\alpha - k - \mu$  and  $\Omega_1 = 3, \Omega_2 = 1$

In Fig.1 the cumulative distribution function versus SC receiver output SIR for different  $\alpha - k - \mu$  parameters is graphically presented. The CDF increases as  $\lambda$  increases. As parameter  $k$  increases, the CDF decreases. The cumulative density function increases when parameter  $\alpha$

increases. The parameter  $\alpha$  has more influence on CDF for lower values of parameter  $k$ .

In Fig.2, the average level crossing rate versus SC receiver output SIR for different values of  $\alpha - k - \mu$  multipath fading parameters is shown. Numerical results are presented graphically to show the influence of  $\alpha - k - \mu$  parameters on average level crossing rate. For higher values of SC receiver output SIR, the LCR decreases. The nonlinearity parameter  $\alpha$  has the greatest influence on LCR for lower values of SC receiver output SIR. As parameter  $k$  decreases, LCR increases. The LCR increases when the scattering components power increases and dominant component power decreases. Average level crossing rate is greater for lower values of parameter  $\mu$ .

Finally, in Fig.3, the average fade duration versus SC receiver output SIR for different values of  $\alpha - k - \mu$  parameters is presented. The AFD increases as SC receiver output SIR increases. The SC receiver output SIR has greater influence on AFD for higher values of SC receiver output SIR. The AFD decreases as parameters  $k$  and  $\mu$  decrease. As the nonlinearity parameter increases, AFD increases.

#### 4. CONCLUSION

In this paper, wireless communication system with triple branch, SIR based SC diversity receiver operating over independent non linear  $\alpha-k-\mu$  identical multipath line-of-sight fading environment in the presence of  $\alpha-k-\mu$  co-channel interference is considered. For this system closed form expressions for average level crossing rate and average fade duration are calculated. The probability density function, cumulative distribution function and average level crossing rate of the ratio of two  $\alpha-k-\mu$  random variables are also evaluated. The proposed system is operating over interference limited environment. The SC diversity techniques is used to reduce  $\alpha-k-\mu$  fading effects and co-channel interference influence on average level crossing rate, cumulative distribution function and average fade duration. The  $\alpha-k-\mu$  distribution is general distribution. From this distribution Reyleigh, Rician, Nakagami-q, Nakagami-m, Weibull and  $\alpha-\mu$  distribution can be derived. By sating  $k=0$  and  $\mu=1$  in the expression for average level crossing rate wireless communication system with SIR based, triple branches SC diversity receiver, operating over  $\alpha-k-\mu$  multipath fading environment in the presence  $\alpha-k-\mu$  co-channel interference can be derived the expression for average level crossing rate of wireless communication system with triple branches, SIR based SC diversity receiver operating over Weibull multipath fading environment in the presence of co-channel interference affected to Weibull multipath fading. The numerical results presented in this paper are illustrated graphically to show the influence of fading parameters on average level crossing rate, cumulative distribution function and average fade duration of wireless system. The results obtained in the paper can be used to design wireless communication system in the presence of  $\alpha-k-\mu$  multipath fading and co-channel interference in order to increase, system capacity, upgrade transmission reliability and improve system performance without

decreasing transmission power and bandwidth and decreasing distance among transmitter and receiver.

#### REFERENCES

- [1] Dong X, C. Beaulieu. Average level crossing rate and average fade duration of selection diversity. *IEEE Communication Letters*, 10(5); 396-9; 2001.
- [2] A. Panajotovic, N. Sekulovic, M. Stefanovic, D. Draca, "Average Level Crossing Rate of Dual Selection Diversity over Correlated Unbalanced Nakagami-m Fading Channels in the Presence of Cochannel Interference (Article)", *IEEE COMMUNICATIONS LETTERS*, vol. 16 br. 5, str. 691-693. 2012.
- [3] E. Mekic, N. Sekulovic, M. Bandjur, M. Stefanovic, P. Spalevic, "The distribution of ratio of random variable and product of two random variables and its application in performance analysis of multi-hop relaying communications over fading channels", *PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY*, vol. 88 br. 7A, str. 133-137. 2012.
- [4] E. Mekic, M. Stefanovic, P. Spalevic, N. Sekulovic, A. Stankovic, "Statistical Analysis of Ratio of Random Variables and Its Application in Performance Analysis of Multihop Wireless Transmissions", *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, article ID 841092. 2012.
- [5] A. Matovic, E. Mekic, N. Sekulovic, M. Stefanovic, M. Matovic and C. Stefanovic, "The distribution of the ratio of the products of two independent  $\alpha-\mu$  variates and its application in the performance analysis of relaying communication systems", *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, 2013.
- [6] Yacoub, M. D. The  $k-\mu$  distribution and the  $\eta-\mu$  distribution. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 49, no. 1, pp. 68-81. 2007.
- [7] M. K. Simon, M. S. Alouini, *Digital Communication over Fading Channels*, USA: John Wiley & Sons. 2000.
- [8] J. Proakis, "Digital Communications", 4<sup>th</sup>ed. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [9] I. Gradshteyn, I. Ryzhik. *Tables of Integrals, Series, and products*. Academic Press, New York 1994.

## Određivanje realnijih vrednosti normi za vreme odziva pozvane strane u savremenim telefonskim mrežama

### Determination of more realistic target values of post selection delay in modern telephone networks

Vladimir Matić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov  
IRITEL AD Beograd, Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija

**Sadržaj** - U radu se posmatra telefonska mreža i propisi koji se odnose na norme za vreme odziva pozvane strane, osnovnog pokazatelja brzine uspostavljanja telefonske veze. Pokazuje se da ovaj parametar predstavlja sumu kašnjenja između čvorova mreže i kao takav ima manju disperziju od preporučenih normi u propisima.

**Abstract** - In this paper we present the telephone network and recommendations dealing with the greatest target values of the Post Selection Delay, main indicator of the network service quality. It is shown that it is the sum of the delays between the network nodes and also it has the smaller dispersion than the one, recommended as the greatest in the recommendations.

#### 1. UVOD

Osnovna svojstva bilo koje telefonske mreže, koja opisuju njen kvalitet, su kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u postupku uspostavljanja veze, koji se često naziva stepenom usluge mreže. Dve veličine utiču na stepen usluge: mogućnost tj. verovatnoća uspostavljanja veze i brzina uspostavljanja veze. Tako, dobro opremljene i organizovane telefonske mreže imaju kratko vreme uspostavljanja veze, zanemarljivu vrednost neuspešnih pokušaja uspostavljanja veze i govorni signal na prijemu koji se vrlo malo razlikuje od govornog signala na predaji.

Veza u telefonskoj mreži se uspostavlja nakon biranja željene adrese odredišta, u koracima koji ostvaruju vezu od jednog mrežnog čvora do drugog, od izvora do odredišta. Pozivajući korisnik predaje mreži informaciju o adresi traženog korisnika, a mreža mu daje informacije o stanju uspostavljanja veze i stanju mreže. Izostanak pravovremene informacije od mreže izaziva nedoumicu kod korisnika i on čini radnje koje mogu dovesti do neuspeha u ostvarivanju date veze.

Brzina uspostavljanja veze zavisi od više faktora. Neki od njih su: geografski položaj izvora i odredišta, način prenosa kroz mrežu (analogni, digitalni, paketski), tip signalizacije, saobraćajna opterećenost mrežnih čvorova i prenosnih puteva. Ona se izražava vremenima za koje se obave aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze. Jedan od osnovnih pokazatelja brzine uspostavljanja telefonske veze je vreme koje protekne od završetka biranja adrese (broja) traženog korisnika do odgovora mreže. To vreme se naziva vreme odziva pozvane strane.

Zbog svoje složenosti, proces uspostavljanja veze najduže traje i zbog toga je trajanje pojedinih faza ovog procesa propisano normama, kako za polaznu stranu, tako i za tranzitne mrežne čvorove i dolaznu stranu. Norme tj. dozvoljene najveće vrednosti vremena obavljanja faza u procesu uspostavljanja veze, određuju se međunarodnim propisima, a date su u preporukama ITU-T. Propisane norme se odnose na četiri podslučaja, koji obuhvataju različite uslove saobraćajnog opterećenja i vremena za koje treba da se obavi određena faza uspostavljanja veze.

Za opisivanje uslova saobraćajnog opterećenja mreže se koriste dva referentna opterećenja. Normalno opterećenje (*load A*) pokazuje normalni srednji nivo aktivnosti organa usluge. To je opterećenje sa kojim se oni često sreću i potrebno je da ga savladaju takvim stepenom usluge da korisniku izgleda kao da je usluga idealna. Povećano opterećenje (*load B*) je povećan nivo, iznad normalnih planiranih nivoa aktivnosti organa u mreži. Ono može retko da nastane kao posledica kvarova u mreži ili nekih nepredviđenih događaja koji izazivaju povećanu ponudu. Komunikacioni organi moraju i u ovom slučaju da ponude visok stepen usluge, ali se dozvoljava manja propusnost.

Za oba pomenuta slučaja se posebno propisuju norme, koje se odnose na dve vrednosti vremena za koje treba da se završi neka faza uspostavljanja veze:

1. najveća dozvoljena srednja vrednost vremena i
2. najveća dozvoljena vrednost vremena u kome će bar 95% zahteva biti usluženo.

Za savremene telefonske mreže zasnovane na paketskoj tehnici još nisu definisani propisi odnosno preporuke o ovim vremenima, već se koriste propisi koji važe za prethodnu tehnološku generaciju (ISDN). U ovom radu je predstavljen drugačiji pogled na preporučene norme.

#### 2. SAVREMENE TELEFONSKE MREŽE

Značajna prekretnica u razvoju telekomunikacionih mreža predstavlja pojava i širenje Interneta. Internet, kao svetski sistem umreženih računarskih mreža, koji povezuje ogroman broj računara širom sveta, je transformisao način na koji funkcionišu telekomunikacioni sistemi. Internet je jedan od ljudskih pokušaja da se napravi univerzalna telekomunikaciona mreža. Ovi pokušaji se čine zbog osnovnog razloga: univerzalna mreža je uvek jeftinija od posebnih mreža za posebne usluge. Već odavno je poznato korišćenje telefonske mreže za prenos podataka

(ISDN). U slučaju Interneta se čini obrnuti pokušaj, od mreže koja je prvenstveno namenjena prenosu podataka, pravi se univerzalna mreža ostvarivanjem mogućnosti prenosa govora u realnom vremenu preko Interneta. To je dovelo do razvoja VoIP (*Voice over Internet Protocol*) tehnologije i pojave paketske telefonije. Ova savremena telefonska tehnika koristi Internet kao mrežu, načela, protokole i resurse Interneta za uspostavljanje i raskidanje telefonske veze i prenos telefonskog razgovora u realnom vremenu. Osnovna dobra svojstva Interneta za telefoniju su njegova univerzalnost što znači niska cena, vrlo moćni resursi i globalna rasprostranjenost.

Prenos govora preko klasične javne telefonske mreže još uvek predstavlja najznačajniji servis u današnjim telekomunikacionim mrežama, kako sa aspekta obima saobraćaja tako i sa aspekta ostvarenog profita. Međutim, ubrzano širenje Interneta i razvoj paketskih mreža poslednjih godina uticalo je na porast interesovanja za prenos govora u realnom vremenu preko ovih mreža i danas postoji trend sve veće njihove upotrebe. Razvoj paketske telefonije prvobitno je bio podstaknut niskom cenom poziva na velikim rastojanjima, a kasnije i većom fleksibilnošću servisa koje nude paketske mreže u odnosu na klasične. Ova fleksibilnost nastala je usled povećanja signalizacionih mogućnosti IP telefona i njihove sposobnosti da podrže različite tipove medija. Prenosom govora preko Interneta, Internet provajderi ostvarili su veliku prednost u odnosu na klasične telefonske kompanije u pogledu cene, a korisnik može u svakom trenutku imati uvid u troškove ovakvog prenosa. Pored toga, korisnici nisu limitirani samo na govornu komunikaciju, jer osim prenosa audio signala, oni su u mogućnosti da paralelno šalju i video signal ili podatke.

U paketskoj telefonskoj tehnici se koriste paketizovani signali i primenjuje se princip komutacije paketa. Princip rada relativno je jednostavan: govor se na predaji razbija u pakete i usmerava preko Interneta, da bi se na prijemu ponovo dešifrovao u govorni signal. Osnovno svojstvo i velika prednost paketske telefonske tehnike je činjenica da se organi tj. resursi u paketskim tehnikama zauzimaju samo za vreme trajanja paketa, a posle toga se oslobađaju za druge pakete. Ovo je omogućeno adresama odredišta koje nosi svaki paket, pa ne mora postojati posvećenost resursa datoj vezi. Resursi postaju upotrebljivi za sve paketske telefonske veze i sve paketske tehnike, pa je na taj način iskorišćenost resursa postala veća, a cena korišćenja resursa niža.

Da bi se mogao vršiti prenos govora preko mreže sa komutacijom paketa, neophodno je od govornog signala u analognom obliku formirati pakete govornog signala. Postupak koji to omogućava sastoji se od nekoliko koraka. Prvo se vrši digitalizacija govornog signala. Zatim se digitalnim filtriranjem vrši obrada, a onda i njegova kompresija, u cilju smanjenja protoka i uštede propusnog opsega. Nakon toga se delovi govornog signala (odsecci) smeštaju u nezavisnu jedinicu za prenos, paket. Ovaj postupak se naziva paketizacija govornog signala. Svaki odsečak se sastoji od više digitalizovanih odbiraka govornog signala. Paketi mogu nositi kraće ili duže

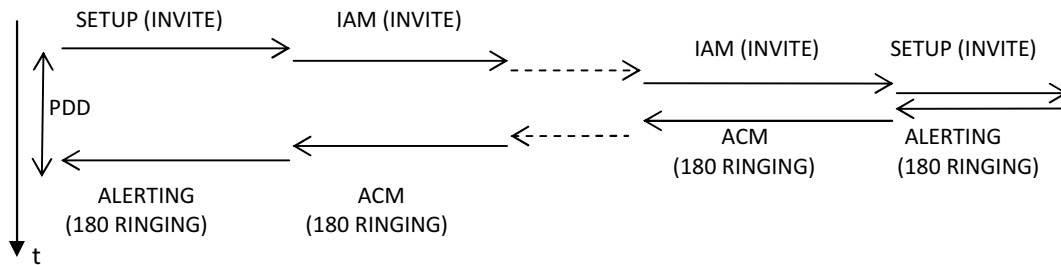
odsečke govora. Kraći odsecci povećavaju protok, ali daju bolji kvalitet govornog signala na prijemu. Ovako formirani paketi govornog signala šalju se preko Interneta kao bilo koji drugi paketi podataka. Ruteri na osnovu adresa koje određuju mesto ulaska i izlaska iz IP mreže prosleđuju paket do odredišta. U poslednjoj fazi se na prijemu obavlja inverzni proces. Nakon ekstrakcije rama govornog signala iz paketa vrši se dekompresija signala i njegova konverzija u analogni oblik.

Dok VoIP označava način prenosa govornog signala putem korišćenja grupe protokola Interneta, paketska telefonija predstavlja složen sistem integracije VoIP i klasične telefonske mreže. U cilju postizanja masovnije komunikacije preko Interneta, neophodno je na neki način omogućiti priključenje javnih telefonskih centrala na njega, da bi usluge paketske telefonije postale dostupne i korisnicima sa klasičnim telefonskim aparatima. Drugim rečima, potrebno je ostvariti konverziju govornog signala sa javne telefonske mreže u IP pakete i obrnuto. Za tu namenu postavlja se poseban uređaj koji se naziva pretvarač (*gateway*). On govorne signale sa javne klasične telefonske centrale, po opisanom algoritmu, konvertuje u IP pakete i šalje na njihovo odredište putem Interneta. Obrnuto, IP pakete govora koji stižu do njega pretvarač raspakuje i konvertuje u govorne signale, a zatim ih prosleđuje do aparata korisnika kome je poziv upućen.

Suštinska razlika kod razmatranja brzine uspostavljanja veze u klasičnim i paketskim telefonskim mrežama je sledeća. U klasičnoj telefonskoj mreži nedostatak resursa izaziva nemogućnost uspostavljanja veze odnosno gubitke ili čekanje na ostvarivanje veze, a po uspostavljanju veze saobraćajna svojstva korisnika i resursa ne mogu uticati na kvalitet govornog signala. Sa druge strane, u paketskoj mreži praktično ne postoje gubici poziva zbog nedostatka resursa. Ukoliko su resursi mreže preopterećeni, povećava se kašnjenje paketa, što dovodi do smanjenja kvaliteta govornog signala na prijemu. To znači da nedostatak resursa u klasičnoj mreži izaziva manji broj veza od željenog, ali su veze dobrog kvaliteta, dok u paketskoj mreži nedostatak resursa izaziva pad kvaliteta veza, ali se sve veze ostvaruju.

### 3. VREME ODZIVA POZVANE STRANE

Osnovni činilac brzine uspostavljanja veze je vreme odgovora ili odziva pozvane strane. Ono se u stručnoj literaturi naziva *Post Dialing Delay - PDD*, *Post Selection Delay - PSD* ili *Call Setup Delay - CSD*. PDD se u svim vrstama mreža definiše kao vremenski interval od izbora poslednjeg adresnog parametra (cifre) traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora traženog korisnika (signal kontrole poziva - *ringing tone*, signal preusmeravanja poziva, signal zauzetosti - *busy tone*). U pojedinim mrežama PDD označava vremenski interval između konkretnih signalnih poruka (od poruke *SETUP* do poruke *ALERTING* u tehnici ISDN) ili metoda (od upita *INVITE* do odgovora *180 RINGING* u paketskoj mreži sa SIP signalizacijom). Ovaj vremenski interval je prikazan na slici 1.



Slika 1. Definisiranje vremenskog intervala PDD

PDD je najznačajniji pokazatelj brzine ostvarenja veze i sa gledišta tehnike, jer je ova faza najsloženija i sa gledišta korisnika, jer u njoj korisnik očekuje pozitivan odgovor tj. sklon je odustajanju od pokušaja pozivanja.

Tehnički, PDD predstavlja interval vremena u kojem se obavlja najveći deo operacija u procesu uspostave veze: određuje se vrsta poziva (lokalni, odlazni, dolazni), određuje se put (ili putevi) upućivanja, vrši se analiza adrese, razmenjuje se signalizacija, vrši se prevođenje signalizacije, čeka se potvrda o uspešnom slanju u svakom mrežnom čvoru do određene centrale, utvrđuje se postojanje i status traženog korisnika, šalje se odgovor ka izvorišnoj centrali. Odgovor mreže može biti pozitivan (traženi korisnik je dostupan i šalje mu se pozivni signal) ili negativan (nema resursa u mreži, ne postoji traženi korisnik ili nije dostupan). Vreme odziva pozvane strane zavisi od nekoliko činilaca, od kojih su najvažniji:

- vrsta veze,
- broj čvorova kroz koje prolazi veza,
- vrsta i način signalizacije,
- opterećenje mreže odnosno mrežnih čvorova,
- način obrade signalnih poruka u čvorovima.

Istovremeno, korisnik vremenski interval do odziva pozvane strane oseća kao interval u kome treba da se pokaže da je telefonska mreža ispravna. Što je interval PDD duži, korisnik više veruje u nefunkcionalnost mreže. Usled toga verovatnoća odustajanja od poziva raste, a time i verovatnoća ponovljenog poziva. Ovo je posebno izraženo u klasičnim telefonskim mrežama, u kojima nema nikakve povratne zvučne informacije između biranja adrese i slanja odgovora, tako da preterano kašnjenje može navesti pozivajućeg korisnika da pomisli da „nešto nije u redu“ i da odustane od poziva. Paketska telefonija u ovom pogledu ima prednost, jer se tokom uspostavljanja veze mogu obezbediti dodatni povratni zvučni signali, koji ukazuju na napredak u procesu slanja adrese ili neke druge akcije od strane mreže.

Signalizacione performanse paketske telefonske mreže moraju biti uporedive sa onima u klasičnoj mreži kako bi se omogućio zajednički rad oba sistema u mešovitoj mreži i korisnici uopšte prihvatili servise paketske telefonije. U referenci [1] je izložen predlog o utvrđivanju granica za najveće dozvoljene vrednosti vremena pojedinih faza uspostavljanja veze u paketskoj telefoniji. Izvršeno je poređenje signalizacionih performansi u klasičnim i paketskim mrežama pomoću parametra PDD, pri čemu su razmatrani različiti scenariji uspostavljanja poziva, koji se razlikuju po broju komponenti sistema uključenih u

proces. Na bazi prethodno definisanih vremena odgovora odnosno kašnjenja za svaku od korišćenih komandi pri uspostavljanju poziva, proračunata su vremena PDD za svaki od scenarija. Poređenjem rezultata dobijenih za paketsku mrežu sa onima za odgovarajuće slučajeve u klasičnoj mreži, zaključeno je da su dobijene vrednosti uporedljive, osim u scenariju kada su pozivajući i traženi korisnik povezani na istu centralu. Međutim, i u tom slučaju je razlika u vrednostima PDD-a manja od 1 s.

#### 4. PROPISANE NORME ZA PDD

Kao što je uobičajeno za sve parametre stepena usluge mreže, tako su i za PDD propisane norme tj. preporučene najveće vrednosti, kako bi se ostvarila dobra usluga korisnika. Normama se određuju: najduže srednje vreme za PDD ( $t_m$ ) i najduže vreme PDD u kome će se za 95% veza dobiti odgovor pozvane strane ( $t_{95}$ ). Definišu se za lokalne, tranzitne i međunarodne veze. Ove norme se u matematičkoj formi mogu izraziti na sledeći način:

$$t_m \leq t_{mmax} \quad (1),$$

$$P(T > t_{95}) \leq 0.05 \quad (2),$$

gde vreme  $T$  predstavlja interval PDD, njegova srednja vrednost je  $t_m$ , a  $P(T > t)$  je verovatnoća da je ovaj interval duži od vrednosti  $t$ . Ponuđeni saobraćaj mora biti određen na taj način da oba kriterijuma budu zadovoljena.

U klasičnim telefonskim mrežama, norme za vremena obavljanja pojedinih faza u procesu uspostavljanja veze, koje se odnose na brzinu rada mreže, su objavljene u ITU-T preporuci E.721 [2]. Norme koje se odnose na brzinu rada centrala objavljene su u ITU-T preporukama Q.543 [3] i Q.725 [4], za slučaj primene signalizacije CCS7.

Preporuka E.721 daje parametre koji opisuju stepen usluge telefonske mreže za servise zasnovane na komutaciji kola u ISDN-u, kao i njihove preporučene najveće vrednosti. Uspostavljanje i realizovanje poziva u ISDN-u za sve servise zasnovane na komutaciji kola preko B-kanala (govor, podaci, slika) koristi protokole signalizacije CCS7. Jedan od razmatranih parametara je i PDD. On je posebno definisan za načine slanja adresnih signala, „sa preklapanjem“ i „svi zajedno“. U slučaju slanja „sa preklapanjem“ PDD se definiše kao vremenski interval od trenutka kada pozivajući terminal prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *INFORMATION*, koja sadrži poslednju cifru, do trenutka kada pozivajući terminal primi poslednji bit prve poruke koja označava karakter poziva (poruka *ALERTING* u

slučaju uspešnog poziva). U slučaju slanja „svi zajedno” PDD se definiše kao vremenski interval od trenutka kada pozivajući terminal prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *SETUP*, koja sadrži sve cifre, do trenutka kada pozivajući terminal primi poslednji bit prve poruke, koja označava karakter poziva (poruka *ALERTING* u slučaju uspešnog poziva).

U preporuci [2] se navodi da su za tip slanja „svi zajedno” i u uslovima normalnog saobraćajnog opterećenja  $t_m \leq 3$  s, 5 s i 8 s, a  $t_{95} \leq 6$  s, 8 s i 11 s za lokalne, tranzitne i međunarodne veze (respektivno). U uslovima povećanog opterećenja su  $t_m \leq 4.5$  s, 7.5 s i 12 s, a  $t_{95} \leq 9$  s, 12 s i 16.5 s za lokalne, tranzitne i međunarodne veze. Može se zapaziti da su odnosi najvećih preporučenih vrednosti  $t_{95}$  i  $t_m$ ,  $t_{95}/t_m = 2$  (lokalne veze),  $t_{95}/t_m = 1.6$  (tranzitne veze) i  $t_{95}/t_m = 1.375$  (međunarodne veze) i podjednaki su za oba referentna opterećenja.

Najduže srednje vreme prenosa poruke između dve mrežne tačke tj. za aktivnosti jedne deonice i jednog čvora mreže se može označiti sa  $t_{m1}$ , a najduže vreme za koje se prenese 95 % poruka na jednoj deonici tj. za koje će se aktivnost obaviti na jednoj deonici u slučaju 95% veza sa  $t_{95-1}$ . Preporuka Q.543 [3] daje projektovane ciljane karakteristike za digitalne lokalne tranzitne i međunarodne centrale u ISDN mrežama, koje se odnose na njihove tehničke mogućnosti odnosno norme za vremena  $t_{m1}$  i  $t_{95-1}$  karakterističnih parametara. Tako, propisano najduže dozvoljeno srednje vreme  $t_{m1}$  je 600 ms (normalno opterećenje) odnosno 800 ms (povećano opterećenje). Najduže propisano vreme  $t_{95-1}$  iznosi 800 ms (normalno opterećenje) odnosno 1200 ms (povećano opterećenje). U ovom slučaju se odnos  $t_{95-1}$  i  $t_{m1}$  kreće u intervalu  $1.25 \leq t_{95-1}/t_{m1} \leq 1.33$  (normalno opterećenje) i  $1.33 \leq t_{95-1}/t_{m1} \leq 1.66$  (povećano opterećenje).

Preporuka Q.725 daje zahteve telefonske primene sistema signalizacije CCS7. U cilju primene ove preporuke, uveden je parametar vreme prenosa  $T_{cu}$ . On je definisan kao period koji počinje kada poslednji bit signalizacione jedinice napusti dolaznu vezu signalizacionih podataka, a završava se kada poslednji bit signalizacione jedinice dođe do odlazne veze signalizacionih podataka po prvi put. U preporuci [4] se za signalizacione CCS7 poruke pri normalnom saobraćajnom opterećenju i složenim porukama propisuje da najduže srednje vreme  $T_{cu}$  iznosi 180 ms, a najduže vreme za koje će 95% signala biti prosleđeno je 360 ms. U uslovima povećanog opterećenja najduže srednje vreme  $T_{cu}$  je 450 ms, a najduže vreme za koje će 95% signala biti prosleđeno je 900 ms. Može se primetiti da je ovde odnos  $t_{95-1}/t_{m1} = 2$ .

U paketskoj telefonskoj mreži se takođe moraju poštovati

standardi koji propisuju brzinu uspostavljanja veze. Ovi standardi bi trebalo da propišu najveći broj mrežnih tačaka kroz koje veza može da prođe i najduže vremenske intervale za koje se neke operacije moraju obaviti. Osnovni uzrok relativno sporog procesa uspostavljanja veze u savremenim paketskim mrežama je taj što se on odvija isključivo po principu „deonica po deonica” tj. od čvora do čvora.

Telefonska mreža zasnovana na paketskoj tehnici ne sme imati lošija svojstva u pogledu brzine uspostavljanja veze od klasičnih mreža. Za savremene paketske telefonske mreže još nisu definisane norme, već se koriste propisi koji važe za prethodnu tehnološku generaciju (ISDN).

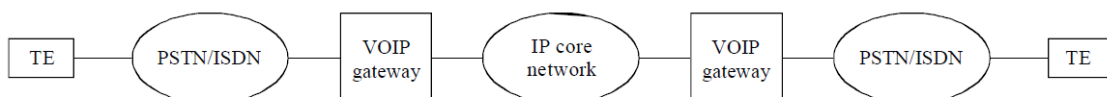
Jedini parametar za koji postoje norme je PDD, koje su objavljene u preporuci E.671. U njoj je predloženo najduže dozvoljeno vreme PDD u slučaju kada je deo klasične mreže (PSTN/ISDN) zamenjen paketskom mrežom zasnovanom na IP protokolu. Kada se paketska IP telefonska mreža koristi da zameni deo PSTN/ISDN mreže sa komutacijom kola, korisnici očekuju uporedive vrednosti vremena odziva pozvane strane sa onima koja se javljaju u slučaju kompletne klasične mreže. Shodno tome, u preporuci su provizorno specificirane najveće vrednosti parametra, a za njegove preciznije vrednosti su neophodna dodatna istraživanja.

Preporuka [5] razmatra tip referentne veze PSTN/ISDN - PSTN/ISDN preko IP magistralne mreže, koja je prikazana na slici 2. IP magistralna mreža je okosnica mreže koja obezbeđuje pokrivanje velikih oblasti i međupovezivanje domena. VoIP pretvarač (*gateway*) je odgovoran za translaciju i obradu poziva između klasične PSTN/ISDN i IP delova mreže.

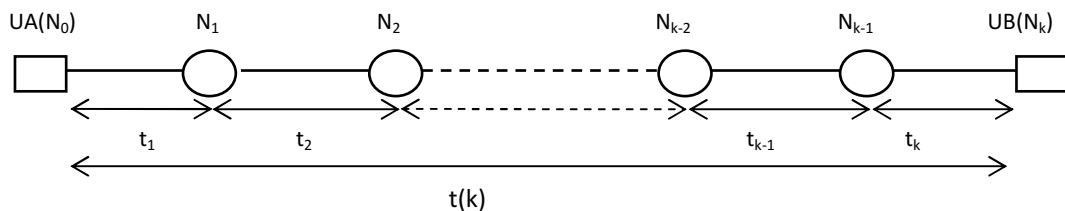
Za ovu referentnu vezu postoje 3 slučaja za koje se definišu posebni standardi IP dela mreže:

1. IP mreža je nacionalna mreža i zamenjuje nacionalnu PSTN/ISDN mrežu u vezama velike razdaljine,
2. IP mreža je međunarodna mreža i zamenjuje međunarodni deo međunarodne veze (u ovom slučaju PSTN/ISDN mreža može biti zamenjena IP mrežom na jednom od krajeva, polaznom ili odredišnom ili ni na jednom od njih),
3. IP mreža je mreža od kraja do kraja i zamenjuje i nacionalni i međunarodni deo međunarodne veze.

Za svaki od ovih slučajeva preporučene su najveće dozvoljene vrednosti vremena. Pri tome su propisane norme za prvi slučaj ekvivalentne normama iz preporuke E.721. za tranzitne veze u ISDN mreži, a za drugi slučaj su one ekvivalentne normama iz preporuke E.721. za međunarodne veze. Norme za treći slučaj nisu propisane, već su provizorne i zahtevaju dodatna ispitivanja.



Slika 2. Povezivanje klasičnih mreža preko IP mreže



značenje oznaka: UA - user A (pozivajući korisnik), UB - user B (traženi korisnik)

Slika 3. Uspostavljanje veze u telefonskoj mreži

## 5. PDD KAO SLUČAJNA VELIČINA

Na slici 3. je prikazan način uspostavljanja jedne veze u telefonskoj mreži. Put veze se sastoji od  $k$  deonica. Interval PDD se može predstaviti sumom  $2k$  intervala vremena. Ovi intervali se odnose na jedan mrežni čvor i prenos informacije do sledećeg mrežnog čvora. Oni postoje i za prenos od pozivajućeg ka traženom korisniku i u suprotnom smeru. Operacije koje obavlja jedan čvor i jedan prenosni put (tj. jedna deonica) u literaturi se nazivaju segmenti poziva (*subcall* ili *call segment*) [1].

Da bi se parametar PDD mogao odrediti, on se mora predstaviti kao slučajna veličina. Dužina trajanja vremena prosleđivanja adresne informacije na deonici  $i$  tj. između čvorova  $N_{i-1}$  i  $N_i$  je označeno sa  $t_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ). Vreme  $t_i$  je slučajna veličina koja zavisi od vrste operacija koje se izvode u datom mrežnom čvoru i na prenosnom putu. Te operacije obuhvataju procesiranje signalne poruke i njeno prosleđivanje po prenosnom putu ka sledećem mrežnom čvoru. U nekim čvorovima postoji i potreba za obraćanje bazi. Sve slučajne veličine  $t_i$  međusobno su nezavisne.

Matematički gledano, PDD je zbir vremenskih intervala koji su potrebni da se prenesu poruke između susednih mrežnih čvorova, a dužinom cele veze tj. zbir vremenskih intervala u kome se obavljaju svi segmenti poziva. Vreme PDD se menja saglasno stanju mreže i zavisi od saobraćajnog opterećenja mrežnih čvorova i prenosnih puteva. Jasno je da, usled slučajnosti saobraćajnog procesa, i PDD predstavlja slučajnu veličinu koja ima svoju (nepoznatu) raspodelu verovatnoća trajanja. Gustina raspodele verovatnoća trajanja vremena prosleđivanja adresne informacije na deonici  $i$ ,  $f(t_i)$ , nije poznata. Njena srednja vrednost se može označiti sa  $\mu_i$ , a disperzija sa  $\sigma_i^2$ . Za svaku slučajnu veličinu  $t_i$  postoji i vrednost  $t_{95i}$ , takva da važi:

$$\int_0^{t_{95i}} f(t_i) dt_i \geq 0.95 \quad (3).$$

Posmatra se slučajna promenljivu  $t(k)$  kojom se može predstaviti vreme PDD. Ova veličina je očigledno suma komponenata odnosno međusobno nezavisnih slučajnih veličina  $t_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, k$ ). Gustina raspodele verovatnoća slučajne veličine  $t(k)$  se može označiti sa  $f_k(t)$ , njena srednja vrednost je  $\mu(k)$ , a varijansa (disperzija) je  $\sigma^2(k)$ . Isto kao i za vreme  $t_i$ , za slučajnu veličinu  $t(k)$  postoji vrednost  $t(k)_{95}$ , takva da važi:

$$\int_0^{t(k)_{95}} f_k(t) dt \geq 0.95 \quad (4).$$

Poznato je da se srednja vrednost i varijansa sume nezavisnih slučajnih određuju na osnovu izraza:

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k \mu_i \quad (5),$$

$$\sigma^2(k) = \sum_{i=1}^k \sigma_i^2 \quad (6).$$

Ukoliko nezavisne slučajne veličine  $t_i$  imaju još i istu raspodelu verovatnoća tada važi:  $\mu_i = \mu$ ,  $\sigma_i^2 = \sigma^2$  i  $t_{95i} = t_{95}$ , pa je na osnovu toga:

$$\mu(k) = k \cdot \mu \quad (7),$$

$$\sigma^2(k) = k \cdot \sigma^2 \quad (8).$$

Merilo disperzije neke slučajne veličine oko njene srednje vrednosti predstavlja koeficijent varijacije (CV). On se definiše kao odnos standardne devijacije i srednje vrednosti  $\sigma/\mu$ . Na osnovu toga, koeficijent varijacije slučajne veličine  $t_i$  se određuje na osnovu izraza:

$$CV(1) = \sigma / \mu \quad (9).$$

Slično, koeficijent varijacije slučajne veličine  $t(k)$  se određuje kao:

$$CV(k) = \sigma(k) / \mu(k) \quad (10).$$

Zamenjujući izraze (7) i (8) u prethodni izraz, dobija se:

$$CV(k) = (\sqrt{k} \cdot \sigma) / (k \cdot \mu) < \sigma / \mu = CV(1), k > 1 \quad (11).$$

Kao što je i očekivano, slučajna veličina koja predstavlja zbir slučajnih veličina ima manju relativnu varijaciju. Polazeći od činjenice da je za bilo koju raspodelu vreme  $t_{95}$  proporcionalno standardnoj devijaciji ( $t_{95} \sim \sigma$ ), može se zaključiti da je i odnos vremena  $t_{95}/t_m$  manji za slučajnu veličinu koja predstavlja zbir slučajnih veličina :

$$(t(k)_{95} / \mu(k)) < (t_{95} / \mu) \quad (12).$$

Izraz (12) se može protumačiti na sledeći način. Relativna varijacija vremena PDD, kao suma komponenata, manja je od relativnih varijacija pojedinih komponenata. Kao posledica toga, najveće srednje vreme PDD dato u preporuci E.721 [2] predstavlja strožiji kriterijum od najveće varijacije vremena PDD, izražene kroz vreme potrebno da 95% poziva dobije odgovor mreže ( $t(k)_{95}$ ). To znači da, ako se zadovolji kriterijum srednjeg vremena, biće zadovoljen i kriterijum  $t_{95}$ , ali obrnuto ne važi. Da bi se kriterijumi ujednačili, vreme potrebno da 95% poziva dobije odgovor mreže treba smanjiti na realnije vrednosti, manje od onih u preporuci E.721.

Prethodno objašnjenje će biti očiglednije iz sledećeg primera. Raspodela verovatnoća koja najviše zadovoljava



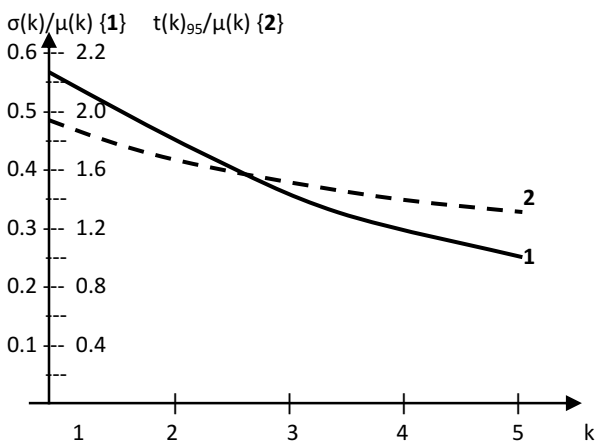
odnos  $1.375 \leq t_{95-1}/t_{m1} \leq 2$ , koji se pretpostavlja za vreme prosleđivanja adresne informacije između dva čvora tj. na jednoj deonici, je uniformna raspodela čija je gustina:

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1/t_{max} & 0 \leq t \leq t_{max} \\ 0 & t_{max} < t \end{cases} \quad (13).$$

Uniformna raspodela ima sledeće parametre:

- $\mu = t_{max} / 2$ ,
- $\sigma = t_{max} / 12^{0.5}$ ,
- $t_{95} = 0.95 \cdot t_{max}$ ,
- $t_{95} / t_m = t_{95} / \mu = 1.9$ .

Slučajna veličina  $t(k)$  koja predstavlja zbir  $k$  slučajnih veličina (13) se može izraziti pomoću Irwin-Hallove raspodele, stavljanjem  $t_{max} = 1$  u (13). Na slici 4. je za ovu raspodelu prikazana promena koeficijenta varijacije  $CV(k) = \sigma(k) / \mu(k)$  i odnosa  $t(k)_{95} / \mu(k)$  sa promenom broja deonica koje se koriste u procesu uspostavljanja veze. Sa datog grafika se vidi da se povećanjem broja komponenata PDD-a smanjuje relativna varijacija sume, a isto važi i za odnos  $t(k)_{95} / \mu(k)$ . Treba napomenuti da broj komponenata ( $k$ ) obuhvata broj deonica kada se poruke šalju unapred i unazad, tako da je on znatno veći od onog na slici 4.



Slika 4. Zavisnost odnosa  $\sigma(k) / \mu(k)$  i  $t(k)_{95} / \mu(k)$  od broja deonica

PDD predstavlja sumu svih kašnjenja u prenosu signalizacionih informacija kroz mrežu od pozivajućeg ka traženom korisniku i obrnuto. Svi intervali kašnjenja su slučajne veličine. Zbog toga je relativna varijacija PDD-a manja od relativnih varijacija njegovih pojedinih komponenata. To znači da se najveće dozvoljeno srednje vreme iz preporuke [1] javlja kao stroži kriterijum od varijacije vremena PDD, izražene kroz vreme potrebno da 95% poziva dobije odgovor mreže. U cilju ujednačenja kriterijuma, vreme potrebno da 95% poziva dobije odgovor mreže bi trebalo smanjiti na realnije vrednosti. Pored toga, odnos  $t(k)_{95} / \mu(k)$  za ukupni PDD na svim deonicama (ceo prenosni put), mora biti manji nego odnos

$t_{95-1} / t_{m1}$  za jednu deonicu, dat u preporuci [3] i [4]. Na osnovu sprovedene analize, predlaže se da odnos  $t_{95} / t_m$  za ukupni PDD umesto vrednosti 2 (lokalne veze), 1.6 (tranzitne veze) i 1.375 (međuna-rodne veze) iz preporuke [2] bude 1.6, 1.3 i 1.2 respektivno, za lokalne, tranzitne i međunarodne veze.

## 6. ZAKLJUČAK

Između telefonskih mreža starije i nove generacije postoje dvojake razlike. Prva je da se prosleđivanje adresne informacije, osnovne veličine koja utiče na vreme PDD, u mrežama nove generacije uvek vrši po principu „deonica po deonica“. Druga razlika je u načinu slanja adresne informacije iz mrežnih čvorova. U mrežama starijih tehnologija često je svaki informacioni kanal imao i svoj signalizacioni kanal, pa je signalizaciona informacija mogla da se šalje bez čekanja. U novim mrežama se koriste zajednički resursi pa se i u vremenu najvećeg opterećenja informacije prosleđuju uvek sa čekanjem.

Pomenute razlike utiču na to da se u novim mrežama prosleđivanje adresne informacije (unapred) i odgovora na nju (unazad) vrši u relativno velikom broju faza. Kako je ukupno vreme odgovora slučajna veličina, koja predstavlja zbir slučajnih veličina vremena usluživanja pojedinih faza, uslovi koji se odnose na vreme PDD mogu se postaviti na drugi način. Naime, srednja vrednost vremena odgovora se može vezati za kapacitet pojedinih resursa, pa se ova norma može zadržati ista kao što je bila u propisima za mreže starije generacije. Za normu koja se odnosi na najveće dozvoljeno vreme za obradu bar 95% veza, mogu se uzeti manje vrednosti, pošto ona zavisi od varijanse vremena odgovora. Obzirom da ovo vreme predstavlja zbir više komponenti, odstupanje vremena odziva pozvane strane od srednje vrednosti u mrežama novih generacija je znatno manje od onog u mrežama starijih tehnologija. Ovaj zaključak je formulisan u predlogu za izmenu postojećih normi za nove mreže.

## LITERATURA

- [1] H. Lin et al.: VoIP Signaling Performance Requirements and Expectations, Internet draft, IETF, October 1999.
- [2] ITU-T: Network grade of service parameters and target values for circuit-switched services in the evolving ISDN, Recommendation E.721, May 1999.
- [3] ITU-T: Digital exchange performance design objectives, Recommendation Q.543, March 1993.
- [4] ITU-T: Signaling System No7 - signaling performance in the telephone application, Recommendation Q.725, March 1993.
- [5] ITU-T: Post-selection delay in PSTN/ISDN networks using Internet telephony for a portion of the connection, Recommendation E.671, March 2000.

## ISPITIVANJE UTICAJA DIFERENCIRANJA SERVISA NA PRENOS AUDIOVIZUELNIH SIGNALA PREKO WDM MREŽE

### INVESTIGATING THE IMPACT OF SERVICE DIFFERENTIATION TO THE AUDIO/VIDEO SIGNAL TRANSMISSION OVER WDM NETWORK

Danka Pevac<sup>1</sup>, Miroslav Pevac<sup>2</sup>

*Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije, Beograd<sup>1</sup>  
Banka Poštanska štedionica, A.D., Beograd<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu se modeliranjem optičke WDM (Wavelength Division Multiplexing) mreže ispituje uticaj uvođenja diferenciranja servisa na kvalitet multimedijalnih servisa u realnom vremenu. Razvijen je simulacioni model optičke WDM mreže i generatora audiovizuelnog saobraćaja kojem je dodeljena klasa višeg prioriteta. Rezultati simulacije ukazuju na doprinos kvalitetu prenosa i reprodukcije audiovizuelnih sadržaja kod krajnjih korisnika, kada se multimedijalnim servisima dodeli viši prioritet.

**Abstract** - In this paper we investigated the impact of service differentiation implementation to the quality of real-time multimedial services, by modeling optical WDM (Wavelength Division Multiplexing) network. It has been developed the simulation model of optical WDM network and audio/video traffic generator. The multimedia traffic has been assigned the higher priority class. The obtained simulation results indicate that the implementation of the service differentiation contributes to the better quality of transmission and reproduction of audio/video content at the end user media player.

#### 1. UVOD

Poslednjih godina, multimedijalni servisi postaju sve popularniji među korisnicima Interneta. Savremeni multimedijalni servisi u realnom vremenu, zahtevaju veliku širinu propusnog opsega kako bi se ostvario zadovoljavajući kvalitet reprodukcije prenetih audiovizuelnih sadržaja kod krajnjih korisnika.

Savremena tehnologija koja omogućava multipleksiranje optičkih signala koji se prenose po jednom vlaknu, korišćenjem različitih talasnih dužina – WDM (Wavelength Division Multiplexing), obezbeđuje protoke reda veličine Gb/s po kanalu, koji mogu zadovoljiti zahteve multimedijalnih aplikacija, [1].

U radu se ispituju mogućnosti primene optičkih WDM mreža u prenosu audiovizuelnih sadržaja. Razvijen je model optičke WDM mreže koji simulira rad mreže sa audiovizuelnim saobraćajem. Modeliranje ima za cilj estimaciju primarnih mera performansi WDM mreže i evaluaciju kvaliteta reprodukcije multimedijalnih sadržaja.

Paradigma optičke komutacije kojom se postiže efikasno iskorišćenje propusnog opsega u transmisionoj WDM tehnologiji je optička komutacija brsta – OBS (Optical Burst Switching), [2]. Brst sa podacima je promenljive dužine i obuhvata više IP paketa koji se prenose kroz OBS čvorove WDM mreže u potpuno optičkom domenu. Zaglavlje brsta se u vidu upravljačkog paketa šalje pre brsta, odvojenim kanalom, sa ciljem da se obezbedi konfigurisanje optičkih komutacionih polja u tranzitnim OBS čvorovima i zauzmu transmisioni kanali tj. talasne dužine na putanji do odredišnog čvora.

U radu je korišćena šema signalizacije – JET (Just-Enough-Time) poznata iz [3], prema kojoj se proces rezervacije odvija u jednom smeru, na taj način što se zaglavlje brsta šalje zasebnim kanalom pre slanja brsta. Podaci brsta, smešteni u baferu ivičnog čvora, šalju se posle offset vremena, u toku kojeg je uspostavljena putanja za prenos. Po isteku offset vremena brst se šalje i prolazi u potpuno optičkom domenu kroz WDM mrežu sa OBS čvorovima, [4].

Mnogi rezultati istraživanja su pokazali da audiovizuelni saobraćaj na Internetu ima karakteristike self-similar procesa, tako da je za njegovo modeliranje korišćena Pareto raspodela sa parametrima realnog saobraćaja.

U modelu je implementirana tehnika diferenciranja servisa koja formiranjem klasa servisa, multimedijalnim servisima pruža veći prioritet i doprinosi njihovom kvalitetu – QoS (Quality of Service).

Razvijen je simulacioni model optičke WDM mreže sa OBS čvorovima i Pareto generatorom multimedijalnog saobraćaja u kojem je primenjena tehnika diferenciranja servisa u dve klase a zatim je tehnikom simulacije izvršena procena primarnih mera performansi mreže i kvaliteta prenosa i reprodukcije multimedijalnih sadržaja kod krajnjih korisnika.

#### 2. ANALIZA KARAKTERISTIKA AUDIOVIZUELNOG SAOBRAĆAJA

Analizirajući audiovizuelni saobraćaj na Internetu, autori su u svojim radovima [5] dokazali, da se on ponaša kao stohastički self-similar proces, čija je osnovna odlika da je invarijantan na promene skale vremenske ose.

Mrežni saobraćaj koji ima karakteristike stohastičkog self-similar procesa može se generisati multipleksiranjem saobraćaja koji potiče iz više izvora, ON i OFF perioda. Dužine ON i OFF perioda podležu Pareto raspodeli. U kontekstu mreža sa paketskom komutacijom ON periodi odgovaraju povorci paketa, dok su OFF periodi pauze između njih.

Za dobijanje sekvence ON perioda, može se koristiti komplementarna funkcija Pareto raspodele. Minimalna dužina povorke paketa je 1 paket i ako se komplementarna funkcija Pareto raspodele označi sa:

$$U = 1 - F(x) = \left(\frac{b}{x}\right)^\alpha, \quad (1)$$

gde je  $U$  uniformno raspodeljena vrednost u opsegu (0,1], dobija se formula za generisanje promenljive Pareto raspodele:

$$X_{\text{PARETO}} = \frac{b}{U^{1/\alpha}}. \quad (2)$$

Relacija između  $\alpha$  i  $H$  (Hurst) parametra koji za self-similar procese ima vrednosti  $0,5 \leq H \leq 1$ , je:

$$H = \frac{3 - \alpha}{2}. \quad (3)$$

Pošto proces generisanja self-similar saobraćaja podrazumeva da i dužine OFF perioda, podležu Pareto raspodeli parametar  $b_{\text{OFF}}$  se može odrediti ako je poznata srednja vrednost saobraćaja koju izvor generiše.

Saobraćajno opterećenje koje generiše jedan izvor  $i$  može se iskazati količnikom srednje vrednosti ON perioda i zbira srednjih vrednosti ON i OFF perioda:

$$L_i = \frac{\overline{ON}_i}{\overline{ON}_i + \overline{OFF}_i}. \quad (4)$$

S obzirom da računar generiše male i velike vrednosti koje su konačne, vrednosti Pareto promenljive dobijene iz izraza (2) ponašaju se prema pseudo-Pareto raspodeli.

Ako se sa  $S$  označi najmanja vrednost različita od nule, koju u računaru generiše uniformni generator, tada generisana vrednost promenljive prema pseudo-Pareto raspodeli neće premašiti vrednost  $q$ , datu sledećim izrazom:

$$q = \frac{b}{S^{1/\alpha}}. \quad (5)$$

Srednja vrednost pseudo-Pareto raspodele se dobija preko odsečene funkcije gustine verovatnoće  $f_T$ :

$$\int_b^q f_T(x) dx = 1 \Rightarrow f_T(x) = \frac{f(x)}{\int_b^q f(x) dx} = \frac{\alpha b^\alpha}{x^{\alpha+1}} \times \frac{1}{1 - \left(\frac{b}{q}\right)^\alpha}, \quad (6)$$

odakle se dobija srednja vrednost slučajne promenljive:

$$E(X) = \int_b^q x f_T(x) dx = \frac{\alpha b}{\alpha - 1} \times \frac{1 - S^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}{1 - S}. \quad (7)$$

Kada su zadate vrednosti parametra  $b_{\text{ON}} = 1$  i vrednosti  $\alpha_{\text{ON}}$  i  $\alpha_{\text{OFF}}$  u opsegu (1, 2), a pod pretpostavkom da svi izvori generišu podjednako srednje saobraćajno opterećenje  $L_i$  na osnovu formule (7) može se preko srednje vrednosti OFF perioda, izraziti minimalna vrednost Pareto raspodele OFF perioda  $b_{\text{OFF}}$ :

$$b_{\text{OFF}} = b_{\text{ON}} \times \frac{\alpha_{\text{ON}}}{\alpha_{\text{OFF}}} \times \frac{\alpha_{\text{OFF}} - 1}{\alpha_{\text{ON}} - 1} \times \frac{1 - S^{\frac{\alpha_{\text{ON}} - 1}{\alpha_{\text{ON}}}}}{1 - S^{\frac{\alpha_{\text{OFF}} - 1}{\alpha_{\text{OFF}}}}} \times \left(\frac{1}{L_i} - 1\right). \quad (8)$$

Izraz (2) se primenjuje za proračun dužine ON i OFF perioda.  $X_{\text{ON}}$  izražava broj IP paketa u jednom ON periodu, dok  $X_{\text{OFF}}$  izražava dužinu OFF perioda u kojem nema IP paketa. Do ovih vrednosti se dolazi poznavanjem determinisanih parametara:  $\alpha_{\text{ON}}$ ,  $\alpha_{\text{OFF}}$ ,  $b_{\text{ON}}$  i  $b_{\text{OFF}}$ .

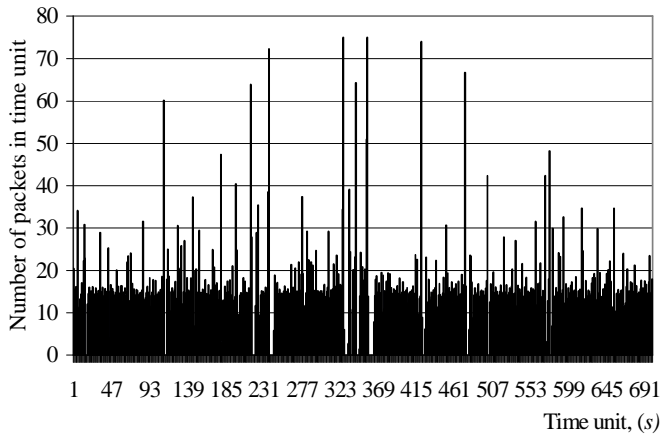
### 3. SIMULACIONI MODEL GENERATORA AUDIOVIZUELNOG SAOBRAĆAJA

Simulacioni model generatora audiovizuelnog saobraćaja razvijen je primenom objektno orijentisanog softverskog alata Delsi for Delfi 4.0, [6].

Simuliran je agregatni saobraćaj iz više audiovizuelnih individualnih izvora. Svaki izvor generiše ON i OFF periode prema Pareto funkciji raspodele.

U modelu generatora, saobraćaj je multipleksiran iz  $n = 5$  individualnih izvora sa različitim vrednostima parametara  $\alpha_{\text{ON}}$ ,  $\alpha_{\text{OFF}}$ ,  $b_{\text{OFF}}$  i  $b_{\text{ON}} = 1$ , dužinom paketa  $D = 1250$  B = 10 kb, vremenom propagacije kroz optičko vlakno  $t_s = D/C = 1 \mu\text{s}$  i kapacitetom linka  $C = 10$  Gb/s.

Na slici 1. je prikazana povorka paketa generisana iz ON/OFF izvora. Dve metode crtanja: varijansa-vreme i R/S (Rescaled Adjusted Range) grafik, su korišćene za verifikaciju self-similarosti povorke paketa, odnosno za proveru da li je Hurst parametar u opsegu  $0,5 \leq H \leq 1$ .



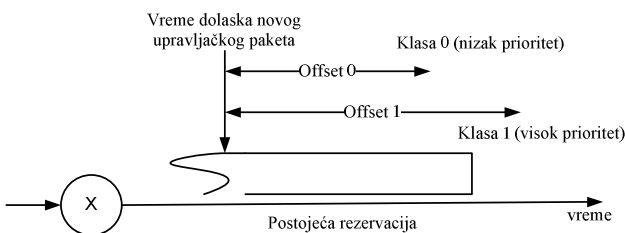
Slika 1. Simulirani audiovizuelni tok iz  $n = 5$  ON/OFF izvora

#### 4. ŠEMA DIFERENCIRANJA KLASA SERVISA

Jedan od postupaka kojima se može obezbediti traženi kvalitet servisa – QoS (Quality of Service) na Internetu je diferenciranje servisa i formiranje klasa, tako da se svakoj klasi može garantovati traženi nivo kvaliteta servisa, [7].

Osnovna ideja je da se klasi 1 dodaje ekstra offset vreme, pa se rezervacija talasne dužine na izlaznom vlaknu, za brst višeg prioriteta, može izvesti znatno unapred u odnosu na rezervaciju za brst nižeg prioriteta, što mu daje veću šansu za uspeh.

Slika 2. pokazuje da duže offset vreme omogućava da upravljački paket za brst više klase 1, uspe u pravljenu rezervacije talasne dužine, jer se ona obavlja znatno unapred u odnosu na brst nižeg prioriteta.



Slika 2. Efekat offset vremena na gubitak brsta

JET protokol rezervacije je unapređen u pJET (priority-JET) da podrži klase prioriteta. Protokol pJET raspoređuje brstove u dve klase, tako da klasa 0 predstavlja klasu servisa najboljeg pokušaja (*best effort*) za aplikacije koje ne generišu saobraćaj u realnom vremenu (E-mail i FTP), dok se klasa 1 dodeljuje servisima višeg prioriteta za aplikacije osetljive na kašnjenje, kao što su multimedijalne aplikacije u realnom vremenu.

Osnovna ideja pJET protokola je da se ekstra offset vreme dodeli svakom brstu klase 1, pre slanja brsta, a brstu klase 0 samo osnovno offset vreme  $T$ .

Upravljački paketi se i dalje tretiraju isto, obrađuju se prema redosledu prvi stigao prvi uslužen FCFS (First

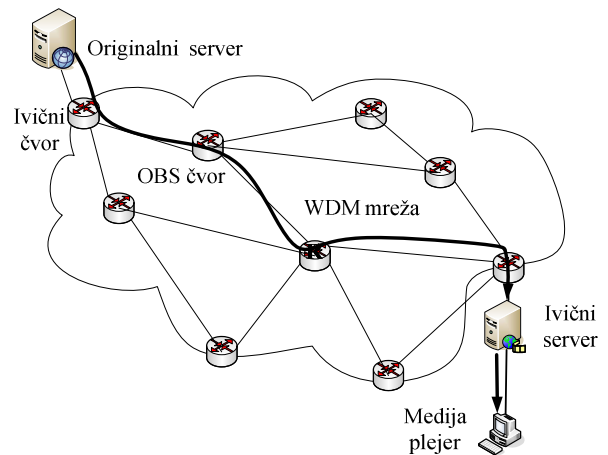
Come First Served). Time se omogućava da se unapred izvrši rezervacija opsega za određeno vreme, za brst klase 1, što pruža brstu te klase znatno veću šansu za uspeh nego brstu klase 0.

#### 5. SIMULACIJA OPTIČKE WDM MREŽE

Simulacioni model optičke WDM mreže sa OBS čvorovima, Pareto generatorom saobraćaja i dve klase prioriteta – razvijen je radi estimacije performansi mreže i evaluacije kvaliteta prenosa audiovizuelnog saobraćaja preko nje.

Estimacijom srednje vrednosti verovatnoće gubitka brsta i srednjeg vremena kašnjenja, procenjena je opravdanost primene WDM mreže sa OBS čvorovima i diferenciranja servisa u procesu prenosa multimedijalnih sadržaja.

Audiovizuelni sadržaji se prenose iz ulaznog ivičnog čvora do izlaznog ivičnog čvora, koji je lociran bliže krajnjim korisnicima multimedijalnog servisa. Na taj način optička WDM mreža predstavlja transportnu infrastrukturu u distribuciji multimedijalnih sadržaja, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Primer protoka multimedijalnih sadržaja kroz optičku WDM mrežu

U razvoju simulacionog modela WDM mreže, sa 5 ivičnih i 4 OBS čvora, implementirana je šema diferenciranja klasa uvođenjem dve klase; viši prioritet – klasa 1, je dodeljen multimedijalnim aplikacijama i saobraćaju koji one generišu.

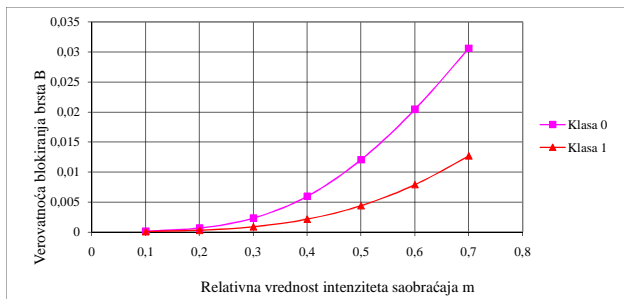
U modelu su definisani sledeći ulazni podaci:

- 4 ivična čvora, u kojima se generiše saobraćaj identičnog intenziteta  $a_1$  – klase 1 i  $a_2$  – klase 0;
- 5 OBS čvorova,
- ukupni broj talasnih dužina izlaznog linka  $W=64$ ;
- ekstra offset  $=2 \cdot \text{offset}$  - za klasu 1;
- srednje vreme procesiranja upravljačkog paketa u OBS čvoru je  $\delta=2.5\mu\text{s}$ ;
- elementi saobraćajne matrice faktora interesovanja imaju identične vrednosti.

## 6. REZULTATI SIMULACIJE

Na slici 4. su prikazane dve krive srednje vrednosti verovatnoće blokiranja brsta za slučaj dve klase servisa; klase 1 kojoj pripadaju brstovi multimedijalnih aplikacija u realnom vremenu i klase 0 kojoj pripadaju brstovi koji potiču od aplikacija najboljeg pokušaja (FTP, E-mail).

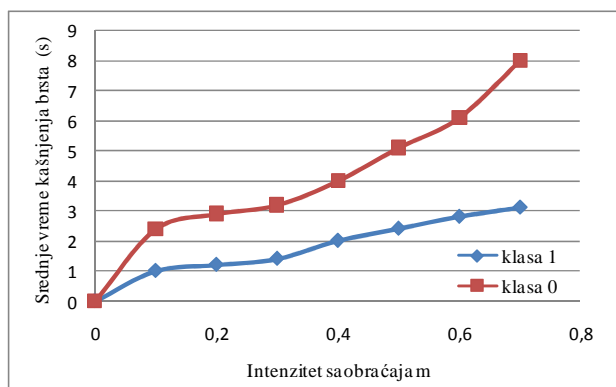
Poređenjem dve krive sa slike 4, može se zaključiti da ukupna verovatnoća blokiranja  $B_1$  u slučaju klase 1 raste sa porastom intenziteta ukupnog saobraćaja, što se dešava i sa verovatnoćom blokiranja  $B_2$  klase 0, pri čemu kada se uporede vrednosti  $B_1$  i  $B_2$  vidi se da su vrednosti verovatnoće blokiranja  $B_1$  znatno niže tako da se može zaključiti da implementacija šeme diferenciranja servisa na klase prioriteta značajno doprinosi smanjenju verovatnoće blokiranja multimedijalnih brstova u optičkoj WDM mreži.



Slika 4. Verovatnoća blokiranja brsta  $B_1$  i  $B_2$

Tokom izvršavanja simulacionog eksperimenta prikuplja se i statistika za estimaciju srednje vrednosti ukupnog kašnjenja brsta u mreži, po klasama. Dobijeni rezultati, prikazani na slici 5. predstavljaju srednje vrednosti kašnjenja za klase 1 i 0 u funkciji intenziteta saobraćaja.

Sa slike 5. se vidi da su srednje vrednosti kašnjenja, dobijene simulacijom, bez obzira na intenzitet ukupnog saobraćaja, niže za klasu 1 dodeljenu multimedijalnim aplikacijama, i kreću se u opsegu od 1s do 3s, iz čega se može zaključiti da su prenos i reprodukcija audiovizuelnih sadržaja kod krajnjih korisnika visokog kvaliteta.



Slika 5. Srednje vreme kašnjenja brsta u optičkoj WDM mreži

## 7. STATISTIČKA ANALIZA REZULTATA SIMULACIJE

Rezultati modeliranja simulacijom, koji predstavljaju estimaciju mera performansi OBS mreže, su srednja vrednost verovatnoće blokiranja  $B_1$  i  $B_2$  saobraćajnih klasa 1 i 0; kao i srednja vrednost vremena kašnjenja brsta u klasama 1 i 0. Statističkom analizom numeričkih rezultata simulacije mogu se dobiti intervali poverenja sa unapred zadatim nivoom poverenja u kojima se nalaze tačne vrednosti mera performansi koje se vrednuju, kao u [8].

Pretpostavlja se da prilikom izvođenja  $n$  replikacija, povorke slučajno generisanih brojeva nisu u korelaciji i tada je estimacija srednje vrednosti parametra  $L$  jednaka:

$$\hat{L} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n}, \quad (9)$$

a estimacija varijanse od  $\hat{L}$  je:

$$s_L^2 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \hat{L})^2}{n-1}. \quad (10)$$

Za estimaciju intervala poverenja od  $L$  može se primeniti centralna granična teorema i za mali broj replikacija  $n$  ( $< 30$ ), kao što je ovde slučaj, važi:

$$\hat{L} \pm t_{\alpha} s_L, \quad (11)$$

gde je  $(1-\alpha)$  nivo poverenja, a  $t_{\alpha}$  odgovarajuća vrednost konstante iz *Student*-ove  $t$  raspodele.

Primenom izraza (9) estimirane su srednje vrednosti  $\hat{B}_1$  i  $\hat{B}_2$  a primenom obrasca (10) dobijene su estimacije varijansi od  $\hat{B}_1$  i  $\hat{B}_2$ , respektivno. Statistička analiza rezultata simulacije, izvršena je za slučaj kada je ukupan broj talasnih dužina optičkog linka  $W = 64$ .

Evaluacija estimirane srednje vrednosti verovatnoća blokiranja  $B_1$  i  $B_2$  u klasama 1 i 0, izvršena je intervalskom ocenom. Procena intervala poverenja verovatnoće blokiranja, za zadati nivo poverenja  $(1-\alpha)$  dobijena je primenom obrasca (11) i prikazana je u tabeli 1.

Vrednost  $t_{\alpha}$  preuzeta iz tabele konstanti za *Student*-ovu  $t$  raspodelu. Za slučaj  $n = 3$  replikacije i  $\alpha = 0,05$ , vrednost konstante je  $t_{\alpha} = 2,353$ . Za teorijske vrednosti verovatnoće blokiranja za klase 1 i 0, može se tvrditi da se sa verovatnoćom 0,95 nalaze u intervalima poverenja koji su dati u tabeli 1.

Širina intervala poverenja ukazuje da procenjene srednje vrednosti ukupne verovatnoće blokiranja brsta klase 1 i verovatnoće blokiranja brsta klase 0 odstupaju od teorijskih vrednosti za  $10^{-6}$  do  $10^{-5}$ , na osnovu čega se može zaključiti da se tačne srednje vrednosti verovatnoća blokiranja, nalaze u veoma uskim granicama intervala poverenja.

Tabela 1: Estimacija verovatnoća blokiranja  $B_1$  i  $B_2$ 

m	Klasa 1 $\hat{B}_1$	Interval poverenja $\pm\Delta$ za $B_1$	Klasa 0 $\hat{B}_2$	Interval poverenja $\pm\Delta$ za $B_2$
0.1	0.00007	$\pm 3.529 \cdot 10^{-5}$	0.00031	$\pm 7.460 \cdot 10^{-6}$
0.2	0.00053	$\pm 2.823 \cdot 10^{-5}$	0.00128	$\pm 8.371 \cdot 10^{-6}$
0.3	0.00110	$\pm 4.941 \cdot 10^{-5}$	0.00272	$\pm 9.221 \cdot 10^{-6}$
0.4	0.00257	$\pm 5.532 \cdot 10^{-5}$	0.00582	$\pm 1.181 \cdot 10^{-5}$
0.5	0.00452	$\pm 5.906 \cdot 10^{-5}$	0.01372	$\pm 2.140 \cdot 10^{-5}$
0.6	0.00711	$\pm 6.635 \cdot 10^{-5}$	0.02204	$\pm 2.466 \cdot 10^{-5}$
0.7	0.01520	$\pm 2.114 \cdot 10^{-5}$	0.03129	$\pm 1.982 \cdot 10^{-5}$

## 8. ZAKLJUČAK

U radu je tehnikom simulacije izvršeno modeliranje optičke WDM mreže u kojoj je metoda diferenciranja servisa implementirana sa ciljem da se multimedijalnim servisima u realnom vremenu obezbedi traženi kvalitet.

Rezultati dobijeni simulacijom ukazuju na poboljšanje primarnih mera performansi i kvaliteta reprodukcije multimedijalnih sadržaja kod krajnjih korisnika, kada se šema diferenciranja klasa primeni.

Neophodno je nastaviti istraživanja u ovoj oblasti distribucije audiovizuelnih sadržaja radi pronalazjenja

boljih rešenja, s obzirom na sve veću popularnost multimedijalnih servisa u realnom vremenu.

## LITERATURA

- [1] Ito Y. „A New Paradigm in Optical Communications and Networks“, IEEE Communications Magazine, Vol. 51, No. 3, pp 24-26, 2013.
- [2] Chen Y., Qiao C. And Yu X., „Optical Burst Switching (OBS): A New Area in Optical Networking Research“, Network, May/June 2004.
- [3] Myers A. and Bayvel P., “Performance of the Just-Enough-Time (JET) Scheme for Optical Burst Switching”, Proceedings of London Communications Symposium (LCS2001), pp. 163-166, September 2001.
- [4] Xia T., Gringeri S. And Tonizawa M., „High-Capacity Optical Transport Networks“, IEEE Communications Magazine, Vol. 50, No.1, pp 170-177, 2012.
- [5] Park K. and Willinger W., Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation, John Wiley & Sons, New York, 2000.
- [6] Holushko H. „Delsi for Delfi“, Software Simulation Tool, Ukraina, 2002.
- [7] Yoo M., Qiao C. and Dixit S., “Optical Burst Switching for Service Differentiation in the Next-Generation Optical Internet”, IEEE Communications Magazine, February 2001.
- [8] Gross D. and Harris C., Fundamentals of Queueing Theory, John Wiley & Sons, New York, 1974.

# MERENJE ZAUZETOSTI RADIO-FREKVENCIJSKOG SPEKTRA KORIŠĆENJEM USRP PLATFORME

## Radio Spectrum Occupancy Measurement by the use of USRP SDR platform

Miljko Erić<sup>1</sup>, Desimir Vučić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Elektrotehnički fakultet, Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra br. 73, [miljko.eric@etf.rs](mailto:miljko.eric@etf.rs)

<sup>2</sup>Računarski fakultet, Beograd, Knez Mihailova 6/VI, [dvucic@raf.edu.rs](mailto:dvucic@raf.edu.rs)

**Sadržaj**—U radu su prikazani su neki rezultati merenja zauzetosti radio frekvencijskog spektra na jednoj lokaciji u Beogradu. Opisani su merna oprema i merni postupak i data je analiza dobijenih rezultata. Metod detekcije signala je zasnovan na energetskom principu. Dati su i neki predlozi za poboljšanja metodologije merenja zauzetosti spektra u kontekstu kognitivnog radia.

**Abstract** —This paper presents some results of radio spectrum occupancy measurement, which is performed on the single location in Belgrade. Measurement equipment and measurement procedure are described, and analysis of the obtained results is given. The signal detection method is based on the energy principle. Some proposals for the improvements of the methodology of spectrum occupancy measurement in the context of cognitive radio are given, as well.

### 1. UVOD

Kognitivni radio (CR- *cognitive radio*) predstavlja obećavajuću tehnologiju koja primenom tehnika dinamičkog pristupa spektru (DSA- *dynamic spectrum access*), u prostoru i vremenu, omogućava povećanje ukupne spektralne efikasnosti u korišćenju ograničenog spektra. U CR mrežama, na bazi opažanja spektralnog okruženja (*spectrum sensing*), sekundarni (nelicencirani) korisnici identifikuju i koriste frekvencijske podopsege koji nisu zauzeti (*spectrum hole/white spaces*) u prostoru i vremenu od strane primarnih (licencirani) korisnika[1]. Dakle, izbegavanjem interferencije (*interference avoidance*), ovaj oportunistički pristup spektru (*spectrum overlay*) ostrvaruje zahtev za ne generisanjem neprihvatljive interferencije (*harmful interference*) za primarnog korisnika.

Međutim, pre razmatranja tehničkih performansi i prednosti uvođenja DSA komunikacionih sistema, potrebno je izvršiti kvantitativnu analizu i karakterizaciju nezauzetih frekvencijskih podopsega od strane primarnih korisnika. Dakle, merenje stvarne zauzetosti radio frekvencijskog spektra u nekoj oblasti predstavlja važan korak u razumevanju DSA i razvoju budućih CR sistema.

U [2] su detaljno analizirani metodološki aspekti pri proceni zauzetosti spektra, a u [3] su prikazani rezultati merenja zauzetosti spektra pri različitim mernim scenarijima u gusto naseljenim sredinama u Barceloni. U [3] je data analiza rezultata više dugotrajnih merenja

zauzetosti spektra u opsegu od 180 - 2700 MHz u Hull, UK. Kvantitativna procena prostorne, vremenske i frekvencijske zauzetosti spektra za četiri grada u U.S. i predlog Markovljevog modela sa četiri stanja, koji karakteriše vremenski promenljivo ponašanje spektralne zauzetosti kanala, dati su u [5]. Merenja u širokopojasnom spektru i analiza njegove zauzetosti u dužim vremenskim periodima na teritoriji Singapura dati su u [6]. Većina ovih radova se odnosi na jednostavnu procenu korišćenja spektra u vremenu na određenoj lokaciji, analizu nezauzetih spektralnih „procepa“ u vremenu i prostoru i predlogu modela zauzetosti spektra.

Slična analiza zauzetosti radio-frekvencijskog spektra u opsegu 30-2200 MHz, na jednoj od lokacija u Beogradu, data je u ovom radu. Koliko je autorima poznato, ovo su prvi publikovani rezultati o zauzetosti radio spektra na teritoriji Beograda. Dati su i neki predlozi za poboljšanje metodologije merenja zauzetosti spektra. Merenja pokazuju da se značajan dobitak može postiću u spektralnoj efikasnosti raspoloživog spektra primenom DSA tehnika.

### 2. METODOLOŠKI ASPEKTI MERENJA ZAUZETOSTI RADIO-FREKVENCIJSKOG SPEKTRA

Zauzetost spektra se može definisati kao verovatnoća da izmerena snaga signala bude iznad definisanog praga. Prag se određuje na bazi nivoa izmerenog šuma i dodaje se još određena margina da bi se uzele u obzir promene trenutnog nivoa šuma i tako smanjila verovatnoća pogrešne detekcije. U izboru margine se pravi kompromis između dovoljno velike da bi se smanjila verovatnoća lažnog alarma (PFA-*Probability of False Alarm*), ali i dovoljno male da bi se detektovali i slabi signali. Na primer, PFA od približno 1% odgovara margini od 6 dB iznad nivoa šuma. Izbor praga detekcije je posebno kritičan pri oportunističkom korišćenju nezauzetih licenciranih kanala. U cilju smanjenja PFA, prag detekcije se može menjati između visokog nivoa za uskopojasne signale i niskog nivoa za širokopojasne signale. U slučaju širokopojasnih signala može se usrednjiti izmerena snaga u nekoliko frekvencijskih binova pre poređenja sa niskim pragom detekcije, jer se na taj način redukuje varijansa Gaussovog šuma. Ovakva kombinacija uskopojasne i širokopojasne detekcije povećava verovatnoću korektno detekcije. U [7] je predložena kombinacija *double-thresholding* i *maximum-minimum eigenvalue* metode,

koja može da detektuje u uskopojasane i širokopojasne signale bez poznavanja snage šuma.

Merenja koriste statistički pristup pri proceni zauzetosti spektra. Trajanje merenja  $\Delta T$  zavisi od zahtevane tačnosti procene zauzetosti spektra. Kratkotrajna (*short-term*) merenja se izvršavaju u ograničenom vremenu (tipično je nekoliko časova). Ovaj postupak merenja može da se koristi i za brzi (*fast*) i za ukupni (*overall*) *spectrum sensing*. Dugotrajna merenja (*long-term*) se rade u većem vremenskom periodu (danima). Zbog ograničene memorije, neophodna je redukcija podataka pri dugotrajnim merenjima (na primer, povećanjem intrvala merenja  $\Delta t$  u kome se prikuplja podatak za svaku mernu frekvencijsku tačku). Ovaj postupak se obično koristi za ukupni *spectrum sensing* jer se značajnim povećanjem  $\Delta t$  gubi informacija o vremenu.

U cilju korektno komparativne analize i poređenja rezultata merenja zauzetosti spektra potrebno je definisati korišćenu metodologiju i specificirati parametre mernog podešavanja, i to: frekvencija (frekvencijski *span*, rezolucija, frekvencijske tačke koje se mere), lokacija (odabrano merno mesto), usmerenost i polarizacija prijemne antene, i vreme (brzina odabiranja i period merenja). Većina merenja zauzetosti spektra se bazira na omni-direkcionom prijemu da bi se detektovali primarni signali iz svih pravaca. Mogu se koristiti i usmerene antene u cilju poboljšanja osetljivosti sistema, ali se pri tome povećava složenost merenja (da bi se pokrio ceo opseg azimuta).

## 2.1 Ciklus zauzetosti

Ciklus zauzetosti (DC- *Duty Cycle*) se obično koristi kao metrika za kvantitativnu procenu zauzetosti spektra [2–3]. Za svaku frekvencijsku tačku DC predstavlja deo vremena u kome se smatra da je ona zauzeta licenciranim signalom.

DC se izračunava na bazi konačnog broja diskretnih merenja odbiraka spektralne gustine snage (PSD-*Power Spectral Density*),  $V(t_i, f_j)$ , u vremenskim trenucima  $t_i = T_{start} + (i-1) \cdot T_r$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_t$ , i frekvencijskim tačkama  $f_j = F_{start} + (j-1) \cdot F_r$ ,  $j = 1, 2, \dots, N_f$ , gde je  $T_r$  vremenska rezolucija, a  $F_r$  frekvencijska rezolucija spektralnog analizatora. Izračunavanje DC zahteva da se detektuje prisustvo ili odsustvo licenciranih signala za svaki PSD odbirak  $V(t_i, f_j)$ .

Postoji više metoda za identifikaciju prisustva signala u nekom kanalu. U nekim aplikacijama određuje se i tip signala zajeno sa zauzetosti kanala. Detekcija signala se može realizovati primenom više metoda, kao što su: energetska detekcija, prilagođeno filtriranje i ciklostacionarna detekcija [1]. Ove metode predstavljaju različite kompromise između vremena detekcije, složenosti i performansi detekcije. U odsustvu apriornih informacija o signalima, što je i najopštiji slučaj, energetska detekcija predstavlja najčešći metod detekcije. U tom slučaju, za dobru procenu DC potrebno je pragove detekcije  $\gamma$  prilagođavati različitim nivoima termičkog šuma u različitim frekvencijskim opsezima. Inače,

određivanje praga detekcije je važana oblast istraživanja i postoje dva glavna pristupa i to empirijski i analitički metod. Prag se često postavlja na 3-6 dB iznad nivoa šuma u prijemnom kanalu, ili u odnosu na PFA od 1% [2].

Dakle, u slučaju energetske detekcije, definiše se binarna matrica zauzetosti spektra  $\Omega = [R(t_i, f_j)]$  čiji elementi predstavljaju prisustvo (1) ili odsustvo (0) licenciranog signala u vremenskom trenutku  $t_i$  i frekvencijskoj tački  $f_j$ , i određuju se kao [3]

$$R(t_i, f_j) = \begin{cases} 0, & V(t_i, f_j) < \gamma_j \\ 1, & V(t_i, f_j) \geq \gamma_j \end{cases} \quad (1)$$

gde je  $\gamma_j$  prag detekcije za frekvencijsku tačku  $f_j$ .

Za svaku merenu frekvencijsku tačku  $f_j$  se izračunava ciklus zauzetosti  $D_j$  kao odnos broja PSD odbiraka koji su iznad praga detekcije  $\gamma_j$  (odbirci zauzetih kanala) i ukupnog broja svih PSD odbiraka uzetih na toj frekvenciji [3]

$$D_j = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} R(t_i, f_j) \quad (2)$$

Srednji ciklus zauzetosti  $D$  za neki frekvencijski opseg (tj. opseg frekvencija  $f_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, N_f$ ) predstavlja srednju vrednost ciklusa zauzetosti  $D_j$  za svih  $N_f$  merenih frekvencijskih tačaka u tom opsegu, tj.

$$D = \frac{1}{N_f} \sum_{j=1}^{N_f} D_j = \frac{1}{N_t N_f} \sum_{i=1}^{N_t} \sum_{j=1}^{N_f} R(t_i, f_j) \quad (3)$$

Dakle,  $D$  predstavlja prosečno korišćenje spektra (obično se izražava u procentima) u određenom vremenskom intrvalu i određenom frekvencijskom opsegu.

## 2.2. Širokopojasni princip prijema, kanalizacije i merenja zauzetosti radio-frekvencijskog spektra

Principska generička šema širokopojasnog prijema, kanalizacije i merenja zauzetosti radio-frekvencijskog spektra prikazana je na sl.1. Merni komplet se principski sastoji od analognog dela (*RF front-end-a*) i digitalnog dela. Analogni deo se sastoji od omnidirekcionane antene, banke predselekcioničkih filtera, pojačavača sa što manjom vrednošću faktora šuma - *low noise amplifier*, programabilnog filtera nepropusnika opsega (*notch filter*) i analognog *IQ* demodulatora (*down convertora*) sa niskopropusnim *FIR* filtrima u kvadraturnim granama. Digitalni deo se sastoji od *AD* konvertora u kvadraturnim granama i procesorske platforme na kojoj se implementira kanalizacija spektra, detekcija prisutnosti signala u kanalima i merenje i obrada rezultata detekcije u cilju kvantitativne procene zauzetosti spektra. Kod širokopojasnog prijema se obično ne koristi automatska kontrola pojačanja (automatic gain control *AGC*) kao kod uskopojasnih superheterodinskih prijemnih sistema, jer korišćenje *AGC*-a ima za posledicu automatsko podesavanje dinamike prijemnog sistema prema 'jakim' emisijama što otvara problem detektibilnosti 'slabih' signala. Zbog toga je potrebno da se se u prijemnom



sistemu koriste programabilni analogni nepropusnici opsega kojima se filtriraju 'jake' emisije. Ključni parametar širokopojasnog analognog *RF front-end*-a je dinamički opseg bez špurijusa (Spurious Free Dynamic Range SFDR). Tipična vrednost SFDR je oko 80 dB. Sa aspekta širokopojasnog prijema pri merenju zauzetosti radio-frekvencijskog spektra poželjno je da SFDR bude iznad 100 dB.

#### Sl.1. Širokopojasni princip prijema, kanalizacije i merenja zauzetosti radio-frekvencijskog spektra

Dinamiku kompletnog prijemnog sistema ograničava i broj bita AD konvertora u kvadraturnim granama i ona teorijski iznosi *broj bita x 6 dB po bitu* ali je ona efektivno za 10 manja od te teorijske vrednosti.

Širokopojasni princip kanalizacije spektra, sl.1., može da se realizuje na bazi platformi softverski definisanog radija (*SDR-Software Definable Radio*). Ove platforma su jeftinije od namenskih analizatora spektra i one omogućavaju softversku implementaciju algoritama kanalizaciju i širokopojasnu detekciju signala na bazi digitalne obrade signala. U okviru projekta Ministarstva TR32028 realizuju se dve arhitekture za širokopojasni *spectrum sensing*. Prva se zasniva na korišćenju USRP platforme a druga na korišćenju ML605 razvojne ploče sa FMC kompatibilnim NUTAQ RF modulima.

### 3. MERENJE ZAUZETOSTI RADIO-FREKVENCIJSKOG SPEKTRA NA BAZI KORIŠĆENJA USRP PLATFORME I RFOF TEHNOLOGIJE

#### 3.1. Merni komplet

Za potrebe merenja zauzetosti radio-frekvencijskog spektra formiran je merni komplet prikazan na sl. 2.

#### Sl.2. Merni sistem za merenje zauzetosti spektra na bazi USRP platforme i RFOF tehnologije

Komplet se sastoji od širokopojasne omnidirekcionane antene AS DISCON 25-3000 MHz, USRP N210 platforme sa analognim prijemnim modulima za opseg 30MHz-2200 MHz., laptop računara i kompleta kablova za povezivanje. Antene se povezuju sa USRP platformom

korišćenjem optičkog kabla sa pripadajućim elektrooptičkim konvertorima OZ450 (analogni *RF over Fiber Link*). USRP platforme su *host* orijentisane platforme što znači da obrada akviziranih signala vrši na host PC računaru. Kanalizacija spektra je vršena na host računaru i to na bazi *Walsh*-ovog periodograma i na bazi polifazne banke filtera. Prvi cilj merenja je bio da se utvrdi da li i u kojoj meri način kanalizacije utiče na rezultate detekcije odnosno rezultate merenja zauzetosti radio-frekvencijskog spektra. Detekcija je vršena na primenom principa energetske detekcije na svakom od frekvencijskih kanala. Cilj merenja je bio i da se utvrdi i kvantifikuje zavisnost rezultata procene zauzetosti radio-frekvencijskog spektra od vrednosti praga detekcije na bazi procene ciklusa zauzetosti (*Duty Cycle*).

#### 3.2. Rezultati merenja u frekvencijskom opsegu 30-2200 MHz

Na slikama 3-8 prikazani su rezultati merenja spektra na jednoj lokaciji na Novom Beogradu realizovani korišćenjem opisanog mernog kompleta i dobijeni analizom ciklusa zauzetosti.

#### Sl.3. Rezultati pretraživanja i kanalizacije spektra u frekvencijskom opsegu 20-2200 MHz primenom polifazne banke filtera za tri nezavisnih merenja

#### Sl. 4. Rezultati pretraživanja u frekvencijskom opsegu 20-2200 MHz i kanalizacije spektra primenom Walsh-ovog periodograma za tri nezavisna merenja

Sl.5. Spektar prijemnog signala i spektar internog šuma u frekvencijskom opsegu 30-2200 MH i ciklusi zauzetosti za marginu praga detekcije 20 dB pri kanalizaciji spektra polifaznom bankom filtera

Sl.8. Spektar prijemnog signala i spektar internog šuma u frekvencijskom opsegu 900-1005 MH i ciklusi zauzetosti za prag detekcije 20 dB iznad nivoa šuma pri kanalizaciji spektra Walsh-ovim periodogramom.

Procentualna trenutne zauzetosti spektra u opsegu 30-2200 MHz za različite vrednosti margine praga detekcije T pri kanalizaciji spektra pomoću polifazne banke filtera prikazani su u Tabeli 1.

Tabela.1

T dB	Mer 1.	Mer 2.	Mer 3.	Mer 4.	Mer 5.	Mer 6.	Mer 7.	Mer 8.
6	76.3	77.0	75.7	76.6	76.4	75.8	73.9	77.9
10	54.4	55.7	54.4	55.4	55.5	54.4	51.7	55.2
15	29.5	31.1	30.2	30.5	30.8	30.5	28.1	29.1
20	16.0	17.0	16.6	16.5	16.6	16.7	15.4	15.2
25	9.82	10.2	9.9	9.9	9.9	9.6	9.4	9.9
30	6.67	6.74	6.61	6.58	6.70	6.34	6.41	7.67

Sl.6. Spektar prijemnog signala i spektar internog šuma u frekvencijskom opsegu 900-1005 MH i ciklusi zauzetosti za marginu praga detekcije 20 dB pri kanalizaciji spektra polifaznom bankom filtera

Procentualna trenutna zauzetost spektra u opsegu 30-2200 MHz za različite vrednosti margine praga detekcije T pri kanalizaciji spektra pomoću Walsh-ovog periodograma prikazani su u tabeli 2.

Tabela.2.

T dB	Mer 1.	Mer 2.	Mer 3.	Mer 4.	Mer 5.	Mer 6.	Mer 7.	Mer 8.
6	78.6	77.4	80.4	78.1	77.6	77.2	76.3	76.5
10	45.4	43.1	52.1	47.7	47.7	46.8	46.0	47.1
15	19.1	18.0	23.7	21.0	20.3	20.1	19.8	21.3
20	12.4	11.9	13.1	13.2	12.8	12.8	12.7	13.1
25	7.66	7.34	8.66	8.07	7.66	7.57	7.42	7.85
30	5.75	5.65	5.66	5.98	5.87	5.79	5.72	5.84

Sl.7. Spektar prijemnog signala i spektar internog šuma u frekvencijskom opsegu 30-2200 MH i ciklusi zauzetosti za marginu praga detekcije 20 dB pri kanalizaciji spektra polifaznom bankom filtera

Procentualna trenutna zauzetost spektra u opsegu 300-2200 MHz za različite vrednosti margine praga detekcije T pri kanalizaciji spektra pomoću polifazne banke filtera prikazani su u Tabeli 3.

Tabela.3.

T dB	Mer 1.	Mer 2.	Mer 3.	Mer 4.	Mer 5.	Mer 6.	Mer 7.	Mer 8.
6	73.4	74.2	72.6	73.7	73.4	72.8	70.7	75.0
10	49.2	50.5	49.0	50.1	50.2	49.1	45.9	49.5
15	22.7	24.0	23.2	23.4	23.7	23.5	20.8	20.8
20	9.24	9.99	9.70	9.52	9.60	9.75	8.47	7.07
25	4.23	4.43	4.14	4.10	4.11	4.01	3.87	2.62
30	2.19	2.19	2.05	2.05	2.12	1.81	1.92	1.43

Procenti trenutne zauzetosti spektra u opsegu 300-2200 MHz za različite vrednosti margine praga detekcije T pri kanalizaciji spektra pomoću Walsh-ovog periodograma prikazani su u tabeli 4.

Tabela.4.

T dB	Mer 1.	Mer 2.	Mer 3.	Mer 4.	Mer 5.	Mer 6.	Mer 7.	Mer 8.
6	75.8	74.5	77.9	75.3	74.7	74.2	73.3	73.5
10	38.8	36.1	46.0	41.0	41.0	40.0	39.1	40.3
15	11.7	10.6	15.2	13.6	13.1	13.1	12.6	14.2
20	5.05	4.48	5.63	5.99	5.50	5.66	5.50	5.90
25	2.58	2.45	2.74	3.09	2.83	2.85	2.72	3.14
30	1.53	1.46	1.29	1.70	1.56	1.57	1.45	1.54

### 3.3. Diskusija rezultata merenja

Eksperimentalni rezultati merenja zauzetosti spektra, koji su kvantifikovani na bazi DC, pokazuju značajnu zavisnost od praga detekcije i potvrđuju kompleksnost i nedostatke energetske detekcije. Ovo zahteva da se interpretacija dobijenih rezultata uvek posmatra u kontekstu izbora praga detekcije. Analizom eksperimentalnih rezultata nameću se sledeći zaključci:

- Pri malim vrednostima margine praga detekcije rezultati zauzetosti su optimistički i nerealni. Tome doprinosi velika je verovatnoća lažnog alarma.
- Pri višim vrednostima margine praga (reda 20 dB i više) verovatnoća lažne detekcije je manja, rezultati su pouzdaniji i mogu se interpretirati kao zauzetost spektra signalima čiji je nivo za veličinu praga viši od vrednosti internog šuma prijemnika
- Da bi rezultati zauzetosti spektra bili korektno evoluirani i da bi bili uporedivi, neophodno je da se margini detekcije pridruži podatak o verovatnoći lažnog alarma. Autori radova u kojima su prikazani rezultati merenja zauzetosti taj podatak ne daju i stoga su vrlo problematični njihova uporedna interpretacija rezultata zauzetosti spektra. Verovatnoću lažnog alarma je moguće teorijski proceniti ukoliko je poznat statistički model internog šuma prijemnika. Međutim eksperimentalni rezultati pokazuju da statistika internog šuma prijemnika, koja se koristi za formiranje praga detekcije dodavanjem margine, se ne može svrstati niti u jedan čisti teorijski statistički model koji bi predstavljao osnovicu za teorijsku analizu verovatnoće

lažnog alarma.. Verovatnoća lažnog alarma se može proceniti merenjem. To nije rađeno pri prikazanim merenjima, ali će svakako biti realizovano u sklopu budućih merenja zauzetosti spektra.

- Šta je metodološki sporno u ovakvom načinu zadavanja margine praga detekcije? Margina praga se zadaje obzirom na nivo internog šuma prijemnika i to dobro funkcioniše u frekvencijskim podopsezima gde je nizak opšti nivo ambijentalnog šuma koji se prima antenom. Međutim, merenja pokazuju da je taj nivo visok u frekvencijskim podopsezima jakih predajnika (FM difuzija, televizijski predajnici) što doprinosi optimističkom rezultatu merenja zauzetosti. Zbog toga je pri merenjima neophodno koristiti filter nepropusnik opsega naročito za za podopseg FM difuzije.
- Sa porastom margine praga detekcije smanjuje se razlika između rezultata dobijenih kanalizacijom spektra korišćenjem polifazne banke filtera i Walsh-ovog periodograma (za vrednost praga od 20 dB razlika u procentima je oko 3%)
- Na slikama su prikazani ciklusi zauzetosti na osnovu kojih se može steći utisak da je zauzetost spektra mnogo veća nego što stvarno jeste. Razlog je vezan za grafički prikaz spektra i ciklusa zauzetosti u velikom broju tačaka.
- Kada se posmatraju rezultati za uži frekvencijski opseg 900-1000 MHz uočava se da oba kanalizatora za prag od 20 dB omogućavaju pozdanu detekciju zauzetosti GSM podopsega ali da kanalizator na bazi polifazne banke filtera ima tendenciju detektovanja pikova u spektru. Da li to znači da kanalizator na bazi polifazne banke filtera daje bolju sliku zauzetosti spektra ili ne, teško je pouzdano tvrditi i to će biti predmet daljih istraživanja.
- U opsegu radio-difuzije oba kanalizatora imaju tendenciju da prikažu da je čitav opseg od 30-120 MHz zauzet (a nije) što utiče na procenu globalne zauzetosti spektra u čitavom opsegu 30-2200 MHz. Zbog toga je vršena procena zauzetosti za opseg od 300 do 2200 MHz. Rezultati pokazuju da je procena zauzetosti, zavisno od margine praga u proseku 2-10 % niža od procene zauzetosti za čitav opseg 30 do 2200 MHz

## 4. ZAKLJUČAK

Baveći se dugi niz godina problemima automatizacije procesa monitoringa radio-frekvencijskog spektra i radeći na istraživačko-razvojnim projektima vezanim za monitoring radio-frekvencijskog spektra, autori ovog rada su došli do zaključka, a taj zaključak je potvrđen i rezultatima merenja prikazanim u ovom radu, da energetska detekcija predstavlja loše rešenje u postupku širokopolasne kanalizacije i merenja zauzetosti radio-frekvencijskog spektra, odnosno u procesu širokopolasnog spectrum sensinga jer ona ne omogućava pouzdanu detekciju signala niskog nivoa sa praktično prihvatljivo malom verovatnoćom lažnog alarma. Energetsku detekciju treba kao takvu u procesu širokopolasnog monitoringa izbeći što je nametnulo i iznova nameće

potrebu za istraživanjem novih metoda za širokopojasnu detekciju koji treba da omogućе pouzdanu detekciju signala što nižeg nivoa u multikorisničkom nekoperativnom scenariju sa što manjom verovatnoćom lažnog alarma. Jedno od mogućih rešenja za problem pouzdane detekcije je u širokopojasnom združenom prostorno-vremenskom spectrum sensingu nekoperativnog multikorisničkog scenarija signala na bazi direktne lokalizacije [xxxx]. U ovom konceptu ne vrši se detekcija kao zaseban korak već rezultati lokalizacije predstavljaju u isto vreme i rezultate detekcije. Koncept omogućava širokopojasno merenje zauzetosti radio-frekvencijskog spektra po vremenu, spektru i prostoru. Rezultati takovog merenja zauzetosti spektra će biti predmet nekog od budućih radova autora.

#### NAPOMENA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije - TR 32028 - "Napredne tehnike efikasnog korišćenja spektra u bežičnim sistemima"

#### LITERATURA

- [1] T. Yücek and H. Arslan, "A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications," IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 11, no. 1, 2009, pp. 116–130.
- [2] M. López-Benítez and F. Casadevall, "Methodological aspects of spectrum occupancy evaluation in the context of cognitive radio," in Proc. Of the 15th European Wireless Conf. (EW 2009), May 2009, pp. 199–204.
- [3] M. López-Benítez and F. Casadevall, "Spectrum Occupancy in Realistic Scenarios and Duty Cycle Model for Cognitive Radio," Advances in Electronics and Telecommunications, vol. 1, no. 1, April 2010, pp. 26-34.
- [4] Meftah Mehdawi, N. Riley, K. Paulson, A. Fanan, M. Ammar, „Spectrum Occupancy Survey In HULL-UK For Cognitive Radio Applications: Measurement & Analysis," International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 2, issue 4, april 2013.
- [5] S. Pagadarai and A. M. Wyglinski, "A quantitative assessment of wireless spectrum measurements for dynamic spectrum access," in Proceedings of the 4th International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CrownCom 2009), Jun. 2009, pp. 1–5
- [6] M. Islam, C. Koh, S. Oh, X. Qing, Y. Lai, C. Wang, Y.-C. Liang, B. Toh, F. Chin, G. Tan, and W. Toh, "Spectrum Survey in Singapore: Occupancy Measurements and Analyses" in Proc. of International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM), Singapore, May 2008.
- [7] Lehtomäki J., Vartiainen J., and Juntti M., "Combined wideband and narrowband signal detection for spectrum sensing", in Proc. of Wireless Vitae, 2009.
- [8] SrikanthPagadarai Alexander M. Wyglinski: Measuring and Modeling Spectrum Occupancy: A Massachusetts Perspective
- [9] YIN Liang, YIN Si-xing, WANG Shuai, ZHANG Er-qing, HONG Wei-jun, LI Shu-fang: Quantitative spectrum occupancy evaluation in China: based on a large scale concurrent spectrum measurement, The Journal of China Universities of Posts and Telecommunication, pp.122-128.
- [10] Mauro Vieira de Lima, Luiz da Silva Mello: Cognitive Radio Simulation Based on Spectrum Occupancy Measurements at One Site in Brazil
- [11] Recommendation ITU-R SM.1880, "Spectrum occupancy measurement", ITU-R, 2011.
- [12] Daniel Denkovski, Mihajlo Pavloski, Vladimir Atanasovski, Liljana Gavrilovska Parameter settings for 2.4GHz ISM spectrum measurements
- [13] Rozeha A. Rashid, M. Adib Sarijari, N. Faisal, S. K. S. Yusof, N. Hija Mahalin, A. C. C. Lo, Spectrum Sensing Measurement using GNU Radio and USRP Software Radio Platform, ICWMC 2011 : The Seventh International Conference on Wireless and Mobile Communications, pp.237-242
- [14] Ehsan Najafzadeh, Dr Danielle George, Mr Peter Green LabVIEW-Based Spectrum Occupancy Measurements in the 2.4 GHz ISM band using National Instruments USRP
- [15] Danijela Čabrić, Miljko Erić, "Spatio-Temporal Spectrum Sensing using Distributed Antenna Systems and Direct Localization Methods", IEEE International Symposium on Antennas and Propagation – IEEE APS 2012 July 8-14 2012, Chicago, Illinois, USA (Invited paper)
- [16] M. Erić, D. Vučić "Method and simulator for wideband joint spatio-temporal spectrum sensing of non-cooperative multi-user scenario in cognitive radio based on direct localization", Tehničko rešenje priznato rešenjem ETF br.244 od 31.1.2013.
- [17] RATEL: Plan raspodele frekvencija-lokacija za terestičke analogne FM i TV difuzne stanice na teritoriji republike Srbije, Sl. glasnik RS", br. 6/2006)
- [18] Chittabrata Ghosh, Srikanth Pagadarai, Dharma P. Agrawal, and Alexander M. Wyglinski, A Framework for Statistical Wireless Spectrum Occupancy Modeling IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 9, NO. 1, JANUARY 2010. pp.38-44.
- [19] Alexandru Marțian, Călin Vlădeanu, Ioana Marcu, Ion Marghescu Evaluation of Spectrum Occupancy in an Urban Environment in a Cognitive Radio Context, International Journal on Advances in Telecommunications, vol 3 no 3 & 4, year 2010,

# ODREĐIVANJE KAPACITETA VoIP KONEKCIJA KORIŠĆENJEM OPNET SIMULATORA

## DETERMINATION OF THE CAPACITY OF VoIP CONNECTIONS USING OPNET SIMULATOR

Vladimir B. Suša, Boban Z. Pavlović, Trikoš B. Mladen, Jovan B. Bajčetić  
*Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu*

**Sadržaj** – U radu je prikazana analiza prenosa VoIP aplikacije na osnovu broja realizovanih istovremenih poziva i postignutog nivoa QoS. Razvijen je simulacioni model u OPNET mrežnom simulatoru na bazi koga su analizirani najvažniji parametri QoS – gubitak paketa, kašnjenje i varijacija kašnjenja (džiter). Definisani su različiti simulacioni scenariji u kojima je promenljiv broj govornih frejmova koji se prenose u jednom paketu. Analizom dobijenih rezultata, izvedeni su zaključci po pitanju odnosa zahtevanog nivoa QoS i posmatrane karakteristike VoIP aplikacije.

**Abstract** - This paper presents the analysis of the transmission of VoIP applications based on realization of simultaneous calls and achieved QoS level. It is developed a simulation model in OPNET network simulator where we analyzed the most important QoS parameters – packet loss, end-to-end delay and jitter. We defined different simulation scenarios where a variable is number of voice frames inserted in one packet. Based on obtained results, we made conclusions about relation between requested QoS level and observed characteristics of VoIP applications.

### 1. UVOD

VoIP (Voice over Internet Protocol) predstavlja familiju servisa koja obezbeđuje prenos glasa i podataka preko IP, odnosno VoIP predstavlja Internet telefonsku tehniku koja uključuje dva korespondenta u razgovoru koji se obavlja u realnom vremenu [1]. Najznačajnije prednosti VoIP su:

- Prenos govora obavlja se u realnom vremenu.
- Baziran je na konvergentnoj mreži u kojoj je omogućen prenos govornog signala i drugih informacionih podataka, za razliku od prethodnih rešenja u kojima se za prenos različitih informacija koriste posebne mreže
- Bolja skalabilnost i jednostavnija implementacija servisa u odnosu na tradicionalnu PSTN (Public Switched Telephone Network) mrežu.
- Smanjeni ukupni troškovi prenosa u odnosu na javne komutacione telefonske mreže.

Osnovni problem u realizaciji VoIP aplikacije predstavlja odgovarajuća implementacija QoS (Quality of Service), s obzirom da VoIP aplikacija predstavlja samo jedan od podataka koji se prenosi kroz IP mrežu. Izborom odgovarajućih vrednosti kod paketizacije govora, moguće je postići optimalne vrednosti parametara QoS čime se obezbeđuje kvalitetan prenos govornog signala.

### 2. KARAKTERISTIKE VoIP SAOBRAĆAJA

#### Parametri QoS

VoIP spada u aplikacije koje se odvijaju u realnom vremenu i koje imaju akcenat na strogim zahtevima po pitanju QoS kako bi se aplikacija smatrala prihvatljivom. Najvažniji parametri QoS koje mreža mora da zadovolji su gubitak paketa, kašnjenje i varijacija kašnjenja paketa (džiter) [2], [3].

IP komunikacioni model predstavlja *best-effort* model koji nije pouzdan, a taj nedostatak se kompenzuje TCP transportnim slojem koji garantuje isporuku paketa retransmissionim mehanizmima. VoIP aplikacija kao *real-time* model ne prihvata retransmisiju paketa (paket koji nije stigao na odredište smatra se izgubljenim). Gubitak paketa načelno ne treba da premaši vrednost od 1% (za G.711 kodek). Svaki gubitak koji prelazi ovu vrednost smatra se neprihvatljivim i može znatno da degradira kvalitet prenetog govora.

Kašnjenje paketa je drugi QoS parametar koji je definisan preporukom ITU-T G.114, i iznosi maksimalno 150 ms u jednom smeru. Ovo kašnjenje se odnosi na ukupno kašnjenje (kodiranje, obrada u mrežnim elementima, propagaciono, bafer, dekodiranje). Kašnjenje kodiranja koje unosi G.711 kodek iznosi 1 ms. Svako kašnjenje koje prelazi 150 ms degradira govor koji zatim postaje neprihvatljiv.

Varijacija kašnjenja se pojavljuje zbog različitog ukupnog kašnjenja paketa sa kraja na kraj. Rešava se upotrebom *jitter* bafera pri čemu veća vrednost *jitter* bafera kompenzuje veću varijaciju, ali istovremeno unosi i veće kašnjenje. Prihvatljiva vrednost *jitter* bafera iznosi 30 ms.

#### Paketizacija govora

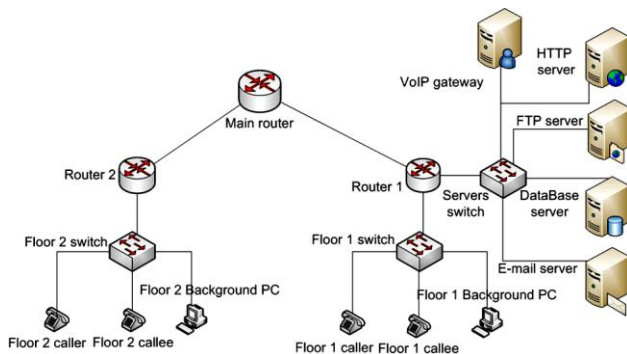
Potreban propusni opseg za G.711 kodek iznosi 64 kb/s u jednom smeru. Upotrebom ovog kodeka podrazumevana vrednost vremenskog odsečka koji se smešta u svaki paket iznosi 20 ms. To daje brzinu prenosa od 50 paketa u sekundi, odnosno 100 paketa u oba komunikaciona smera u toku jedne sekunde. Svaki govorni paket ima dužinu 1280 bita, odnosno 160 bajtova. Na korisnu govornu informaciju dodaje se 66 bajtova (RTP, UDP, IP, Ethernet) zaglavlja, što ukupno čini 226 bajtova po paketu [4]. Promenom broja vremenskih odsečaka koji se smeštaju u pakete, dobijamo da je za određene govorne informacije potreban različiti propusni opseg po jednoj

VoIP konekciji. Ako su vremenski odsecci koji se smeštaju u pakete veći, potrebno je da se manji broj paketa šalje ka mreži, ali su time i paketi duži čijim se gubitkom na transmissionom putu gubi više korisnih informacija. Ako su vremenski odsecci manji, potreban je veći broj paketa, a samim tim i veći propusni opseg (pojavljuje se više zaglavlja, odn. veći *overhead*) za istu količinu prenetih korisnih informacija. Ali njihovim gubitkom, gubi se i manje informacionih podataka.

### 3. OPNET MODEL

#### Referentna topologija

U ovom radu je korišćena topologija sa odgovarajućim mrežnim elementima raspoređenim na dva sprata jedne korporativne zgrade, i prikazana je na slici 1.



Slika 1. Referentna topologija sa rasporedom mrežnih elemenata

Na prvom spratu se nalazi glavni ruter sa sprežnim ruterom na koji su povezane dve podmreže. Prvu podmrežu čine serveri za generisanje sekundarnog (*background*) saobraćaja (FTP, E-mail, HTTP, *database*) i VoIP *gateway* koji simulira eksterne VoIP pozive. Drugu podmrežu čine tri elementa. Prvi element je VoIP telefon koji generiše pozive (*caller*), drugi je VoIP telefon koji prima pozive (*callee*) i treći element je radna stanica (*background PC*) koja služi za generisanje sekundarnog saobraćaja.

Na drugom spratu se nalazi spratni ruter sa jednom podmrežom koja je identična drugoj podmreži na prvom spratu (*caller, callee, background PC*).

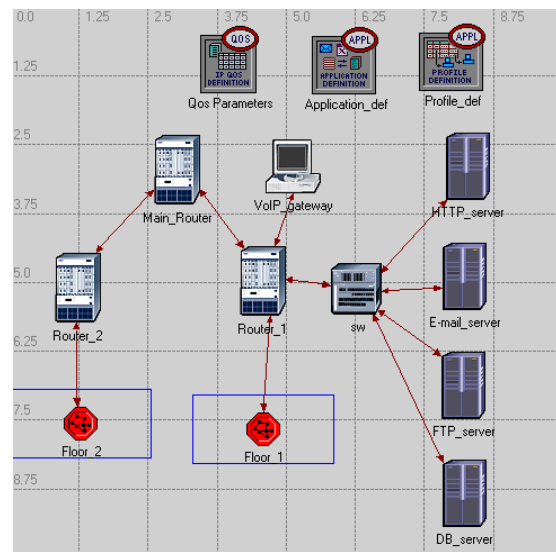
#### OPNET simulacioni model

Na osnovu referentne topologije, na slici 2, definisan je OPNET simulacioni model [5], [6].

Modelom je definisano 5 različitih vrsta aplikacija koje se koriste u simulaciji kroz definiciju aplikacija (*Application\_def*):

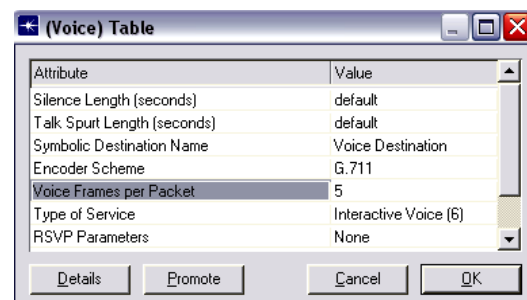
- FTP aplikacija za razmenu fajlova u mreži putem FTP servera,
- E-mail aplikacija za razmenu elektronske pošte putem E-mail servera,
- HTTP aplikacija za pregled internih WEB sadržaja,

- *Database* aplikacija za pristup internim bazama podataka i
- VoIP aplikacija kao ciljna aplikacija koja se analizira u mreži.



Slika 2. OPNET simulacioni model

Na slici 3 je prikazana konfiguracija VoIP aplikacije kod koje je promenljiva broj govornih odsećaka (*voice frames per packet*). Iz nje možemo da vidimo da je u simulaciji korišćen G.711 kodek. Klasifikacija VoIP paketa izvedena je putem ToS (*Type of Service*) polja koje ima vrednost 6 (*Interactive Voice*). U različitim scenarijima aplikacije promenljiva je broj govornih frejmova (*voice frames per packet*) po jednom paketu (vrednosti 5, 10 i 20).



Slika 3. Konfiguracija VoIP aplikacije

U analiziranom modelu zastupljena su dva tipa profila koja su konfigurisana kroz definiciju profila (*Profile\_def*). Prvi profil je VoIP profil koji je definisan samo sa VoIP aplikacijom iz definicije aplikacija. On je ciljni profil koji se analizira u simulaciji. Ovim profilom su definisani VoIP telefoni (*caller, callee*) i VoIP *gateway* koji simulira eksterne pozive.

Drugi tip profila služi za generisanje sekundarnog saobraćaja i u njega su uključene ostale definisane aplikacije (HTTP, FTP, DB i E-mail).

### Polazne pretpostavke u simulaciji

U simulaciji se, kao što je navedeno, koriste dva tipa profila. Sa tim u vezi definisana su i dva tipa saobraćaja koja su zastupljena. To su VoIP saobraćaj čije performanse analiziramo (primarni saobraćaj) i sekundarni (*background*) saobraćaj.

Pozivaoci na svakom spratu generišu kumulativno svake sekunde po jedan VoIP poziv ka nekom od sledećih pozivanih (*callee* na svome spratu, *callee* na drugom spratu, VoIP *gateway* za eksterne pozive). Pozivi se raspodeljuju tako da 60% poziva ide ka svome spratu, 10% poziva ka drugom spratu i 30% poziva ka VoIP *gateway* (eksterni pozivi). Prvi poziv se generiše 15 sekundi od početka simulacije. Svake sledeće sekunde pojavljuju se po dva poziva prema navedenoj raspodeli.

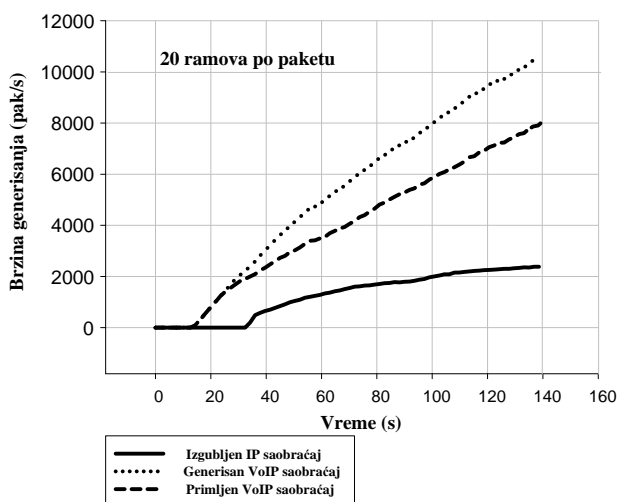
Sekundarni saobraćaj generišu oba *background* PC koji simultano pokreću sve 4 *background* aplikacije ka serverima. Sekundarni saobraćaj počinje da se generiše 30 sekundi od početka simulacije.

## 4. REZULTATI SIMULACIJE

OPNET simulacioni model u ovom radu je realizovan kroz tri scenarija. Svaki od scenarija ima identičnu topologiju i konfiguraciju sa promenom broja govornih odsečaka (frejmova) koji se smeštaju u pakete.

### Prenos 20 frejmova po paketu

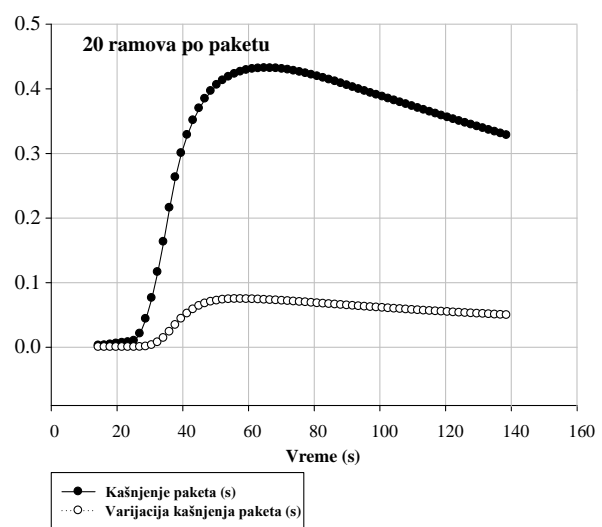
Analizom slike 4 dolazi se do zaključka da razlika između generisanog i primljenog VoIP saobraćaja počinje da se javlja nakon brzine od 1200 paketa/s, odnosno posle 25s simulacije. To znači da iznad te vrednosti počinje da se javlja gubitak paketa (veći od 1%) i performanse QoS opadaju ispod referentnih vrednosti. Ovim je ustanovljeno da je moguće ostvariti 12 istovremenih poziva, a da performanse QoS budu na zadovoljavajućem nivou.



Slika 4. Vrednosti poslanih, primljenih i izgubljenih paketa za 20 frejmova po paketu

Ako analiziramo saobraćaj unutar vremenskog okvira od jedne sekunde, dobićemo direktno podatak o broju izgubljenih paketa. Sa povećanjem brzine prenosa, povećava se razlika između generisanog i primljenog saobraćaja i pri brzini prenosa od 10000 paketa/s, izgubljeno je 2300 paketa (23% ukupnog broja poslanih VoIP paketa), što odgovara 130. sekundi simulacije.

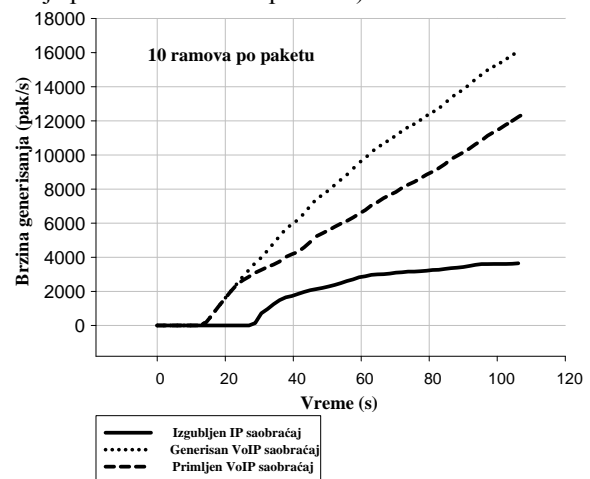
Vrednosti kašnjenja s kraja na kraj komunikacije (*End to End*) i varijacije kašnjenja prikazane su na slici 5. Može se zaključiti da i ovi QoS parametri počinju značajnije da degradiraju u isto vreme kada i gubitak paketa. Krična vrednost kašnjenja od 150 ms premašena je u 34. sekundi simulacije, dok je maksimalna vrednost kašnjenja od 430 ms i vrednost džitera od 70 ms dobijena u 65. sekundi simulacije.



Slika 5. Vrednosti kašnjenja i varijacije kašnjenja za 20 frejmova po paketu

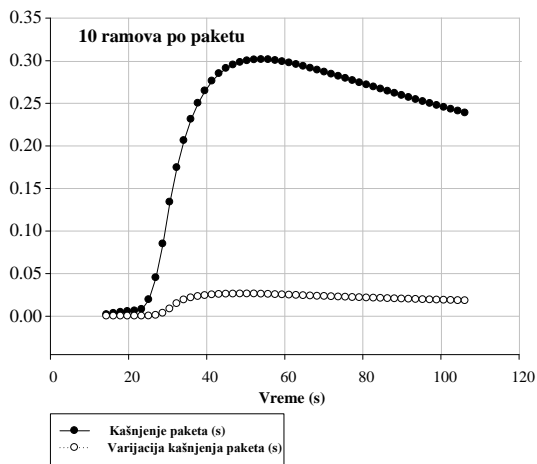
### Prenos 10 frejmova po paketu

Sa slike 6 zaključujemo da je moguće ostvariti 25 istovremenih poziva (značajnija degradacija kvaliteta počinje pri brzini od 2500 paketa/s).



Slika 6. Vrednosti poslanih, primljenih i izgubljenih paketa za 10 frejmova po paketu

Paketski gubici rastu sa porastom brzine prenosa i pri brzini od 15000 paketa/s, izgubljeno je 3600 paketa (24% poslatih VoIP paketa), pri čemu je ova vrednost dobijena u 95. sekundi simulacije.

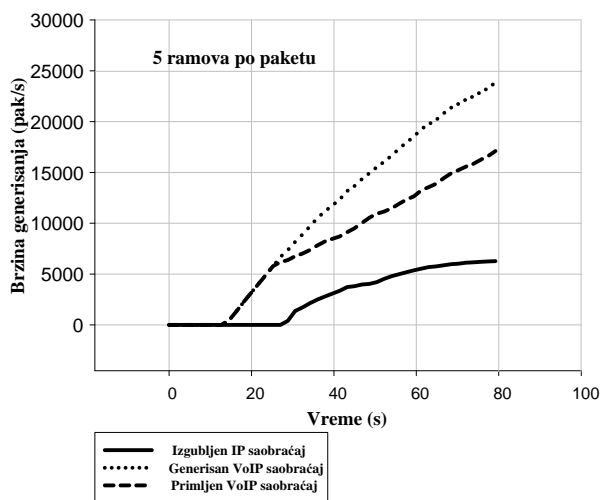


Slika 7. Vrednosti kašnjenja i varijacije kašnjenja za 10 frejmova po paketu

Vrednosti kašnjenja i varijacije kašnjenja prikazane su na slici 7. Iz njih možemo da vidimo da i one počinju da značajnije rastu u isto vreme kada i gubitak paketa. Maksimalna vrednost kašnjenja dobija se u 54. sekundi simulacije i iznosi 301 ms, dok je istovremeno vrednost džitera 25 ms.

#### Prenos 5 frejmova po paketu

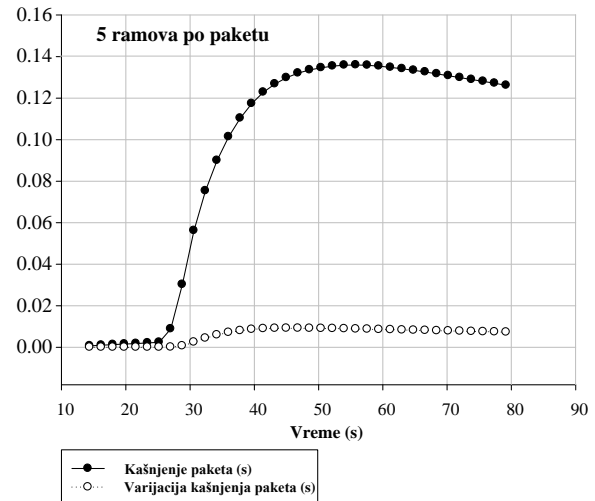
Sa slike 8 može se uočiti da razlika između generisanog i primljenog VoIP saobraćaja počinje da se javlja nakon brzine od 5700 paketa/s. Daljim povećanjem brzine prenosa iznad ove vrednosti, dolazi do značajnijeg porasta gubitka paketa i ukupne performanse QoS opadaju ispod referentnih vrednosti.



Slika 8. Vrednosti poslatih, primljenih i izgubljenih paketa za 5 frejmova po paketu

Ovim je ustanovljeno da pri prenosu 5 frejmova po

paketu, moguće je ostvariti 57 istovremenih poziva, a da performanse QoS budu na zahtevanom nivou, odnosno bez degradacije na kvalitet prenetog govornog signala. Ako se analizira brzina prenosa od 20000 paketa/s, broj izgubljenih paketa iznosi 5800 (29% poslatog VoIP saobraćaja), što odgovara 65. sekundi simulacije.



Slika 9. Vrednosti kašnjenja i varijacije kašnjenja za 5 frejmova po paketu

Vrednosti kašnjenja i varijacije kašnjenja prikazane su na slici 9. Porast kašnjenja i džitera prati pojavu rasta paketskih gubitaka, odnosno svi razmatrani QoS parametri su u korelaciji. Maksimalna vrednost kašnjenja dobijena je u 56. sekundi simulacije i iznosi 136 ms, dok je istovremeno dobijena vrednost džitera u iznosu od 8,8 ms.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran uticaj broja frejmova govornog signala koji se prenose po jednom paketu na kapacitet sistema (broj istovremenih poziva) uz praćenje vrednosti QoS parametara. Analizom je utvrđeno da se smanjenjem broja vremenskih odsečaka, povećava broj VoIP konekcija, pri istim mrežnim uslovima. Definisano broju vremenskih odsečaka od 20, 10 i 5, odgovara 12, 25 i 57 jednovremenih poziva, respektivno. Istovremeno, utvrđeno je da dolazi i do smanjenja ukupnog kašnjenja (*end-to-end delay*) i varijacije kašnjenja (džiter). Rezultati simulacije pokazuju da prilikom prenosa 5 vremenskih odsečaka po paketu, vrednosti maksimalnog kašnjenja i džitera ne prelaze dozvoljene granice (136 ms, odnosno 8,8 ms).

## ZAHVALNICA

Rad je nastao kao rezultat rada na naučnoistraživačkom projektu „Integracija i analiza performansi IP terminala i Softphone aplikacija u telekomunikacionom sistemu Vojske Srbije“. Evidencioni broj projekta VA-TT/3/15, vremenski period trajanja projekta 2013 – 2015. godine. Projekat je finansiran od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije.



**LITERATURA**

- [1] P. Čáky, M. Klimo, P. Palúch and O. Škvarek, „End-to-end VoIP quality measurement“, *Acta Electrotechnica et Informatica*, No. 1, Vol. 6, ISSN 1335-8243, 2006
- [2] B. Pavlović, J. Bajčetić i V. Suša, „Analiza QoS zahteva u VoIP tehnologiji prenosa“, XIX naučnostručna i biznis konferencija – YUINFO 2013, Kopaonik, 3. – 6. mart 2013
- [3] Z. Bojovic, Z. Peric, V. Delic, E. Secerov, M. Secujski and V. Senk, „Comparative Analysis of the Performance of Different Codecs in a Live VoIP Network using SIP Protocol“, *Electronics and Electrical Engineering*, No.1 (117), pp 37-42, 2012
- [4] Z. Stojanović and D. Tošić, “Kalkulator propusnog opsega za VoIP”, *In Proc. 18th TELFOR*, Belgrade, pp 191-194, November 2010
- [5] K. Salah and A. Alkhoraidly, “An OPNET-based simulation approach for deploying VoIP”, *International Journal of Network Management*, Vol. 16, pp 159-183, 2006
- [6] OPNET IT Guru Academic Edition 9.1 ([www.opnet.com](http://www.opnet.com))

# IMP RAČUNARSKA MREŽA OTPORNA NA JEDNOSTRUKU OTKAZU IMP SINGLE FAULT TOLERANT NETWORK

Nikola Jevtović, Nebojša Panjevac  
Institut Mihajlo Pupin - Automatika

**Sadržaj** – Način povezivanja elemenata distribuiranog upravljačkog sistema: od programabilnih kontrolera, preko SCADA servera do HMI stanica u mnogome utiče na performanse rada, lakoću održavanja i mogućnost proširivanja nekog DCS-a. Standardizovane topologije otporne na bilo koji jednostruki kvar komunikacione opreme unutar nje, omogućavaju jednostavnu adaptaciju ovakvog rešenja bez presudnog uticaja broja elemenata koje je potrebno povezati u mrežu. Institut Mihajlo Pupin je razvio ovakvu mrežnu topologiju prvenstveno za potrebe povezivanja svojih PLC-ova familije Atlas sa svojim View SCADA/HMI sistemom, ali ju je ostavio otvorenom za sve one uređaje koji primenjuju IEC i IEEE standarde u komunikaciji.

**Abstract** - The way of connecting DCS elements, such as PLCs, SCADA servers and HMI stations as well, is a great factor that determines operational performances, maintenance difficulties or possibility for extending any DCS. Standardization of single fault tolerant network enables its easy reconfiguration regardless on the number of elements that are connected within it. Institute Mihailo Pupin has developed this topology primarily for the purpose of connecting its own Atlas family PLCs with its View SCADA/HMI system, but has kept it opened for all devices that use IEC and IEEE communication standards.

## 1. UVOD

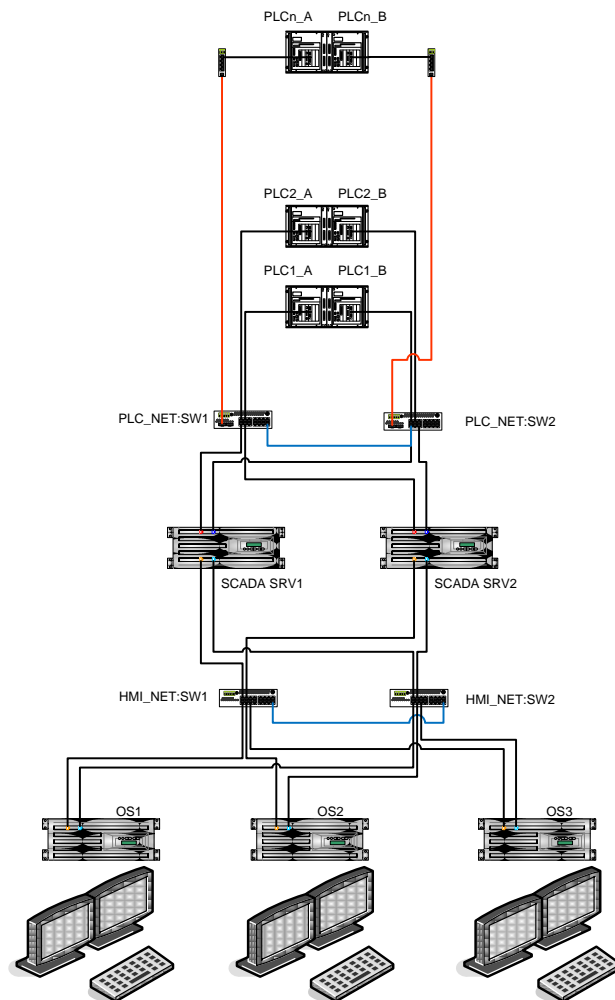
Za pravilno funkcionisanje i pouzdanost DCS-a (Distributed Control System) u svim pa i u ekstremnim uslovima rada industrijskog i elektroenergetskog postrojenja mora biti zadovoljeno nekoliko uslova. Pored osnovnog, koji se odnosi na pouzdan rad elektronskih elemenata korišćene opreme u takvom okruženju, tu su i dodatni uslovi koji se odnose na način međusobnog povezivanja korišćenih elemenata i obezbeđivanja redundanse sistema u slučaju otkazivanja rada jednog njegovog dela.

Telekomunikaciona (TK) mreža IMP-Automatika DCS-a se može podeliti na nekoliko osnovnih segmenata, gde svaki od njih, u svom domenu, obezbeđuje pouzdan rad i dopunjuje ceo sistem kao stabilan i pouzdan DCS. Segmenti koji čine TK mrežu su:

- Terminalni uređaji DCS-a,
- Aktivna i pasivna mrežna oprema,
- Način povezivanja elemenata u skalabilnu, konfigurabilnu i standardizovanu FTN (Fault Tolerant Network) koju je lako modifikovati zavisno od konkretnih potreba korisnika a bez narušavanja osnovnih karakteristika i performansi mreže.

Tipičan način povezivanja DCS-a, dat na Slici 1.1., sadrži sve elemente potrebne za pouzdanu komunikaciju između prikazanih elemenata. Broj, fizički raspored u

prostoru kao i izbor portova na aktivnoj mrežnoj opremi ne utiču na stabilnost prikazane topologije, koja predstavlja standardno rešenje za povezivanje elemenata IMP – Automatika DCS-a.



Slika 1.1 Tipičan način povezivanja DCS-a

## 2. TERMINALNI UREĐAJI DCS-A

Terminalni uređaji IMP-Automatika DCS-a se projektuju i izrađuju na način koji obezbeđuje da svi elementi, nezavisno od povezanosti sa ostatkom sistema, mogu da rade u okruženju koje karakteriše elektromagnetne smetnje, širok temperaturski opseg, visok procenat vlažnosti vazduha, postojanje ugljene prašine u vazduhu koji cirkuliše kroz opremu i sl. Terminalni uređaji su:

- Programabilni kontroleri (PLC),
- SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) serveri,
- Operatorske stanice (HMI – Human Machine Interface).

Hardverske karakteristike korišćene opreme su definisane njihovom pratećom tehničkom dokumentacijom i garantovane od strane proizvođača da ispunjavaju visoke zahteve radnog okruženja u kom se nalaze.

Za pouzdan rad sistema međusobne povezanosti elemenata DCS-a potrebno je obezbediti redundantnost samih elemenata. Iako svaki od njih ima vrlo veliko vreme između dva otkaza (MTBF) treba uzeti u obzir i tu mogućnost pri planiranju sistema. Svaki od navedenih terminalnih uređaja ima sebi redundantan element: PLC-ovi se uvek izrađuju kao centralne jedinice A i B koje rade u master/slave režimu.

Na identičan način su realizovani i SCADA serveri koji rade tako da je jedan aktivan, koji vrši prozivku udaljenih stanica (PLC-ova) i to samo master stanica, i pasivan server koji prati rad aktivnog i čeka da preuzme ulogu aktivnog čim tekući aktivan prestane sa radom.

Operatorske stanice su u suštini međusobno iste, s tim što je na svakoj od njih izabran poseban set slika za svakog operatora posebno. Otkazivanje jedne operatorske stanice se nadomešćuje korišćenjem bilo koje druge, podizanjem potrebnog seta slika.

Na ovaj način, svaki element ovog segmenta ima redundansu i otporan je na jednostruke kvarove.

### 3. AKTIVNA I PASIVNA MREŽNA OPREMA

Elementi aktivne mrežne opreme su:

- media konvertori,
- svičevi,
- mrežni ruteri.

Za sve elemente aktivne mrežne opreme važe isti uslovi rada kao i za terminalne uređaje DCS-a: moraju da budu sposobni da nesmetano funkcionišu u ekstremnim radnim uslovima.

Media konvertori (media converters) su gotovi industrijski, telekomunikacioni elementi koji služe za promenu medijuma za prenos informacija: optička vlakna (fiber optics) – bakarni mrežni kablovi. Iako neki modeli mogu da se koriste za arbitriranje saobraćaja na mreži, definisanje putanja i sl, media konvertori se koriste isključivo za nazivnu funkciju – omogućavaju povezivanje prenosnih puteva različitog tipa. Rešenje koje koristi IMP Automatika DCS je da se pri promeni prenosnog puta optika-bakar i obrnuto drži dva principa:

- 1) Ne vrši nikakvo arbitriranje o putanji koju izabrati: u konvertor ulazi samo jedan optički kabl i samo jedan bakarni,
- 2) Obezbedi redundantno napajanje media konvertora: nepostojanje ili kvar bilo kog od dva izvora napajanja uzrokuje signaliziranje alarma za kvar dela mrežne opreme, ali nikako ne ugrožava rad same mreže.

S druge strane, svičevima (switches) je osnovna funkcija da biraju najjeftiniju putanju između dve tačke na mreži. Obavezno redundantno napajanje i signaliziranje kvara/nepostojanja jednog izvora su isti kao i za media konvertore.

Mrežni ruteri (routers) su složeniji deo aktivne mrežne opreme. Oni služe za povezivanje celih mrežnih podistema u jedinstven telekomunikacioni prostor u kom je npr moguće sa nekog računara (SCADA servera, operatorske stanice) dohvatiti bilo koji PLC, s tim što se ne menja ono što PLC-ovi vide i čije broadcast pakete dobijaju. Zbog složenosti funkcije rada rutera, kod njih nije toliko akcenat na redundantnom napajanju, već na postojanju redundantnog rutera koji u slučaju kvara ili nefunkcionisanja trenutno aktivnog, može odmah preuzeti aktivnu ulogu i nastaviti sa rutiranjem mrežnog saobraćaja između različitih podistema. Princip povezivanja rutera u IMP-Automatika DCS-u objašnjen je u poglavljima 4.1.3 Povezivanje različitih PLC podmreža sa velikim brojem PLC-ova i 4.2.2 Povezivanje HMI podmreža rutiranjem saobraćaja, a blok šema povezivanja pomoću rutera data je na Slikama 4.3 i 4.5.

Pasivnu mrežnu opremu čine:

- Bakarni kablovi (standardno CAT5e),
- Optički kablovi,
- Patch paneli,
- Konektori.

Svi elementi pasivne mrežne opreme koji se koriste su u skladu sa propisanim standardima za rad u industrijskim postrojenjima, a uključuju:

- Zaštitu opreme od mehaničkih oštećenja,
- Zaštitu od elektromagnetnih smetnji,
- Zaštitu od termičkih/hemijskih i drugih oštećenja, širenja vatre i sl.

### 4. NAČINI POVEZIVANJA ELEMENATA MREŽE

Na Slici 1.1 je data osnovna topološka šema čijom se modifikacijom i modularnim proširenjima mogu realizovati gotovo svi zahtevi korisnika za povezivanje terminalnih uređaja u jedinstven telekomunikacioni prostor bez narušavanja bezbednosti svake podmreže u okviru njega i uz jasno definisanje permisija za pristup svakoj od njih.

Slika 4.1 prikazuje osnovnu topološku šemu sa naznačenim podmrežama:

- PLC podmreža
- HMI podmreža

Svaka od ovih podmreža ima saobraćaj karakterističan za elemente koji su u njoj i koji, zbog pouzdanosti prenetih informacija, mora da ostane neometan saobraćajem ostatka sistema.

#### 4.1. PLC podmreža

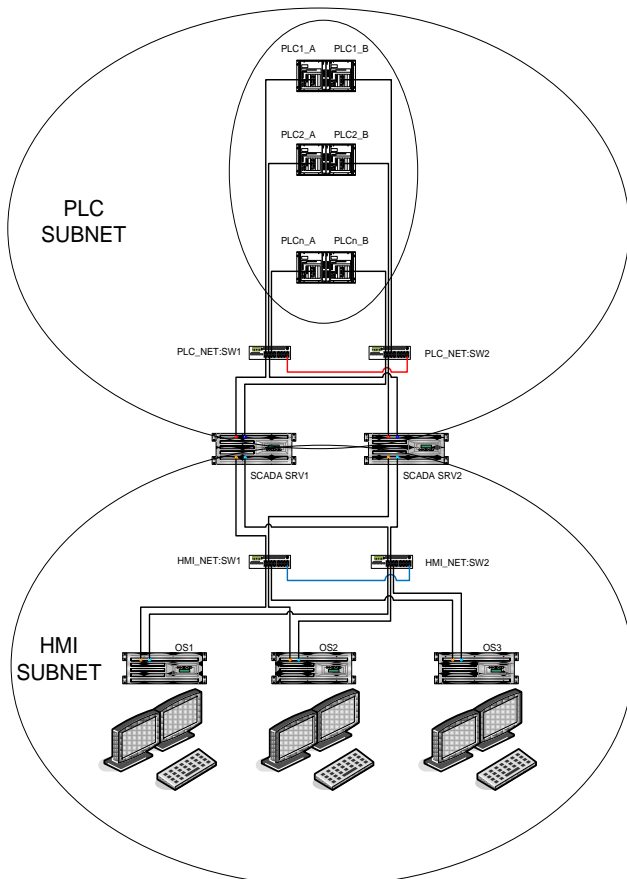
PLC podmreža je u opštem slučaju nešto složenija od HMI podmreže iz nekoliko razloga:

- PLC-ovi mogu biti fizički prilično udaljeni što otežava njihovo povezivanje i često zahteva korišćenje različitih prenosnih medijuma;
- Ukupan broj korišćenih PLC-ova u sistemu daleko premašuje broj SCADA servera ili operatorskih

stanica, pa je samim tim i mreža složenija i zahteva veći broj aktivne mrežne opreme koja se koristi;

- PLC-ovi rade u realnom vremenu i gotovo sve što rade je vremenski kritično tako da je pouzdanost kako prenosa podataka tako i stabilnosti mreže u PLC-ovskom delu esencijalna za njeno funkcionisanje.

U nastavku ovog dokumenta, biće predstavljene osnovna topološka rešenja kao i opciona proširenja bez narušavanja stabilnosti i pouzdanosti u radu.



Slika 4.1 Podmreže osnovne topološke šeme

#### 4.1.1. PLC podmreža osnovne topološke šeme

Kao što je naglašeno kod opisa terminalnih uređaja DCS-a, PLC-ovi i SCADA serveri koji se povezuju u ovom delu sistema su redundantni i uvek se instaliraju u paru. Osnovni princip povezivanja u okviru PLC podmreže jeste da se svi A ili „levi“ uređaji povežu u jedan svič, a svi B ili „desni“ u drugi. Ta dva sviča su međusobno povezana putem uplink-a.

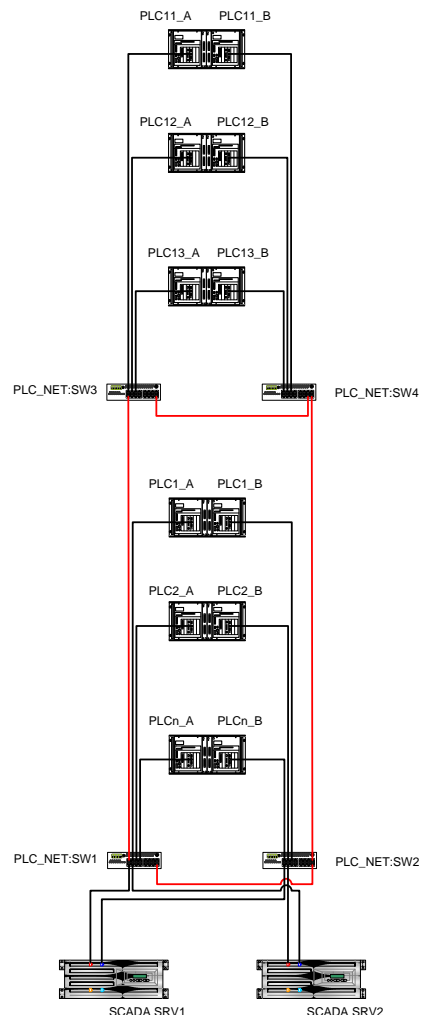
Ovakvo povezivanje je otporno na bilo koji jednostruki kvar sistema. U slučaju otkazivanja jednog sviča, što bi bio scenario najgoreg slučaja jer bi to uticalo na najveći broj elemenata u sistemu, ostaje ispravan drugi svič i svi uređaji koji su na njemu. Pošto je SCADA server taj koji traži masterske PLC-ove, on će po potrebi prebaciti one stanice koje vidi kao slave-ove da postanu masteri. SCADA i HMI računari su obezbeđeni od kvara sviča preko kojeg komuniciraju, na taj način što imaju dve mrežne karte i sa svake vezu u različite svičeve.

Otkazivanje jednog od redundantnih izvora napajanja aktivne mrežne opreme nema uticaja na sistem baš zbog postojanja redundantnih izvora.

Problem jednog prenosnog puta od terminalnog uređaja do sviča se rešava postojanjem redundantnog uređaja: master-slave PLC-ovi, aktivna-pasivna SCADA (pored postojanja po dva prenosna puta od svakog SCADA servera). Treba naglasiti da je mreža na SCADA serveru podešena da radi tako što je samo po jedan mrežni izlaz aktivan u svakom trenutku, tj oba mrežna izlaza nikada ne rade u isto vreme!

#### 4.1.2. PLC podmreža sa velikim brojem PLC-ova

U slučaju složenijih sistema koji za svoj rad zahtevaju veliki broj PLC-ova, kao i veće prostorne distribuiranosti sistema diktirane raspoloživim prostorom na postrojenju, javlja se problem nedostatka portova na jednom sviču. Ta situacija se uspešno rešava kao na Slici 4.2. Kako je na slici naznačeno crvenim vezama, uplink-ovi povezuju prikazanu opremu u prsten (ring).



Slika 4.2 PLC podmreža sa velikim brojem PLC-ova

Povezivanje aktivnih mrežnih elemenata u prsten nosi sa sobom glavnu prednost što se na taj način obezbeđuje redundantnan prenosni put između bilo koje dve tačke sistema. Otkazivanje jednog uplink-a nema

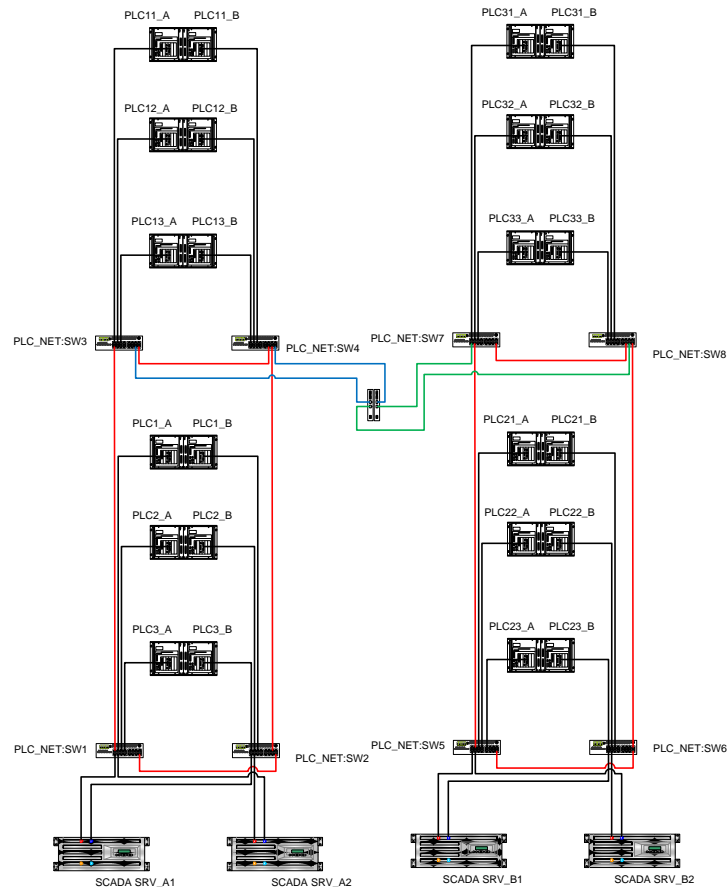
gotovo nikakvog uticaja na povezanost elemenata. Aktivna mrežna oprema IMP-Automatika DCS-a se konfigurira tako da ne dozvoli zatvaranje prstenova koji mogu izazvati tzv *loopback* efekat. Svaki svič na mreži je podešen tako da se na njemu izvršava RSTP koji:

- Traži najjeftinije putanje stabla koje kreira sa ostalim svičevima
- Proverava ispravnost i dostupnost terminalnih uređaja
- Ispituje postojanje potencijalnih zatvorenih prstenova (ring-ova) na mreži i ne dozvoljava

njihovo zatvaranje, na taj način sprečava nastajanje loopback-ova

#### 4.1.3. Povezivanje različitih PLC podmreža sa velikim brojem PLC-ova

Dalje uslozljavanje sistema ne doprinosi njegovoj pouzdanosti. Rešenje za veliki sistem nije u daljem povećanju broja elemenata jednog prstena već kreiranju više manjih. Primer za to i jedna tipična šema opisanog modela su dati na Slici 4.3.



Slika 4.3 Povezivanje velikih PLC podmreža preko Gateway-a

Na slici je prikazana situacija kada se ceo sistem može podeliti na dva bloka, koji ne moraju (kao što je prikazano na slici) da budu simetrični u načinu međusobnog vezivanja. U suštini, dva bloka sistema koji osim konačno mnogo podataka koje treba da razmene, i ne moraju da se „vide“. Zato je ceo sistem i predstavljen kao dva potpuno nezavisna prstena koji su spojeni samo preko jedne tačke sistema.

Upravo ta „tačka“ je srž ovakvog povezivanja i to je povezivanje putem gateway-a. Gateway može biti bilo koji aktivni mrežni uređaj, ali ako treba da učestvuje i u inter-PLC-ovskoj komunikaciji tj da podržava IPC protokol Atlas Max i Atlas Max – RTL stanica, onda je najbolje da to bude baš Atlas Max – RTL.

Atlas Max – RTL Gateway je dualni PLC sa dualnim mrežnim kartama. ETH0 mrežni izlazi oba PLC-a se vezuju u jedan ring, a ETH1 izlazi u drugi ring.

Prosledjivanje samo željenih, implementacijom definisanih podataka iz jednog ring-a u drugi vrši Atlas Max – RTL. Na ovaj način se ostvaruje sledeće:

- Samo željeni korisnički podaci biće prosledeni iz jednog u drugi ring;
- Ostali podaci koji postoje na mreži jednog ringa neće biti dostupni na drugom, i samim tim neće opterećivati kapacitet drugog ringa i obratno;
- U slučaju bilo kakvog neregularnog rada jednog dela mreža, i bilo kakvih smetnji na njoj, to se ne prenosi u drugu mrežu;
- Postojanje telnet, ssh i sftp servisa na Atlas Max – RTL Gateway-u omogućava da korisnik bude u mogućnosti da, koristeći navedene servise, „prođe“ kroz gateway i dohvati bilo koji element ovako umreženih blokova.

## 4.2. HMI podmreža

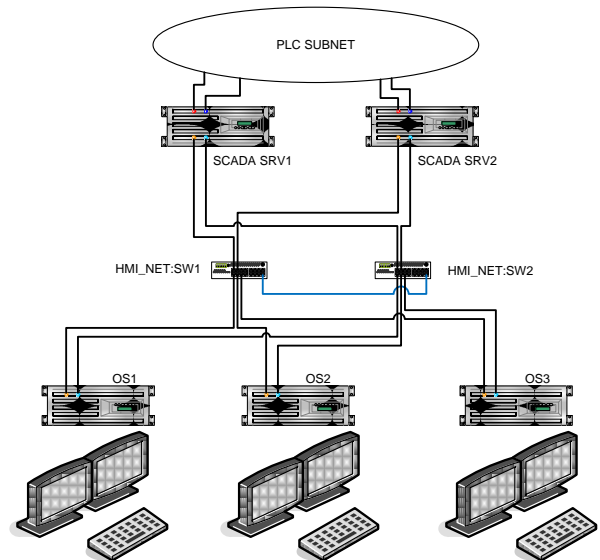
Kao što je već opisano, HMI podmreža je u principu jednostavnija od PLC-ovske, ali je i za njen pouzdan rad neophodno obezbediti:

- redundansu prenosnih puteva
- zaštitu od loopback-a
- očuvanje integriteta podataka koji se prenose između terminalnih uređaja podmreže

Redundansa prenosnih puteva je u stvari direktan uzročnik nastanka loopback-a, ali kao i u PLC podmreži, korišćenjem Rapid Spanning Tree protokola (RSTP) na svičevima taj efekat se eliminiše.

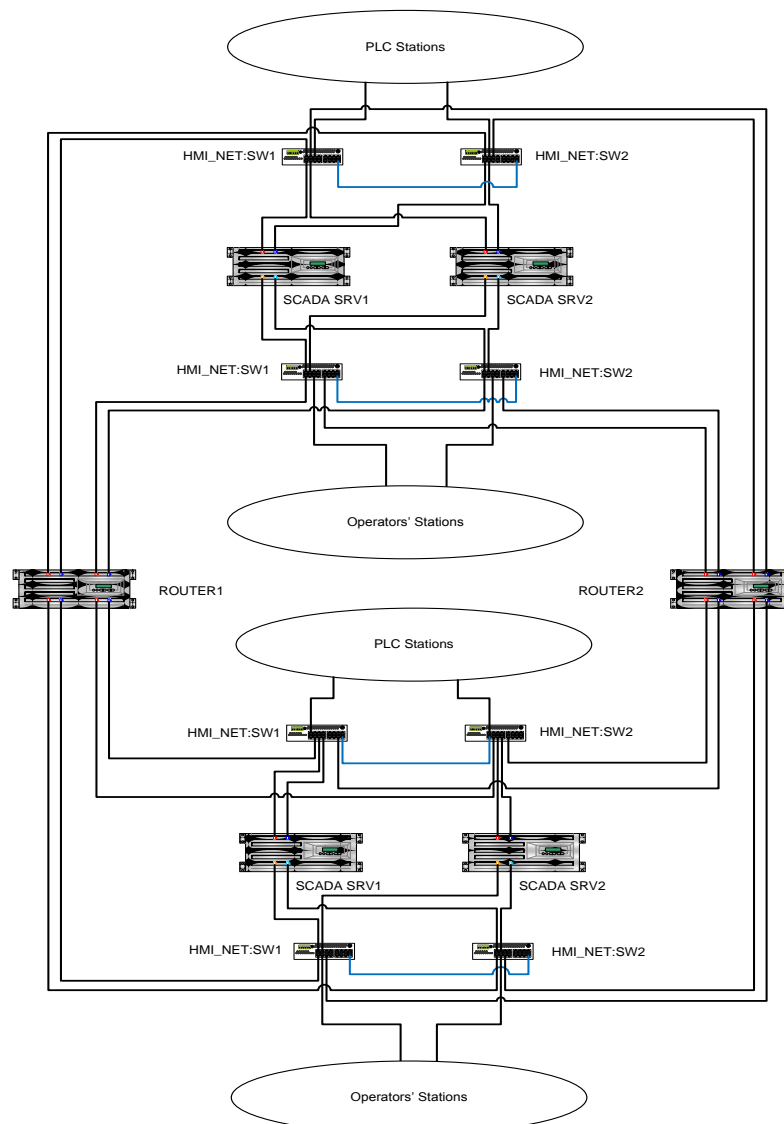
### 4.2.1. Osnovna varijanta HMI podmreže

Najosnovnija varijanta HMI podmreže izgleda kao na Slici 4.4. Opcije proširivanja HMI podmreže su identične proširivanju PLC podmreže: dodavanje parova svičeva koji formiraju ring, ali sa obavezno pokrenutim RSTP-om minimalno na uplink-ovima između svičeva, a preventivno i na svim slobodnim portovima.



Slika 4.4. Osnovna varijanta HMI podmreže

### 4.2.2. Povezivanje HMI podmreža rutiranjem saobraćaja



Slika 4.5. Povezivanje dva sistema rutiranjem saobraćaja

Topologija sa slike 4.3 omogućava da korisnik „ručno“ preko Atlas Max – RTL Gateway-a pređe iz jednog bloka u drugi blok ali SCADA serveri ne mogu da komuniciraju na taj način. Stanice iz desnog dela prikazane slike (PLC21,PLC22... PLC31,PLC32..) nisu vidljive SCADA serverima sa leve strane (SCADA SRV\_A1, SCADA SRV\_A2) i obrnuto.

Da bi se omogućila i ta komunikacija dodaju se ruteri koji prosleđuju poruke sa predefinisanih IP adresa sa jedne strane, na predefinisane adrese na drugoj strani, bez obzira da li su im IP adrese u istoj klasi. IMP-Automatika DCS sistem koristi rutere na način prikazan na Slici 4.5.

Principiska šema te topologije pokazuje koncept takvog povezivanja. Bez postojanja tih rutera Router1 i Router2, nijedna operatorska stanica, niti SCADA server jednog bloka, podsistema, ne može doći do drugog bloka i do njegovih operatorskih stanica i/ili SCADA servera

Prikazane rutere ne može zameniti običan Layer 2 switch koji se inače bez problema koristi u ostatku mreže već je neophodan Layer 3 switch koji će arbitrirati pristigli saobraćaj i preusmeravati ga ka dozvoljenim destinacijama (koje zavise od pošiljaoca) ili ih odbacivati.

## ZAKLJUČAK

Iako je ova topologija nastala prvenstveno zbog potreba umrežavanja programabilnih kontrolera IMP-a iz Atlas familije uređaja i njihovog povezivanja sa View SCADA i HMI serverima, ona se nije ograničila na njih. Zbog poštovanja IEEE standarda i preporuka, pri projektovanju ovakvog rešenja, kao i zbog potpuno redundantnog projektovanja svakog segmenta komunikacione mreže, u ovakvu mrežu je moguće povezati i sve one uređaje koje rade u skladu sa IEEE standardima i podržavaju odgovarajuće IEC komunikacione protokole.

Zavisno od potreba projekta na kojem je ova mreža implementirana, primenjuju se različiti stepeni opisane mrežne topologije. Negde je moguće potpuno je pojednostaviti, dok je na drugim mestima neophodno povezati nekoliko podsegmentata putem rutera i/ili gateway-a i dodavati ogroman broj terminalnih mrežnih uređaja koji međusobno treba da komuniciraju.

Skalabilnost, modularnost, lako održavanje, rekonfiguracija, popravka-zamena delova opreme, redundantnost su samo neke od kvaliteta ove mrežne topologije koji su se pokazali i dokazali u praksi pri instaliranju na brojnim objektima kao što su termoelektrane i hidroelektrane, dispečarski centri, nadzor i kontrola saobraćaja, vodoprivredni objekti i td.

# ANALIZA KVALITETA NELINEARNIH FILTERA UKLANJANJEM SALT & PEPPER ŠUMA

## ANALYSIS OF QUALITY OF NONLINEAR FILTERS BY REMOVING SALT & PEPPER NOISES

Ratko Ivkovic<sup>1</sup>, Dragisa Miljkovic<sup>1</sup>, Boris Gara<sup>2</sup>, Mile Petrovic<sup>1</sup>, Ivana Milošević<sup>3</sup>

*Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Serbia<sup>1</sup>*

*Ministry of Interior Republic of Serbia, Belgrade, Serbia<sup>2</sup>*

*High school of Electrical Engineering and Computers, Belgrade, Serbia<sup>3</sup>*

**Sadržaj** – U radu je analizirana razlika u kvalitetu između Median, Averaging i Weighted nelinearnih filtera, za različite spektre gustine uklanjanjem salt & pepper šuma. Uz pomoć softverskog paketa Matlab i CVIptools programa izračunati su vršni odnosi signal-šum (PSNR), srednje kvadratna greška (MSE), indeks strukturalne sličnosti (SSIM) i entropije. Pomoću ovih parametara određen je kvalitet filtriranja navedenih filtera za različite gustine salt & pepper šuma.

**Abstract** - In this paper, by applying algorithms for calculation of peak signal to noise ratio (PSNR), mean square error (MSE), structural similarity index (SSIM) and Entropy we analyzed the difference between Median, Averaging and Weighted nonlinear filters on the different spectrum of denseness of the salt and pepper noises. Software analysis is conducted with help of software package Matlab and CVIptools program. What stands out in the terms of scientific contribution is determination of quality of filtering nonlinear filters on different density of salt and pepper noises.

### 1. INTRODUCTION

In the salt & pepper noise model only two possible values are possible, a and b, and the probability of obtaining each of them is less than 0.1 (otherwise, the noise would vastly dominate the image). For an 8 bit/pixel image, the typical intensity value for pepper noise is close to 0 and for salt noise is close to 255 [1].

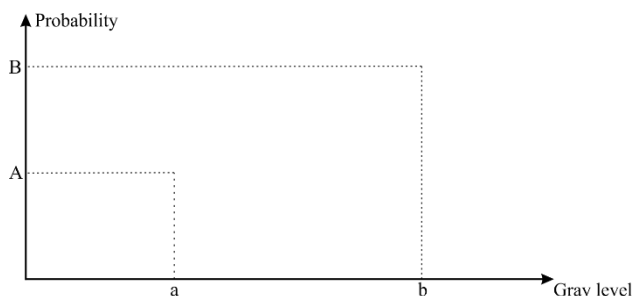


Figure 1. Probability density function for the salt & pepper noise model

The salt & pepper noise is generally caused by malfunctioning camera's sensor cells, by memory cell failure or by synchronization errors in the image digitizing or transmission.

### 2. THE MEASURES OF IMAGE QUALITY

Three of the most used measures for the comparison of image quality are the mean square error (MSE) and peak signal to noise ratio (PSNR) [2].

A method for the estimation of image quality is needed so as to give a view of how "lossy" compression methods modify image quality. We may treat an image as a matrix whose elements are image pixels.

The estimation process is then based on the calculation of distances between appropriate elements of input and output matrices. In this way, not only are the different qualities of the different compression methods compared, but also the results of the same methods using different compression ratios [3].

We denote the matrix A at the input of the compression system with elements  $a_{ij}$ , with  $i \in \{1 \dots M\}$ ,  $j \in \{1 \dots N\}$ , where M is the number of image elements in the vertical and N is the number of image elements in horizontal direction.  $M \times N$  is the total number of image elements.

The output of the compression system is the matrix A' with elements  $a'_{ij}$ . The distance between the elements of matrices A and A' represents the error or the loss of image quality. Usually, the error is larger for higher compression ratios. A user can set the compression ratio according to the desired image quality, and hence directly influence the data size of the compression image.

The total reconstruction error is defined as:

$$E = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|a_{ij} - a'_{ij}\|^2 \quad (1)$$

The distance between the matrices A and A' is frequently calculated using the Mean Square Error:

$$MSE = \frac{E}{MN} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|a_{ij} - a'_{ij}\|^2 \quad (2)$$

Where  $M \times N$  is the total number of image pixels, and the sum is applied to all image elements.

The amplitudes of image elements are in the range  $[0, 2^n - 1]$ , where  $n$  is the number of bits needed for binary representation of amplitude of each element in the original image. MSE does not consider amplitudes of image elements (it only considers differences between amplitudes) and it is the reason for introducing the Peak Signal to Noise Ratio



$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (3)$$

Where MxN is the total number of image pixels, and the sum is applied to all image elements.

The variable MAXI is the maximum amplitude value of the image element (pixel). When the amplitude of the image pixel is represented by B bits, MAXI is  $2^B - 1$ .

With n=8 bits/image element we can define:

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right) \quad (4)$$

Typical values for PSNR for “lossy” compressed images are between 30 and 50 dB.

Index of structural similarity (SSIM - Structural Similarity Index) is one of the more popular algorithms for assessing of image quality. The algorithm is based on the idea that the images of natural scenes are very structured (highly structured) and that the human eye is sensitive to structural distortions [4], [5]. This means that samples of image signal is very dependent on each other, especially if they are spatially close.

SSIM values are defined in the window moves pixel by pixel from the upper left portion of the image to the lower right. In this way a map of SSIM values, it can be viewed as a map image quality that is being assessed. Summary, quality is defined as the mean quality maps and obtained medium SSIM (Mean-SSIM) and MSSIM index gives a value for the quality of the whole image

$$MSSIM(X, Y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SSIM(x_j, y_j) \quad (5)$$

Where X and Y are the original and test images, respectively,  $x_j$  and  $y_j$  parts of image in the j-th window and M is number of windows [6].

According to Shannon who uses probability theory to model information sources, i.e., the data produced by a source is treated as a random variable. The information content, Shannon’s entropy of a discrete random variable X that has a probability distribution  $p_x = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  is then defined as

$$H(X) = H(p_x) = \sum_{i=1}^n p_i \log \left( \frac{1}{p_i} \right) \quad (6)$$

The term  $\log 1/p_i$  indicates the amount of uncertainty associated with the corresponding outcome. It can also be viewed as the amount of information gained by observing that outcome. Thus, entropy is merely a statistical average of uncertainty or information [7].

Shannon also provides an axiomatic derivation of: This is the only function of p that is continuous with p; increases with n; and is additive, i.e., the entropy of two random variables is the sum of the entropy of the first and the entropy of the second given the first. Yet, this derivation is not the key reason that entropy plays a central role in today’s information theory. Using previous equation,

many information-theoretic results can be derived concisely. For example, it is known that a uniquely decipherable code required for X has a minimum average length bounded by  $H(X)$  and  $H(X) + 1$  [8].

Entropy is the greatest when all samples are equally likely, i.e.,  $H((p_1, p_2, \dots, p_n)) \leq \log n$  [9].

### 3. NOLINEAR IMAGE FILTER

The median filter has been proven to be very useful in many image processing applications. In a median filter, a window slides across the data and the median value of the samples inside the window is chosen to be the output of the filter. This nonlinear filter, compared to linear ones, shows certain advantages: edge preservation and efficient noise attenuation with robustness against impulsive-type noise [10].

The averaging filter is one of the most basic smoothing filters. Averaging filtering is usually thought of as a convolution operation as the mask is successively moved across the image until every pixel has been covered [1]. like other convolutions it is based around a kernel, which represents the shape

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{n^2} \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

and size of the neighbourhood to be sampled when calculating the mean. Larger kernels are used when more severe smoothing is required. Instead of averaging all the pixel values in the window, give the closer-by pixels higher weighting, and far-away pixels lower weighting.

$$g(m, n) = \sum_{l=-L}^L h(k, l) s(m-k, n-l) \quad (8)$$

This type of operation for arbitrary weighting matrices is generally called “2-D convolution or filtering”. When all the weights are positive, it corresponds to weighted average. Weighted average filter retains low frequency and suppresses high frequency = low-pass filter [1].

### 4. SYSTEM MODEL

For objective image quality analysis 24-bit uncompressed images in tiff format were used, with original resolution 512x512 pixels, 96 dpi for horizontal and vertical resolution are available on web page <http://sipi.usc.edu/database/misc.zip>.

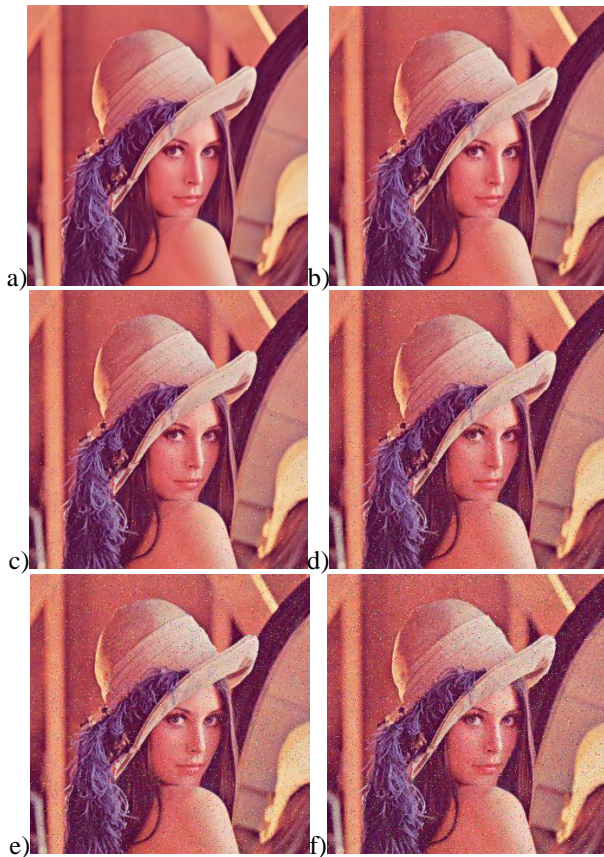


Figure 2. a) Original image, Salt and pepper noise b) density 0.01, c) density 0.02, d) density 0.03, e) density 0.04, f) density 0.05

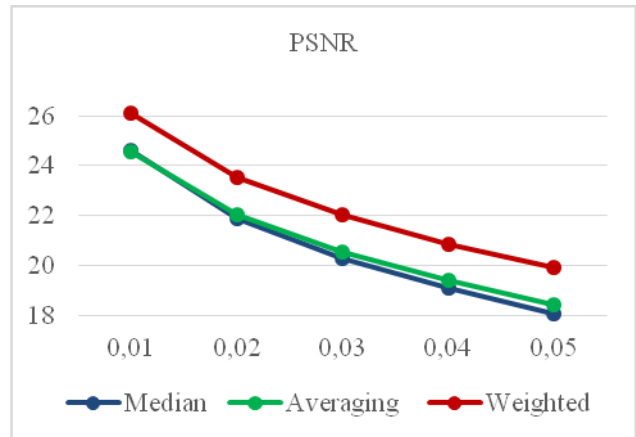
In software packing Matlab with command  $J = \text{imnoise}(I, 'salt \& pepper', d)$  adds salt and pepper noise to the image  $I$ , where  $d$  is the noise density. This affects approximately  $d \cdot \text{numer}(I)$  pixels. The default for  $d$  is 0.05.

Obtained images are measured through algorithms mean square error (MSE), peak signal to noise ratio (PSNR) and structural similarity index (SSIM).

Measuring structural similarity index (SSIM) is conducted in regard of the original image (Figure 2a).

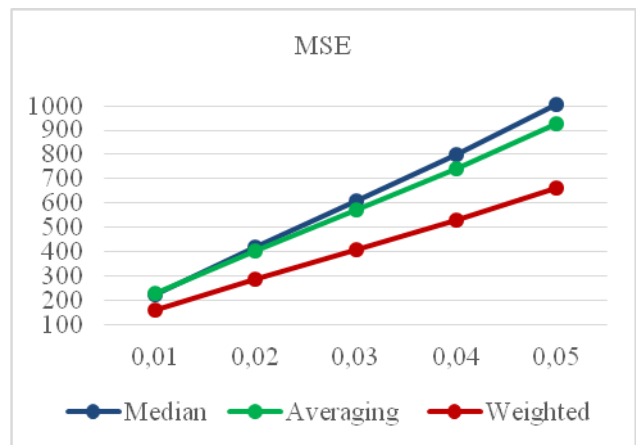
### 5. RESULTS AND DISCUSSION

Analysis is conducted on the basis of peak to signal ratio (PSNR), mean square error (MSE) and structural similarity index (SSIM), received results are shown on graphs 1, 2 and 3 respectively.



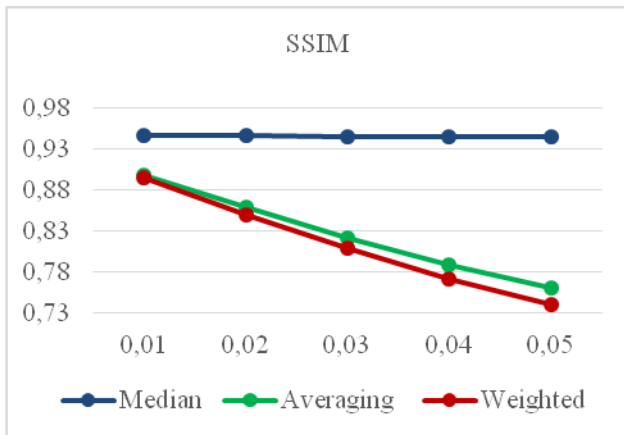
Graph 1. Change PSNR for filtered images

From Graph 1 it can be concluded that on the whole of observed spectrum (0.01-0.05) Weighted filter gives slightly weaker results compared to Median and Averaging filters. And, when Median and Averaging filters are directly compared only on higher density is where Median gives slightly better results (0.04 and 0.05).



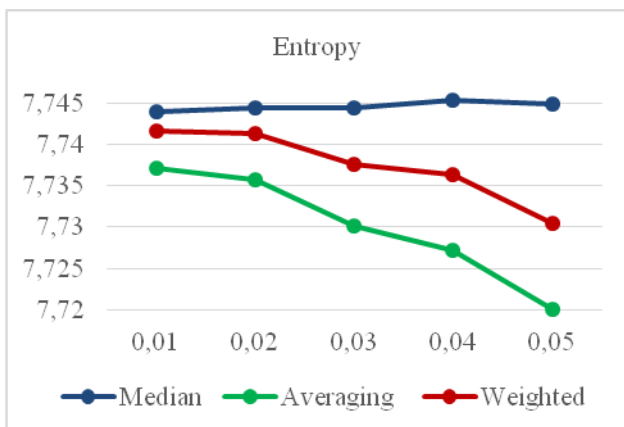
Graph 2. Change MSE for filtered images

Graph 2 gives the relation between nonlinear filters on determined spectrum of density of salt and pepper noises. From this graph it can be noticed that with the increase of density of noise, so increases mean square error. On extremely low density of noise (0.01) all three filters are giving approximately the same results, while with increase of density there is clearer separation of the curves. On the highest density of noise, the most extreme values of mean square error (MSE) are given by Median filter, with Weighted filter giving almost less than half of that.



Graph 3. Change SSIM for filtered images

Structural similarity index which is shown on Graph 3, gives insight of how much are given images similar in luminosity with the original image, after it was filtered with previously mentioned filters (Figure 2a). Almost constant value on the whole of observed spectrum is given by Median filter. That constant value is very close to 1, which would theoretically mean that filtered image is identical with the original. Much worse results are obtained with Averaging and Weighted filters. With this, it should be mentioned that with the increase of density of noise, quality of the image filtered with Averaging and Weighted filters is declining. Compared to Weighted filter, Averaging filter gives slightly better results.



Graph 4. Change Entropy for filtered images

On Graph 4. is shown Entropy of the filtered images on observed spectrum of salt and pepper noises. Similarly as with the SSIM algorithms, Median filter gives the best results on observed spectrum. Also, on the basis of Entropy algorithm, it can be said that value of Median filter almost does not depend from density of salt and pepper noises. On the other hand, in direct comparison between Averaging and Weighted filters, on the whole observed spectrum, Weighted filter is giving better results.

## 6. CONCLUSION

In this paper three the most significant filters for removing salt and pepper noises from image were

analyzed. Results showed that Median filter, in all of the conducted analyses, is giving the best results for this purpose. On the observed spectrum for analysis of index of structural similarity (SSIM) and Entropy, it is shown that Median filter does not depend of density of noises in the image, while Averaging and Weighted are linearly decreasing with accretion of noises. And, when it comes for the relation between Averaging and Weighted filter, through all of the analysis conducted in this paper, Averaging filter gave slightly better results.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was done within the research project of the Ministry of Science and Technological Development of Serbia III47016, TR35026 and III 044006.

## REFERENCES

- [1] R.C.Gonzales, R.E.Woods, Digital Image Processing. 2-nd Edition, Prentice Hall, 2002.
- [2] Ilic S., Petrovic M., Jaksic B., Lazic Lj., Milosevic M., "Experimental analysis of picture quality after compression by different methods", *Przeglad elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 11, 2013.
- [3] Jaksic B., Gara B., Ivkovic R., Petrovic M., Milosevic M., "Analysis brightness effect on quality pictures after compression with JPEG and SPIHT compression method", *Matematičke i Informatičke tehnologije*, September 2013.
- [4] Wang Z., Bovik A.C., Lu L., "Why is Image Quality Assessment So Difficult?", *Proceedings of ICASSP* May 2002.
- [5] Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P., "Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity" *IEEE Trans. On Image Processing*, Vol. 13, No. 4, April 2004.
- [6] Bondžulić B., Petrović V., Antić M., "Uvod u objektivnu procenu kvaliteta slike", *YU Info konferencija*, 2011.
- [7] Dougherty E.R., "Random Processes for Image and Signal Processing", *IEEE Press*, 2000.
- [8] Beirlant J., Dudewicz E.J., Györfi L. And Van der Meulen E., "Nonparametric entropy estimation: an overview", *Intern J. Math. Stat. Sci.*, Vol. 6, No. 1, pp. 17-39., June 1997.
- [9] Cloude SR and Pottier E., "An entropy based classification scheme for land applications of polarimetric SAR", *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 75, pp. 68-78., 1997.
- [10] Abdessamad b. H., Pedro l., Luque-Escamilla, Jose M.-A., Ramon R.-R., "Removing noise and preserving details with relaxed median filters", *Journal of mathematical imaging and vision* 11., pp. 161-177, 1999.

# FREE SPACE OPTICS KAO MEDIJUM ZA PRENOS MULTIMEDIJALNIH SADRŽAJA

## FREE SPACE OPTICS – MEDIUM FOR MULTIMEDIA DATA TRANSFER

Borivoje Milošević<sup>1</sup>, Slobodan Obradović<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš  
<sup>2</sup>Matematički institut SANU, Beograd

**Sadržaj:** - Zadnjih godina javila se potreba za drastičnim povećanjem brzine prenosa podataka, naročito u sistemima koji bi trebalo da prenose multimedijalne podatke ili odgovaraju na upite iz multimedijalnih baza podataka i koji se moraju izboriti sa velikim brojem postojećih i mnogih budućih multimedijalnih servisa. U radu se govori o primeni jedne nove tehnologije za prenos multimedijalnih sadržaja - Free Space Optics, bežičnog optičkog prenosa. Razvijena od strane vojske i NASA programa ona već nekoliko decenija u različitim formama ostvaruje brze komunikacione linkove sa različitim udaljenim lokacijama. Bežičan prenos ima tu osobinu da se vrlo brzo može implementirati svuda gde je to potrebno, podrazumevajući pri tome izvanrednu brzinu protoka podataka i kratko vreme realizacije celog sistema. Možemo slati 1,25Gbps podataka, govor, muziku, sliku, video i vršiti simultane video konferencije kao kod fiber - optičkih komunikacionih sistema.

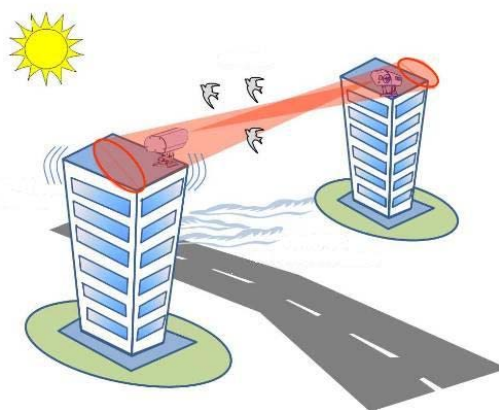
Bežična optička veza može se koristiti na dva nivoa: kao gradska mreža (MAN – Metropolitan Area Network) za povezivanje korisnika u topologiji od tačke do tačke (Point to Point), ili za komunikaciju u lokalnim mrežama unutar zgrada i objekata (LAN – Local Area Network). Pošto je ova tehnologija sa stanovišta cene vrlo prihvatljiva (oko sedam puta jeftinija od kablovskog prenosa), u svetu se javlja čitava ekspanzija novih bežičnih optičkih linkova.

**Abstract:** - Last year there was a need for a drastic increase in data rate, especially in systems should convey multimedia information and respond to inquiries from multimedia databases, and which must deal with a large number of existing and many future multimedia services. The paper discusses the implementation of a new technology for the transmission of multimedia content - Free Space Optics, wireless optical transmission. Developed by the military and NASA programs it has for several decades in various forms, realizes fast communication links with various remote locations. Wireless transmission has the property that can quickly deploy wherever needed, assuming that the outstanding data transfer speed and quick implementation of the system. We can send 1.25 Gbps of data, speech, music, pictures, video and perform simultaneous video conference at the fiber - optic communication systems. Wireless optical links can be used at two levels: as a metropolitan area network (MAN - Metropolitan Area Network) to connect users to the topology of point-to-point (Point to Point), or communication in local area

networks within buildings and facilities (LAN - Local Area Network). Since this technology from the perspective of a very acceptable price (about seven times cheaper than cable transmission), the world appears a whole expansion of wireless optical links.

### 1. UVOD

Free space optika je tehnologija koja omogućava prenos podataka kroz slobodan prostor. To je bežična optička mreža, zasnovana na korišćenju slobodnog prostora (atmosfera) kao medijuma za prenos i lasera (ili LED dioda) malih snaga kao izvora svetlosti, naravno uz jedan uslov, jer je optička vidljivost između predajnika i prijemnika neophodna, Slika 1.



Slika 1. Uprošćen FSO sistem

Povezivanje više računara, informacionih i multimedijalnih sistema koje se danas vrši korišćenjem bežične mreže (OW), ograničava se na zatvoreni prostor koji je određen fizičkim granicama prostorije u kojoj se koristi. Kod FSO sistema radi se o komunikaciji laserskim zracima uglavnom u infracrvenom delu spektra, pri čemu se podaci od predajnika do prijemnika bežično prenose laserom, preko ugrađenih sistema sočiva.

Laserski modulator konvertuje podatke u svetlosni signal koji laser prebacuje infracrvenim zrakom, a generiše se poluprovodničkim laserskim diodama i moduliše elektrooptičkim modulatorima.

Usporedna tablica performansi jedne i druge tehnologije može se prikazati kao:

	FSO	OW
Brzina prenosa podataka	1.5 Gbit/s	1Gbit/s
Radna talasna dužina	1550 nm	400 – 700 nm
Tip predajnika	VCSEL laser, Kolimirana LE D	LE D
Tip prijmnika	APD, PIN, Kvadrantna fotodioda,	APD, PIN
Domet signala	3 km	< 20 m
Ograničenja u dometu signala	Atmosferska prigušenja	Atmosferska prigušenja
Topologija mreže	Isprepletana	Zvezdasta
Primena	Komunikacija od tačke do tačke, pristupna mreža, FTTx	Lokalne bežične mreže

Talasne dužine su u skoro vidljivom infra crvenom spektru (780 nm do 850 nm), najviše zbog dostupnosti izvora svetlosti zasnovanih na efikasnim i pouzdanim poluprovodničkim diodama, ali se zbog opasnosti po ljudsko oko sada uglavnom koriste talasne dužine oko 1550 nm, isto kao i kod komercijalnih kablovskih optičkih komunikacionih sistema.

FSO sistemi se koriste zbog sledećih osobina:

- velika brzina prenosa,
- modularan način izgradnje mreže,
- otpornost na prisluškivanje,
- nema potrebnih dozvola,
- minimalni godišnji troškovi,
- manja cena od sistema sa optičkim vlaknima,
- laka i brza instalacija,
- efikasnost u premošćavanju "poslednje milje",
- lako povezivanje manjih delova mreže.

Zbog toga se FSO komunikacione tehnologije razvijaju kao tehnologije osposobljene za širokopojasne bežične aplikacije. Potencijalno, FSO tehnologije nude talasne opsege širokih kapaciteta i to preko spektra nelicenciranih talasnih dužina. Naravno, kod dugačkih FSO linkova postoji problem turbulencija u atmosferi koje mogu prouzrokovati varijaciju intenziteta primljenog signala i degradaciju performansi linka. Međutim, i ovi problemi se mogu rešiti korišćenjem time delayed diverziteti tehnike, koja u ovom slučaju može pomoći, jer je pri tome put zraka kroz atmosferu od predajnika do prijmnika statistički nezavisan u vremenskim intervalima koji su van koherentnog vremena u kome se javlja variranje intenziteta. Tako se poboljšavaju komunikacione performanse, jer je tada združena verovatnoća greške signala manja od verovatnoće greške pojedinačnog kanala.

Pošto postoji optička vidljivost između prijmnika i predajnika, tada je komponenta signala koja se prostire ovom linijom daleko intenzivnija od komponenti koje se dobijaju rasejanjem i može se opisati Rajsomovom raspodelom. Javlja se ako uz više signala slabije snage (različite refleksije) na prijmnju antenu stiže i jedan

snažan signal (direktni talas) –LOS (Line Of Sight uslovi propagacije), tada govorimo o Rajs-ovom fedingu.

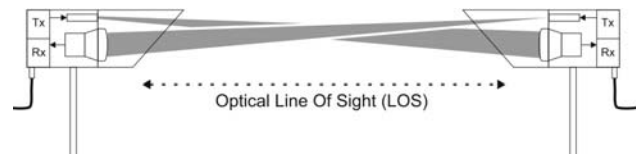
Tada anvelopa signala,  $r$ , ima Rajsovu distribuciju:

$$f(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2 + a^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{ra}{\sigma^2}\right) \text{ za } r \geq 0$$

Gde je  $I_0$  Besselova funkcija nultog reda.

Ako je  $a = 0$  (nema direktnog signala) ova funkcija prelazi u Rejljev, a ako je  $a$  veliko (jedan dominantni signal) ova funkcija prelazi u Gaussovu.

Može se dakle reći da laserski zrak ima distribuciju intenziteta opisanu Gaussovom (normalnom) raspodelom. Pokazano je da na parcijalno koherentni zrak manje utiču atmosferske prilike u odnosu na potpuno koherentni zrak. Drugim rečima, parcijalno koherentni zrak ima bolji odnos srednje snage signala i srednje snage šuma (SNR – Signal to Noise Ratio). Sistem FSO prenosa može se prikazati na slici 2.



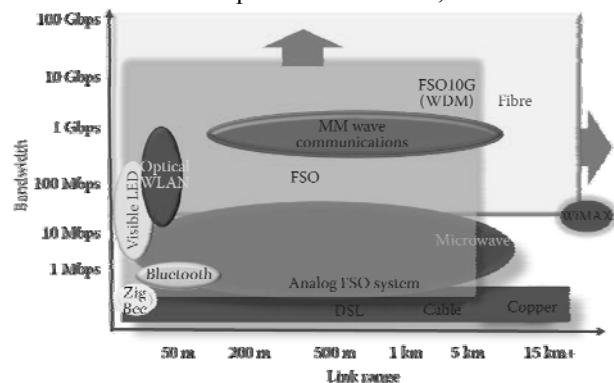
Slika 2. Izgled FSO sistema

Ovi sistemi su takodje veoma pogodni za proširenje gradske mreže, kao i rezervni link u sistemima sa optičkim vlaknima.

Jedan od osnovnih problema kod FSO sistema je uticaj atmosfere na propagaciju laserskog snopa. U ovom radu ispitana su dva osnovna efekta slabljenja u FSO sistemima. Jedan je uticaj divergencije zraka na slabljenje, a drugi je uticaj optičke vidljivosti.

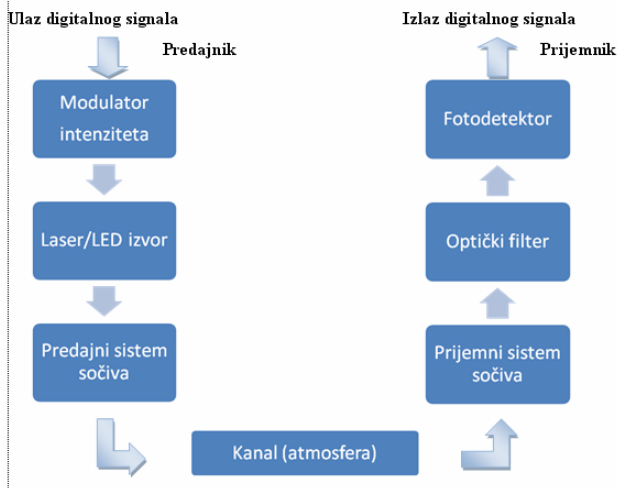
Prilikom proticanja laserskog snopa kroz vazduh, na slabljenje utiču same karakteristike vazduha (čak i pri idealnim vremenskim uslovima), zatim kiša, toplota i najviše od svega – magla. Tipičan optički bežični link ima rezervu od ~20 dB, odnosno ovaj podatak ukazuje koliko izgubljene snage može sebi link da priušti pre nego što prestane da radi.

Pod idealnim atmosferskim uslovima vazduh ima slabljenje približno 1 dB/km (u optičkom vlaknu ovo slabljenje je 4 puta manje – od 0.22 ÷ 0.35 dB/km), pa je maksimalni domet linka 20 km. Treba imati u vidu da su atmosferski uslovi retko kad idealni, odnosno da je mali procenat vremena kada optički link zaista može postići domet od naksimalno predviđenih 20 km, slika 3.



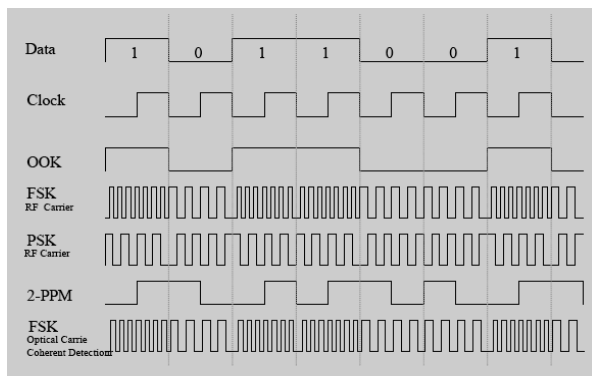
Slika 3. Brzina protoka i domet FSO&RF sistema

Na slici 4. prikazan je blok dijagram optičkog predajnika i optičkog prijemnika. U predajniku, niz bitova u osnovnom opsegu se vodi na ulaz modulatora, koji neizmenično generiše ili prekida jednosmernu struju koja napaja lasersku ili LED diodu. Emitovana, modulirana po intenzitetu, svetlost zatim prolazi kroz sočivo koje oblikuje svetlost u paralelni snop koji se prenosi atmosferom. Na drugom kraju FSO veze nalazi se prijemnik. Teleskop skuplja i usmerava delove svetlosnog zraka na fotodetektor, koji pretvara optičke signale u električne signale. Detektovani signal se zatim pojačava i procesira.



Slika 4. Blok dijagram FSO komunikacionog sistema

Najveći broj FSO sistema koristi prosto dvopolno kodiranje (ON-OFF keying-OOK) kao modulaciju, koja je ista kao i kod digitalne kablovske optike, gde se podaci prenose u digitalnom obliku i gde postojanje svetlosti predstavlja logičku „1”, dok ne postojanje predstavlja logičku „0”. Ovako prosta modulaciona šema omogućava da FSO sistemi budu nezavisni od protokola i brzina prenosa na fizičkom nivou veza, slika 5.

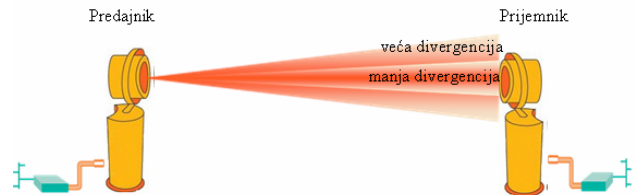


Slika 5. Modulacioni metodi

## 2. SMETNJE U FSO SISTEMIMA

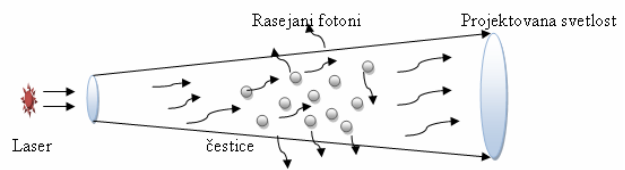
Nestacionarni atmosferski procesi, divergencija, rasejanje i pomeranje primopredajnika su najveći ograničavajući faktori u FSO sistemima.

*Divergencija* ili širenje svetlosti, slika 6. predstavlja povećanje poprečnog prečnika prostirajućeg zraka sa povećanjem rastojanja. Od svih atmosferskih procesa koji izazivaju slabljenje, divergencija je jedini proces koji je nezavistan od prenosnog medijuma, tj. javlja se u vakumu, kao i u vazduhu. U predajniku, divergencija zraka se javlja usled difrakcije oko kružnog luka na kraju teleskopa. U praksi, emitovani zrak je u prečniku veći od sočiva u prijemniku i ovo omogućava potrebno poravnanje predajnika i prijemnika i prilikom pomeranja istih, LOS.



Slika 6. Divergencija

*Rasejanje*, slika 7. je još jedan uzrok slabljenja svetlosnog zraka u atmosferi. U ovom procesu aerosoli i čestice koje se javljaju usled magle, oblaka i prašine, koje su slične veličinr kao talasna dužina zraka, skreću svetlost sa njegovog pravca. Neki od skrenutih delova zraka putuju dužim putem do predajnika i nisu u fazi sa pravim zrakom.



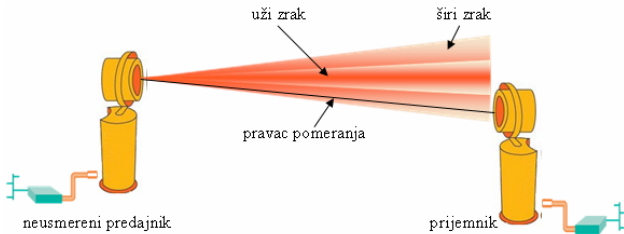
Slika 7. Rasejanje

Sledeća tabela prikazuje prečnike atmosferskih čestica i njihove parametre veličine, za talasne dužine 785 nm i 1550 nm.

Vrsta	Prečnik (μm)	Parametar veličine $\alpha$	
		785nm	1550 nm
Molekuli vazduha	0.0001	0.0008	0.0004
Čestice izmaglice	0.01-1	0.08-8	0.04-4
Kapljice magle	1-20	8-160	4-80
Kiša	100-10000	800-80000	400-40000
Sneg	1000-5000	8000-40000	4000-20000
Grad	5000-50000	40000-80000	20000-40000

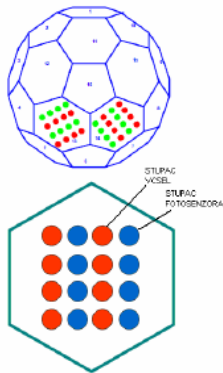
*Pomeranje primopredajnika* je neophodno kako bi se obezbedilo da se ugao divergencije emitovanog zraka poklopi sa vidnim poljem teleskopa na prijemniku. Kako je FSO zrak poprilično uzak, slika 8, naporavnanje prouzrokovano torzijom i njihanjem nosača primopredajnika (zgrade) kao i refrakciona turbulencija,

može prekinuti komunikacioni link. Jedna od metoda za rešenje ovog problema je defokusiranje zraka (namerno povećanje divergencije) kako bi se omogućilo pomeranje primopredajnika bez prekida linka. Druga metoda je dizajniranje predajnika tako da on emituje niz zrakova tako da bar jedan bude usmeren ka prijemniku, dok ostali nisu.



Slika 8. Pomeranje primopredajnika

Međutim, ovi problemi se mogu rešavati i primenom specijalnih vrsta antena, slika 9.



Slika 9. Prikaz optičke antene sa heksagonalnim pločama

### 3. IZRAČUNAVANJE KOEFICIJENTA SLABLJENJA SIGNALA

Proveru prethodno navedenih tvrdnji o prednostima talasne dužine od 1550 nm nad talasnom dužinom od 785nm ćemo izvršiti preko formule za koeficijent slabljenja:

$$\sigma = \frac{3.91}{V} \left( \frac{\lambda}{550nm} \right)^{-q}$$

$\sigma$  – koeficijent atmosferskog slabljenja  
 $V$  - vidljivost ( u km)

$\lambda$  - talasna dužina (u nm)

$q$ : raspodela veličine čestica

$q = 1.6$  za veliku vidljivost ( $V > 50$  km)

$q = 1.3$  za prosečnu vidljivost ( $6 \text{ km} < V < 50$  km)

$q = 1.6 \cdot V + 0.34$  za izmaglicu ( $1 \text{ km} < V < 6$  km)

$q = V - 0.5$  za sumaglicu ( $0.5 \text{ km} < V < 1$  km)

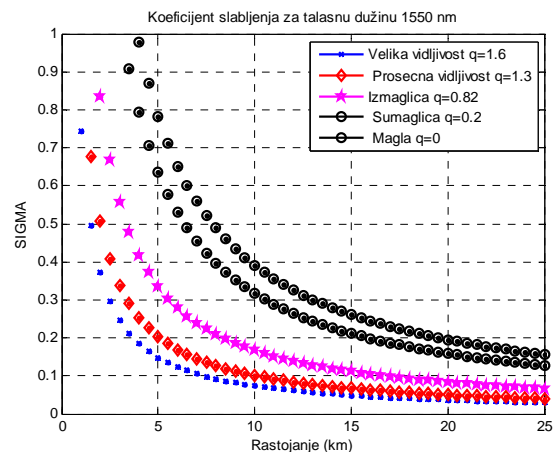
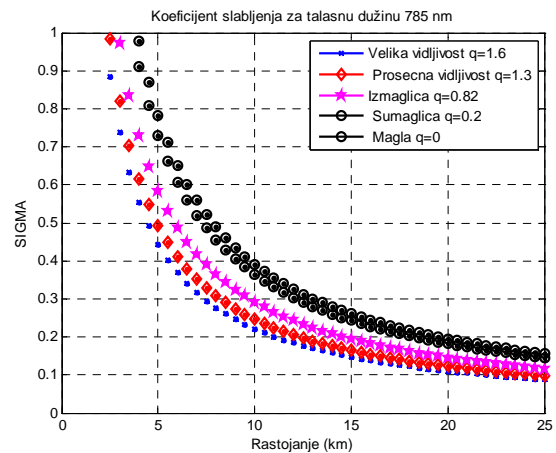
$q = 0$  za maglu ( $V < 0.5$  km)

Izračunaćemo slabljenje signala usled uticaja različitih atmosferskih prilika pri prenosu multimedijalnog sadržaja ili bilo kog drugog vida podataka putem ove dve talasne

dužine. Cilj je dakle da upoređivanjem ove dve različite talasne dužine pri slanju podataka, pod uticajem različitih atmosferskih prilika, odredimo koja je talasna dužina najpogodnija za prenos. Za izračunavanje koeficijenta slabljenja i grafički prikaz koristićemo program Matlab.

Vidljivost (km)	Koeficijent slabljenja (dB/km) za 785 nm	Koeficijent slabljenja (dB/km) za 1550 nm	Vremenski uslovi
0.3	13.03	13.03	Magla
0.7	5.20	4.5	Sumaglica
3	0.973	0.557	Izmaglica
40	0.0615	0.0254	Prosečna vidljivost
55	0.0402	0.0135	Velika vidljivost

Slika 10. prikazuje izračunate dijagrame zavisnosti koeficijenta slabljenja u funkciji od rastojanja za dve razne talasne dužine (785 nm I 1550 nm).



Slika 10. Zavisnost koeficijenta slabljenja u funkciji od rastojanja za dve razne talasne dužine

Na osnovu dobijenih rezultata jasno se može zaključiti da pri različitoj vidljivosti i pod uticajem drugačijih atmosferskih prilika talasna dužina od 1550nm ima znatno manji koeficijent slabljenja u odnosu na talasnu dužinu od 785 nm. Shodno tome zaključujemo da je prenos signala (podataka) putem FSO linka pogodnije vršiti izborom talasne dužine od 1550 nm. Izborom ove

talasne dužine sprečavaju se i povrede ljudskog oka koje mogu nastati korišćenjem infracrvenih lasera. Kapaciteti koji su u ovom trenutku na raspolaganju idu i do 2.5 Gb/s, na daljinama do nekoliko kilometara.

#### 4. ZAKLJUČAK:

Ono što je karakteristično za tehnologiju bežičnog optičkog prenosa je to, što je oprema relativno jeftina i brzo se instalira. U poređenju sa cenom određenog kablovskog optičkog linka, ukoliko bi se uspostavio bežični optički link uštedelo bi se čak i do sedam puta u odnosu na troškove uspostavljanja samog kablovskog linka. Takođe period uspostavljanja bežičnog optičkog linka meri se satima, u najgorem slučaju danima, dok je za eventualno uspostavljanje optičkog kablovskog linka potrebno više meseci, nakon pribavljenih svih dozvola.

Možda se do sada iz svega navedenog može zaključiti da bežični optički link predstavlja optimalnu alternativu optičkom kablju, međutim postoje mnogi problemi koje je potrebno rešiti da bi pomenuti zaključak zaista važio i u realnim uslovima. Na performanse samog bežičnog optičkog linka utiču mnogi parametri, čime ga još uvek značajno udaljavaju od performanse optičkog kablja. Ova prilično razvijena, ali zaboravljena tehnologija, u poslednjih nekoliko godina ponovo postaje aktuelna, nudeći koncept potpuno novih optičkih mreža koji odgovara cilju razvoja savremenih tehnologija. FSO tehnologija ima potencijal da bude deo tehnološke platforme koja treba da zadovolji sve veći zahtev za protokom u bilo kom delu telekomunikacione mreže. Postoji opravdan porast interesovanja operatora mreža za učešćem na rastućem tržištu, sa što manjim početnim ulaganjima.

Mreže za pristup danas predstavljaju veliki problem i kočnicu u razvoju telekomunikacija, a time i privrednog, društvenog i kulturnog života. Brzina uvođenja tehnologije koja može da poveže jezgro mreža sa krajnjim korisnicima, veoma je značajna i za krajnje korisnike, jer omogućava brz odgovor na zahtevane servise, a što je najbitnije, uz niske troškove po prenesenom bitu.

Tehnološki pristup koji bi potencijalno omogućio stambene mreže velikih binarnih protoka je kombinacija postojeće FTTN (vlakno ka susedstvu) ili FTTC (vlakno ka kraju mreže) infrastrukture i FSO za pristup „poslednjih 100 m“ kući. Ovo je ideja hibridne stambene mreže laserskog vlakna (HFL). Faktor koji za sada sprečava FSO tehnologiju da počne masovno da se uvodi u sve nivoe telekomunikacionih mreža jeste slabljenje koje unosi atmosfera, kao medijum za prenos.

U postojećim FSO sistemima, neophodna je višestruka opto-električka i elektro-optička konverzija signala. Tehnologija optičkih vlakana i FSO tehnologija se mogu integrisati i zajedno obratiti sveopštoj upotrebi sa širokopojasnim servisima u bilo kom delu mreže i zapravo se dopunjavati i tako eliminisati nedostatke svake od njih.

#### Zahvalnica

Izrada rada je podržana projektom III 44006 Ministarstva obrazovanja i nauke REPUBLIKE SRBIJE.

#### LITERATURA

- [1] Analysis of Free-Space Optics as a Transmission Technology – Tom Garlington, Joel Babbitt, George Long, U.S. Army Information Systems Engineering Command (USAISEC), 2005.
- [2] Internet protokoli - <http://sr.wikipedia.org>
- [3] Optical Wirlwss Sluntions Based on Free-Space Optics (FSO) Tehnology LightPointe Communications, Inc. 2004.
- [4] Efekti slabljenja u optičkim komunikacionim sistemima u slobodnom prostoru - Branko Radan i Dejan Gvozdić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu
- [5] Uticaj atmosfere i divergencije laserskog snopa na prijem podataka u optičkim komunikacionim sistemima u slobodnom prostoru – Milan Milošević, Telfor 2006.
- [6] Defining a Common Standard for Evaluating and Comparing Free-Space Optical Product – fSONA Communications, 2000.
- [7] Wavelength Selection For Optical Wireless Communications Systems – fSONA Communications, 2001.
- [8] Comparison Of Laser Beam Propagation At 785 Nm And 1550 Nm In Fog And Haye For Optical Wireless Communications- Isaac I. Kim, Bruce McArthur, and Eric Korevaar, Opical Access Incorporated, 2003.
- [9] Availability of Free Space Optics (FSO) and hibryd FSO/RF systems – Isaac I. Kim and Eric Korevaar, Optical Access Incorporated, 2003.
- [10] Hibryd Free Space Optical /Millimeter Wave Outdoor Links For Broadband Wireless Access Networks – T. Kamalakis, I. Neokosmidis, A. Tsiouras, Space Hellas S.A. 2007.
- [11] 60 GHz MMW Applications – Helsinki University of Technology, 2003.
- [12] An Experimental Hybrid FSO/RF Communication System – Ankara University, 2007.
- [13] The Last-Mile Solution: Hybrid FSO Radio – Scott Bloom, W. Seth Hartley, MS, 2002.
- [14] Optika u slobodnom prostoru - FSO, Dušan Mladenović, UNIVERZITET U NIŠU ELEKTRONSKI FAKULTET.
- [15] Primena bežičnog optičkog prenosa u kablovsko distributivnim sistemima - Borivoje M. Milosavljević, Aleksandar Stojanović, Aleksandar Maksimović, JP PTT saobraćaja "Srbija", 2004.
- [16] Uticaj atmosfere i divergencije laserskog snopa na prijem podataka u optičkim komunikacionim sistemima u slobodnom prostoru - Milan Milošević, TELFOR, 2006.



# OPTIMIZACIJA DUBOKIH DNS UPITA U SPOLJAŠNIM IZVORIMA PODATAKA ZA BIND SERVER

## OPTIMIZATION OF DEEP DNS QUERIES IN EXTERNAL DATA SOURCES FOR THE BIND SERVER

Ivan Nejgebauer<sup>1</sup>, Milan Kerac<sup>1</sup>, Aleksandar Sudarević<sup>1</sup>, Zoran Vojnović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*O.J. ARMUNS, Univerzitet u Novom Sadu*

**Sadržaj** – Naivna implementacija algoritma za razrešavanje DNS imena u spoljašnjim izvorima podataka za BIND server, kao što su LDAP imenici, ima za posledicu veliki broj obraćanja spoljašnjem izvoru i pad performansi kod upita za imena sa dubokom hijerarhijskom strukturom. Ovaj rad opisuje poboljšanja SDB drajvera i LDAP potpore za BIND server koja ispravljaju ovaj nedostatak.

**Abstract** – A naive implementation of the DNS name resolution algorithm in external data sources for the BIND server, such as LDAP directories, results in a large amount of external source traffic and performance degradation with queries for deeply hierarchical names. This paper describes enhancements to the SDB driver and the LDAP backend of the BIND server which address this shortcoming.

### 1. UVOD

DNS servis je kritična komponenta mrežne infrastrukture na TCP/IP mrežama; njegova ažurnost i ispravna konfiguracija značajno doprinose neometanom funkcionisanju mreže i sposobnosti rešavanja problema koji se tokom rada pojavljuju. Najrasprostranjenija implementacija DNS servisa je programski paket BIND (*Berkeley Internet Name Domain*[1], po prvobitnoj implementaciji), raspoloživ na svim modernim serverskim platformama i odgovoran za preko 80% DNS instalacija.

Osnovni format DNS podataka za BIND su obične tekstualne datoteke koje se transformišu u interni memorijski format kao osnovu za odgovaranje na upite. Ovaj način rada omogućava visoke performanse, i BIND je za to optimizovan; međutim, tekstualne datoteke nisu pogodan sistem za instalacije gde se očekuje više od šačice osoba odgovornih za ažuriranje DNS podataka, niti tamo gde DNS podatke treba povezati sa drugim izvorima informacija—primera radi, kod Internet ili hosting provajdera.

Ovaj problem je odavno prepoznat, i u BIND softveru ponuđeno je rešenje koje povezuje server sa spoljašnjim izvorima podataka preko posebnog drajvera i potpore za odgovarajući izvor. Prvi raspoloživ drajver, i najjednostavniji za implementaciju, jeste SDB (*Simplified Database Interface*), sa podrškom za mnogobrojne izvore podataka, kao što su relacione baze podataka ili LDAP imenici.

Jedan od nedostataka rešenja kao što je SDB jesu značajno slabije performanse u odnosu na memorijski

format BIND servera. U zavisnosti od okruženja u kome se DNS servis koristi, ovo ne mora biti prepreka; veliki broj instalacija ne zahteva krajnje dostižne performanse u DNS podsistemu. Dodatno, i potencijalno ozbiljnije: analizom i praćenjem rada SDB drajvera lako se može zaključiti da performanse dodatno opadaju u zavisnosti od vrste imena koja se traže, unoseći nepredvidljivost u rad čitavog sistema.

Ovaj rad analizira uzroke ovakvog ponašanja i opisuje poboljšanja koja ublažavaju pad performansi u sprezi sa LDAP potporom za SDB drajver. Sledeći odeljak opisuje opšti postupak razrešavanja imena i analizira implementaciju ovog postupka u SDB drajveru. Kasniji odeljci opisuju neophodne promene u SDB drajveru i potpori za LDAP, kako u izvornom kodu, tako i u šemi podataka, radi poboljšanja performansi, prezentuju empirijsku verifikaciju poboljšanja, i predlažu moguća dalja poboljšanja u implementaciji.

### 2. RAZREŠAVANJE DNS IMENA

#### 2.1. Opšti postupak razrešavanja

DNS imena su hijerarhijska, i sastoje se iz uređenog niza komponenti, od kojih se svaka naziva *labela*. Imena se zapisuju s leva na desno, tako da je prva labela u zapisu najniža u hijerarhiji. Svaka labela može da bude početak posebnog područja administrativne odgovornosti, koja se naziva *zona*. Ako je određeni DNS server podešen tako da ima podatke vezane za zonu i spreman je da razrešava imena iz te zone, za njega se kaže da je *autoritativan* za dotičnu zonu. Uprošćeni, apstraktni postupak za razrešavanje imena ima sledeće korake:

1. Utvrdi najduži sufiks imena za koji je server autoritativan. Ovo određuje zonu u kojoj će se obavljati dalje razrešavanje. Za potrebe ovog rada pretpostavićemo da je ova pretraga uvek uspešna, tj. da je server autoritativan tačno za jednu zonu u sklopu imena.
2. Ako je traženo ime jednako imenu zone, pretraga se obustavlja. Za ime zone uvek moraju biti vezani određeni podaci, kao što su SOA i NS zapisi. U suprotnom, počinje se od prve labele ispod imena zone.
3. Ako za traženu labelu postoji NS zapis, na tom mestu u hijerarhiji dolazi do delegacije, tj. grananja u posebnu zonu. Pretraga se obustavlja i vraća se rezultat koji ukazuje na postojanje delegacije. U suprotnom, ime se produžava za još jednu labelu i postupak pretrage se nastavlja.

4. Ako se dođe do punog imena, vraća se rezultat koji eventualno postoji za to ime, ili poruka o nepostojanju ukoliko podataka nema.

Može se primetiti da postupak (konceptualno) zahteva proveru svakog delimičnog imena u lancu od prvog nivoa iznad početka zone do krajnjeg imena da bi se utvrdilo da li na toj poziciji postoji delegacija. Važno je naglasiti da ovaj algoritam ne diktira implementaciju; dokle god se implementacija ponaša kao da je provera obavljena na svakoj poziciji, rezultati će biti dosledni i ispravni. S druge strane, hijerarhijska pretraga je prirodan način za tretman podataka smeštenih u strukturu stabla: BIND koristi crveno-crno balansirano binarno stablo[2] kao osnovnu memorijsku strukturu, tako da je implementacija bliska konceptualnom opisu.

U modernim DNS implementacijama, NS zapisi nisu jedini način koji dovodi do izlaska iz tekuće zone. DNAME zapisi[3] mapiraju čitavo podstablo ispod labele vezane za zapis i konceptualno se moraju proveravati za svaku labelu (sem ciljane), uključujući i zapis u vrhu zone koji, ako postoji, remapira sadržaj čitave zone.

Izuzetak od provere postojanja delegacije jeste traženje spojnih (*glue*) zapisa, koji omogućavaju da se otkriju IP adrese DNS servera unutar zone ka kojoj se obavlja delegiranje. Bez postojanja ovih zapisa, delegiranje nikad ne bi moglo da odmakne dalje od zone za koju je pojedinačni server autoritativan. Spojni zapisi su konceptualno izvan skupa autoritativnih podataka, mada ih sve realne implementacije skladište zajedno sa podacima za zonu, a njihov poseban status signalizuju specijalnim opcijama koje serveru naznačavaju da algoritam za razrešavanje ne treba da uzima u obzir delegacije. Iako se eksplicitno ne spominju, DNAME zapisi bi stoga takođe trebalo da se zanemaruju prilikom traženja spojnih zapisa; štaviše, samo postojanje DNAME zapisa u istoj grani hijerarhije predstavlja grešku u konfiguraciji.

## 2.2. Implementacija razrešavanja u SDB drajveru

SDB drajver isporučen uz verziju 9.9 BIND servera (koji se u osnovnim crtama ne razlikuje od onih u ranijim verzijama) ima implementaciju algoritma za razrešavanje koja dosledno prati konceptualni model, bez pokušaja da se pretraga optimizuje na bilo koji način. Koraci koje algoritam preduzima, za svaku labelu počev od one koja imenuje zonu, do krajnje labele u punom imenu, jesu sledeći:

1. Konstruiše se delimično ime sastavljeno od svih labela koje se trenutno razmatraju.
2. Za to ime se šalje upit spoljašnjem izvoru podataka.
3. Ako nema rezultata, prelazi se na sledeću labelu, osim u slučaju da se algoritam nalazi na imenu zone, u kom slučaju se prijavljuje greška (jer, kao što je ranije napomenuto, u vrhu zone mora biti podataka.)
4. Za nađene podatke se prvo proverava DNAME redirekcija, osim ako se algoritam nalazi na punom imenu. Ako DNAME zapis postoji, pretraga se prekida.

5. Zatim se proverava delegacija, tj. postojanje NS zapisa, osim ako se algoritam nalazi u vrhu zone, ili ako se traži spojni zapis. Delegacija prekida pretragu.

6. Ako ime nije krajnje, prelazi se na sledeću labelu.

7. Proverava se tip traženih zapisa i vraćaju rezultati.

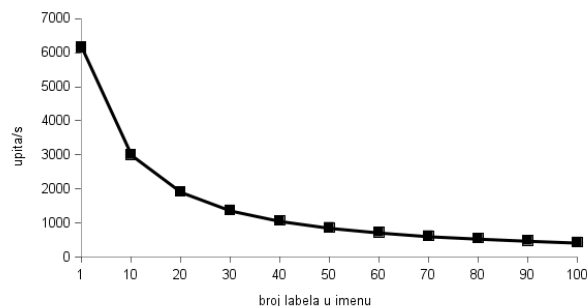
Na primer, za razrešavanje imena *a.b.c.example.net* treba:

- Ispitati *example.net* na DNAME;
- Ispitati *c.example.net* na NS i DNAME;
- Ispitati *b.c.example.net* na NS i DNAME;
- Ispitati *a.b.c.example.net* na NS i konačno zahtevan tip rezultata.

Može se primetiti da svaka iteracija algoritma znači obraćanje spoljašnjem izvoru podataka (u drugom koraku), pa stoga nije teško konstruisati upit koji će mnogostruko povećati iskorišćenje tog spoljnog izvora. Ovo može da bude deo zlonamerne upotrebe servera (kao što je *Denial of Service* napad), ali i regularnog korišćenja: većina zona za inverzno mapiranje IPv6 adresa se završava na granici maske od 64 bita, a pojedinačno 64-bitno adresno polje je predstavljeno sa 16 labela.

Da bi se kvantifikovalo opterećenje spoljašnjeg izvora sa porastom dubine upita, obavljena su merenja performansi servera za različite veličine upitnog imena. Verzija BIND servera bila je 9.9.3, sa prilagođenjima za operativni sistem CentOS 6.5. BIND server je bio povezan sa LDAP imenikom (OpenLDAP 2.4.38), posebno modifikovanim za direktan rad u adresnom prostoru BIND-a. Sva merenja su rađena na virtuelnoj mašini sa jednim virtuelnim procesorom i 1 GB memorije, dovoljno da se svi radni podaci za BIND i LDAP servere nalaze u njoj.

Na slici 1 prikazane su izmerene performanse servera sa standardnim algoritmom za razrešavanje imena, gde je broj labela dužine jednog znaka u upitu varirao od 1 do 100 (blizu granične vrednosti za program *queryperf* kojim se mere performanse.) Za svaku dužinu imena generisano je 10.000 upita i obavljeno deset merenja stope upita, a kao krajnji rezultat uzeta je njihova srednja vrednost.



Slika 1: Performanse standardnog razrešavanja.

Može se primetiti da skok sa jedne na deset labela, i dalje u granicama regularnog korišćenja, prepolovljava perfor-

manse servera. Dalji pad performansi je umereniji, ali opet znatan.

### 3. POBOLJŠANJA SDB DRAJVERA

#### 3.1. Principi i opšti opis izmena

Da bi se ublažili ili eliminisali problemi opisani u prethodnom odeljku, postupak razrešavanja imena u SDB drajveru mora se promeniti, što za sobom povlači i promenu potpore za spoljašnji izvor podataka. Osnovna zamisao poboljšanja je da se modul za potporu spoljašnjeg izvora podataka (u našem slučaju, LDAP imenika) unapredi tako da implementira deo DNS algoritma za razrešavanje imena, naime: potrebu za traženjem NS i/ili DNAME zapisa na nivoima hijerarhije iznad traženog imena, i vraćanje dotičnih zapisa ako postoje, kao i prepoznavanje slučaja traženja spojnih zapisa. Da se pretraživanje imenika ne bi prosto preselilo iz SDB drajvera u modul za potporu, struktura podataka u imeniku takođe mora pretrpeti izmene.

Ove promene mogu se izvesti na više načina; njihov konačan obim i implementacija bili su posledica poštovanja izvesnih principa:

- Interfejs SDB drajvera ka postojećim modulima za potporu drugih izvora podataka, kao što su PostgreSQL i SQLite relacione baze podataka, ne sme se menjati;
- Svi postojeći moduli, ako koriste originalni interfejs, moraju nastaviti da rade bez ikakvih izmena i razlike u performansama u odnosu na prethodnu implementaciju;
- Izmene u potpori za LDAP imenik moraju biti takve da se očuva funkcionalnost originalne implementacije;
- Izbor novog ili starog algoritma za razrešavanje bira se postavljanjem jednog opcionog flega prilikom inicijalizacije modula za LDAP imenik;
- Struktura LDAP stabla ne sme radikalno da se menja;
- Ako je moguće, za dodatne podatke u imeniku upotrebiti postojeće klase objekata i attribute;
- Proširenje imenika obaviti tako da nema izmene originalnih zapisa, već samo dodavanja novih.

Ovi principi omogućavaju da se razvoj i testiranje proširenja rade inkrementalno, kao i da se u svakom trenutku sistem može vratiti na poznatu polaznu tačku, bez bojazni od gubitka podataka ili funkcionalnosti.

Sa stanovišta autora modula za potporu spoljašnjeg izvora podataka, spremnost za korišćenje alternativnog algoritma se signalizuje postavljanjem opcije `SDB_DNSFLAG_DEEP_LOOKUP` prilikom registracije modula kod SDB drajvera. U okviru funkcije `_lookup()` mora se proveriti da li SDB drajver očekuje dubinsku pretragu i/ili spojni zapis, što se postiže pozivom novih SDB funkcija `_do_deep_lookup()` i `_glue_ok()`. U slučaju da je zahtevana dubinska pretraga, rezultati se moraju vratiti pozivom funkcije `_putdeeprr()`, koja se od standardne funkcije

`_putrr()` razlikuje po dodatnom parametru `depth`, čija je vrednost broj labela rezultata relativno u odnosu na vrh zone.

#### 3.2. Izmjena strukture podataka

Da bi se moglo utvrditi da li u nekoj grani hijerarhije imena postoji DNS zapis koji bi mogao dovesti do delegacije ili redirekcije, na početku svake takve grane dodaje se LDAP zapis koji nabraja sva imena u okviru grane koja sadrže odgovarajuću vrstu DNS zapisa. Na primer, u zoni *example.net* može postojati sledeća situacija:

```

$ORIGIN example.net.
d.c NS a.d.c
a.d.c A 192.168.0.1
f.c DNAME f.c.example.org.

```

U tom slučaju, na nivou *c.example.net* mora se nalaziti LDAP zapis koji će sadržati imena *d.c* i *f.c*.

Da bi se što manje rentila postojeća struktura podataka u imeniku, ovakvi zapisi imaju klase objekata *locality* (strukturna), *dcObject* i *domainRelatedObject*, striktno disjunktne u odnosu na klasu *dNSZone*, korišćenu za obične zapise sa DNS vrednostima, i imenovani su atributom *dc/domainComponent*, a ne *relativeDomainName*. Imena koja se smeštaju u ovakav zapis biće u atributu *associatedDomain*. Sledeći LDIF fragment navodi odgovarajući zapis za nivo *c.example.net*:

```

dn: dc=c,zoneName=example.net
objectClass: locality
objectClass: dcObject
objectClass: domainRelatedObject
dc: c
associatedDomain: d.c
associatedDomain: f.c

```

Razrešavanje imena *a.b.c.example.net*, opisano u odeljku 2.2, sada bi imalo sledeće korake:

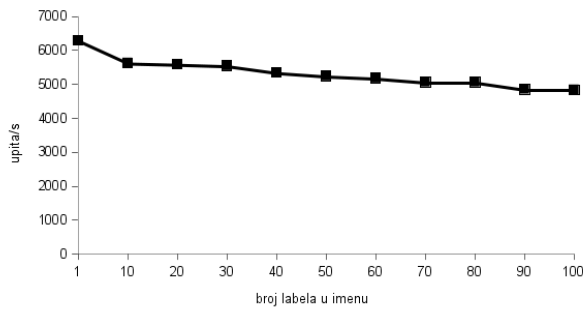
- Ispitaj *example.net* na DNAME;
- Ispitaj *c.example.net* na postojanje imena za delegaciju i redirekciju. Pronađi najduže ime koje je sufiks traženog imena (u ovom slučaju nema nijednog);
- Direktno potraži *a.b.c.example.net*.

Ovaj postupak zahteva tri obraćanja imeniku, umesto četiri kao u prvobitnom primeru. Za duža imena broj obraćanja imeniku sa modifikovanim algoritmom ostaje isti, dok se kod originalnog postupka povećava proporcionalno dužini imena.

#### 3.3. Merenja

Za poboljšani SDB drajver ponovljena su merenja pod istim uslovima i sa istim ulaznim podacima kao u odeljku 2.2. Rezultati su prikazani na slici 2.

Poboljšanje je jasno vidljivo: iako pad performansi i dalje postoji za veće upite, daleko je blaži u odnosu na onaj koji je izmeren sa originalnim postupkom razrešavanja imena.



Slika 2: Performanse unapređenog razrešavanja.

#### 4. DALJI RAZVOJ

Iako opisane izmene rezultuju predvidljivijim i ujednačenijim funkcionisanjem SDB drajvera sa LDAP imenikom, analiza i merenja ukazuju na mogućnost daljih poboljšanja naknadnim razvojem SDB drajvera.

Analiza upita otkriva da oko polovine obraćanja imeniku traže podatke vezane za vrh zone. Pošto se ovi podaci relativno retko menjaju, moguće bi bilo keširati ih u okviru modula za LDAP imenik, pošto SDB drajver svakako obezbeđuje infrastrukturu za pamćenje proizvoljnih podataka vezanih za svaku od konfigurisanih zona. Osvežavanje podataka najviše jednom u sekundi značajno bi rasteretilo LDAP server u slučaju velikog broja DNS upita, a ažurnost ne bi bila narušena.

SDB drajver nema logiku za rad sa džoker DNS upitima.

Pravila za korišćenje džoker zapisa su suptilna i lako je napraviti implementaciju koja će raditi za većinu uobičajenih slučajeva, a opet biti pogrešna za komplikovanije konfiguracije. Rešenje za SDB/LDAP bi se moglo napraviti na sličan način kao otkrivanje delgacije ili redirekcije. Ovo bi unelo dodatni upit ka imeniku za svaki DNS upit, ali bi posledice bile manje uočljive ako se uvede keširanje upita za vrh zone.

#### 5. ZAKLJUČAK

SDB drajver za BIND server sa LDAP imeničkom potporom omogućava jednostavno rukovanje DNS podacima, ali ne i predvidljive performanse u različitim scenarijima upotrebe. Izmene opisane u ovom radu, nastale na osnovu analize izvornog koda i empirijskih merenja, poboljšavaju performanse i čine ponašanje čitavog sistema predvidljivijim, što je potvrđeno ponovnim merenjima.

#### LITERATURA

- [1] Terry, D.B., Painter, M., Riggle, D.W., Zhou, S., *The Berkeley Internet Name Domain Server*, Proceedings of the USENIX Summer Conference, Salt Lake City, Utah, June 1984, pp 23-31.
- [2] Guibas, Leonidas J., Sedgewick, R., *A Dichromatic Framework for Balanced Trees*, Proceedings of the 19<sup>th</sup> Annual Symposium on Foundations of Computer Science, pp 8-21.
- [3] Rose, S., Wijngaards, W., *DNAME Redirection in the DNS*, RFC 6672, ISSN 2070-1721, June 2012.

# OSNOVI FUNKCIONE ARHITEKTURE MREŽA NA SLOJU BEZ USPOSTAVE VEZE

## FUNDAMENTALS OF FUNCTIONAL ARCHITECTURE OF CONNECTIONLESS LAYER NETWORKS

Radoslav K.Simić, *RATEL*

**Rezime:** *U ovom radu su opisani osnovi funkcione arhitekture transportnih mreža koje podržavaju servise bez uspostave veze nezavisno od tehnologije realizacije istih mreža. Date su definicije svih pojmova neophodnih za razumevanje izložene funkcione arhitekture i prezentirani su koncepti uslojavanja i partitiranja.*

**Abstract:** *The fundamentals of functional architecture of connectionless transport networks in a technology independent way are described in this paper. Definitions of all notions that are necessary for understanding exposed functional architecture, as well as, concepts of layering and portioning are given.*

### 1. UVOD

Opisivanje transportnih mreža i njihovih brojnih konstitutivnih elemenata je vrlo složen proces. Imajući to u vidu, u okviru ITU-T-a su donete preporuke u kojima su definisane funkcione arhitekture transportnih mreža. Kao takve one čine glavni, ali i vrlo pogodan alat za opisivanje transportnih mreža i njihovih konstitutivnih elemenata. Shodno tome, identični funkcioni blokovi, koji pripadaju različitim elementima transportnih mreža, su opisani preko istih grupa funkcija. Na taj način opis svakog pojedinog funkcionog bloka je u potpunosti postao nezavisan od vrste samog elementa, čime je postignuto da se različiti elementi transportnih mreža mogu opisivati preko odgovarajućih kombinacija funkcionalnih blokova.

U ITU-T preporuci G.805. je definisana funkcionalna arhitektura transportnih mreža čiji je koncept baziran na pojmu "veze" (connection). Drugim rečima ona je primenljiva na transportne mreže koje podržavaju servise sa uspostavom veze [1].

Implementacijom paketskih tehnologija, odnosno paketskih mreža (IP mreža, Ethernet mreža i dr.), koncept baziran na pojmu „veze“ se pokazao nedovoljnim. Saglasno tome, doneta je i ITU-T preporuka G.809 u kojoj je definisana arhitektura transportnih mreža koje podržavaju servise bez uspostave veze [2]. Funkcije transportnih mreža koje podržavaju servise bez uspostave veze su opisane u zavisnosti od: strukture mreže na sloju, tehnologije umrežavanja, karakteristične informacije, klijent/server asocijacija i mapiranja između mreža na sloju sa uspostavom veze i mreža na sloju bez uspostave veze. Na taj način stvoren je okvir za funkciono opisivanje svih transportnih mreža.

Materija u ovom radu je izložena na sledeći način. U odeljku 2 su date definicije pojmova iz funkcione arhitekture transportnih mreža, od kojih se većina prvi put sreće na srpskom jeziku. U odeljku 3 je dat opis transportne mreže koja podržava servise bez uspostave veze preko njenih arhitektonskih komponenata. U odeljku 4. su prezentirani koncepti uslojavanja i partitiranja, kao i klijent/server asocijacije. U odeljku 5 su prikazani odabrani primeri primene funkcione arhitekture na različitim vrstama transportnih mreža. Poslednji odeljak čine zaključci.

### 2. OSNOVNE DEFINICIJE

Grupa pristupa je grupa kolociranih funkcija terminacije toka koje su pridružene istom domenu toka ili istom linku pula tačaka toka.

Tačka pristupa je referentna tačka u kojoj se vrši povezivanje funkcija adaptacije i terminacije toka.

Funkcija adaptacije izvora je funkcija obrade transporta koja na svom ulazu prihvata karakterističnu informaciju klijent mreže na sloju i procesira je da bi omogućila njen transfer preko treila server mreže na sloju.

Funkcija adaptacije ponora je funkcija obrade transporta na čijem izlazu je prisutna karakteristična informacija klijent mreže na sloju koja potiče od procesirane informacije od treila server mreže na sloju prisutne na njenom ulazu.

Adaptirana informacija je informacija čiji se transfer vrši preko teilova ili CL teilova.

Povezivanje (binding) je direktna relacija između funkcija obrade transporta ili entiteta transporta i drugih funkcija obrade transporta ili drugih entiteta transporta, koja čini statičku asocijaciju koju nije moguće direktno modifikovati akcijom upravljanja.

Karakteristična informacija je signal određenog formata čiji se transfer vrši pomoću tokova.

Klijent/server odnos čini asocijaciju između mreža na sloju i on se izvodi preko funkcija adaptacije kako bi se omogućilo da tokovi iz klijent mreže na sloju budu podržani od strane treila server mreže na sloju.

CL teil je entitet transporta koji je odgovoran za transfer informacije od ulaza izvora terminacije toka do izlaza ponora terminacije toka.

Tok je agregacija jedne ili više jedinica prometa (traffic units) sa zajedničkim usmeravanjem.

Domen toka je topološka komponenta namenjena za prosleđivanje određenih karakterističnih informacija.

Tok domena toka je entitet transporta kojim se vrši transfer informacija duž domena toka, a formira se pomoću asocijacija portova na granici domena toka.

Tačka toka je referentna tačka koja čini tačku transfera za jedinice prometa između topoloških komponenata.

Pul tačaka toka je grupa kolociranih tačaka toka koje imaju zajedničko usmeravanje.

Link pula tačaka toka je topološka komponenta koja opisuje fiksni odnos između domena toka ili grupe pristupa i drugog domena toka ili druge grupe pristupa.

Terminacija toka je funkcija obrade transporta.

Mreža na sloju je topološka komponenta koju čini kompletan skup grupa pristupa iste vrste koje mogu biti udružene radi transfera informacije.

Tok linka je entitet transporta koji vrši transfer informacije između portova duž linka pula tačaka toka.

Matrica predstavlja granični slučaj rekurzivnog partitiranja domena toka.

Tok matrice čini entitet transporta koji vrši transfer toka duž matrice.

Mrežu čine svi entiteti koji zajedno obezbeđuju komunikacione usluge.

Tok mreže je entitet transporta formiran od niza uzastopnih tokova između tačaka terminacije toka.

Port čini izlaz izvora terminacije toka ili domena toka ili ulaz ponora terminacije toka ili domena toka.

Referentna tačka je arhitektonska komponenta koja se formira povezivanjem ulaza i izlaza funkcija obrade transporta i/ili entiteta transporta.

Topološka komponenta je arhitektonska komponenta namenjena za opisivanje transportne mreže preko topoloških odnosa između skupa tačaka u okviru iste mreže na sloju.

Jedinica prometa (traffic unit) je jedinica u postupku korišćenja karakteristične informacije

Transport je funkcioni proces transfera informacije između različitih lokacija.

Entitet transporta je arhitektonska komponenta koja vrši transfer informacije između ulaza i izlaza u okviru iste mreže na sloju.

Transportnu mrežu čine funkcioni resursi mreže koji nose korisničku informaciju između različitih lokacija.

Funkcija obrade transporta je arhitektonska komponenta koja definiše obradu informacije između svojih ulaza i izlaza. Pri tome je važno da ulazi ili izlazi ove funkcije budu unutar mreže na sloju.

Tačka terminacije toka je referentna tačka u kojoj se vrši povezivanje terminacije toka sa tokom.

### 3. ARHITEKTONSKE KOMPONENTE

Arhitektonske komponente čine sredstva preko kojih je moguće opisati funkcionisanje transportnih mreža nezavisno od implementiranih tehnologija. Pomenuta sredstva su definisana preko funkcija koje se vrše u postupcima obrade informacija, ili preko odnosa koji se iskazuju između pojedinih arhitektonskih komponenata. Funkcije izložene u ovom radu se odnose na informacije koje su prisutne na jednom ili više ulaza i na procesirane informacije koje su prisutne na jednom ili više izlaza. A to

znači da arhitektonske komponente definišu i karakterišu informacione procese između njihovih ulaza i izlaza. Međusobnim udruživanjem arhitektonskih komponenata formiraju se elementi mreže od kojih su konstituisane realne transportne mreže.

Referentne tačke u arhitekturi transportnih mreža su rezultat asocijacija između ulaza i izlaza funkcija obrade transporta i entiteta transporta.

Arhitektonske komponente se mogu klasifikovati u 4 kategorije. To su: topološke komponente, entiteti transporta, funkcije obrade transporta i referentne tačke. Dijagramske konvencije uz pomoć kojih je moguće predstavljanje mreža na sloju i njihovih komponenata su date u [1], [2].

#### 2.1. Topološke komponente

Topološke komponente omogućavaju najapstraktniji vid opisa mreže preko topoloških relacija između grupacija u koje spadaju referentne tačke. Topološke komponente se mogu svrstati u 4 grupe (mreža na sloju, domen toka, link pula tačaka toka i grupa pristupa) pomoću kojih je moguć opis kompletne mreže na sloju bez uspostave veze.

Mrežu na sloju bez uspostave veze (CL mrežu na sloju) čini kompletan skup grupa pristupa iste vrste koje su udružene u cilju transfera informacija. Pomenute informacije čine karakteristiku svake mreže na sloju i, kao takve, one se nazivaju karakterističnim informacijama. Asocijacije terminacija toka, koje formiraju treilove bez uspostave veza (CL treilove) definisane su preko jedinica prometa. One u ovakvim CL mrežama na sloju čine datagrame. Za svaku vrstu terminacije toka postoji logički potpuno odvojena mreža na sloju. Topologija mreže na sloju se opisuje preko grupa pristupa domenova toka i linkova pula tačaka toka.

Domen toka postoji u okviru svake mreže na sloju. On je definisan preko skupa tačaka toka koje su raspoložive sa ciljem transfera informacija. Transferi datagrama duž domena toka koji odgovaraju posebnoj asocijaciji između ulaznih i izlaznih tačaka toka ne moraju biti prisutni sve vreme. Domeni toka se mogu partitirati (rašćlanjavati) u manje domene toka koji su međusobno povezani sa linkovima pula tačaka toka. Matrica je granični slučaj partitiranja domena toka. Ona se ne može dalje partitirati.

Link pula tačaka toka (FPP link) se sastoji od podskupa tačaka toka na granici jednog domena toka ili od podskupa tačaka pristupa iz grupe pristupa koje su pridružene odgovarajućem podskupu tačaka toka na granici drugog domena toka ili podskupu tačaka pristupa iz druge grupe pristupa sa ciljem transfera karakteristične informacije. FPP link čini topološku zavisnost i raspoloživi kapacitet između jednog para domena toka, ili jednog domena toka i jedne grupe pristupa, ili između jednog para grupa pristupa.

Multipli FPP linkova mogu postojati između bilo kojih domena toka i grupa pristupa ili između parova domena toka ili između parova grupa pristupa. FPP linkovi se uspostavljaju na vremenskoj skali server mreže na sloju.

Grupa pristupa je grupa kolociranih funkcija terminacije toka koje su povezane na isti domen toka ili na isti FPP link.

## 2.2. Entiteti transporta

Entiteti transporta obezbeđuju transparentni transfer informacije između referentnih tačaka mreže na sloju. Postoje dva osnovna entiteta transporta, a to su tokovi i treilovi.

Sa topološkog stanovišta tokovi se mogu dekomponovati na više načina u tokove mreže, tokove domena toka i tokove linka. Tokove čini agregacija jedne ili više jedinica prometa sa zajednikom usmeravanjem. Za tokove važi sledeće:

- oni poseduju svojstvo unidirekcionog entiteta;
- jedan tok može da sadrži i drugi tok. Ovo svojstvo je rekurzivno dok se, na primer, ne dostigne limit jedinice prometa;
- tokovi se mogu zajedno multipleksirati u okviru iste mreže na sloju;
- tokovi se mogu multipleksirati kao deo adaptacije prema server mreži na sloju;
- jedan tok može biti pridružen jednom ili većem broju topoloških entiteta;
- tok može biti definisan preko parametra kao što su: njegova karakteristična informacija, adresa prema kojoj su usmerene jedinice prometa ili kao adresa sa koje potiču jedinice prometa;
- agregacija jedinica prometa može biti prostorna ili vremenska.

Tok linka je u stanju da vrši transparentni transfer informacije (jedinica prometa) duž FPP linka. Pri tome, on je ograničen sa tačkama toka (FP tačkama) i predstavlja fiksni odnos između krajeva linka. Tok linka se sastoji od jednog para funkcija adaptacije i treila server mreže na sloju. FP tačka na ulazu unidirekcionog toka linka takođe predstavlja ulaz izvora adaptacije, a FP tačka na izlazu unidirekcionog toka linka takođe predstavlja izlaz ponora adaptacije.

Tok domena toka čine grupisane jedinice prometa čiji se transparentni transfer vrši duž domena toka. On je ograničen sa portovima pridruženim tačkama toka na granici domena toka i predstavlja asocijaciju između ovih portova. Generalno, tokove domena toka čine konkatenirani tokovi domena toka i tokovi linka.

Tok mreže čine grupisane jedinice prometa čiji se transfer vrši transparentno duž mreže na sloju. On je ograničen sa

tačkama terminacije toka (TFP tačkama). Generalno, tokove mreže na sloju čine konkatenirani tokovi domena toka i tokovi linka. TFP tačka se formira povezivanjem porta terminacije toka sa portom domena toka ili sa portom FPP linka.

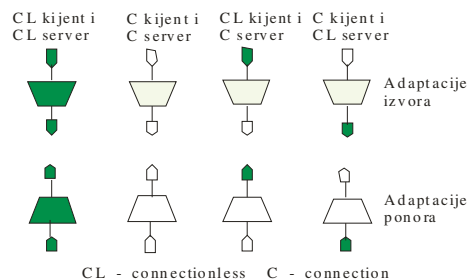
Treil bez uspostave veze (CL treil) čini transfer nadgledane adaptirane karakteristične informacije klijent mreže na sloju između tačaka pristupa (AP tačaka). On je ograničen tim tačkama i, kao takav, čini asocijaciju između izvora i odredišta baziranu na jedinici prometa ili datagramu. CL treil se formira pridruživanjem funkcija terminacije toka jedinici prometa ili datagramu.

## 2.3. Funkcije obrade transporta

Prilikom opisivanja arhitekture transportnih mreža koje podržavaju servise bez uspostave veze treba razlikovati dve opšte funkcije obrade transporta, a to su funkcije adaptacije i funkcije terminacije toka.

Funkcija adaptacije izvora je funkcija obrade transporta koja prilagođava karakterističnu informaciju iz klijent mreže na sloju u oblik koji je pogodan za njen transport preko treila server mreže na sloju sa uspostavom veze [1] ili preko CL treila server mreže na sloju bez uspostave veze [2]. Komplementarna funkcija kojom se informacija vraća u prvobitno stanje iz koga je vršena njena obrada čini funkciju adaptacije ponora.

Funkcija adaptacije izvora od svog ulaza do izlaza ima više ili jedan, odnosno jedan ili više odnosa. U prvom slučaju jedan ili više ulaza klijent mreže na sloju su adaptirani u jednu informacionu povorku pogodnu za transport preko treila server mreže na sloju sa uspostavom veze ili preko CL treila server mreže na sloju bez uspostave veze. Ovakav funkcioni odnos predstavlja multipleksiranje više klijenata u jedan server. U drugom slučaju jedna "složena" povorka se raspodeljuje na nekoliko izlaza te se ovakav funkcioni odnos naziva inverzno multipleksiranje. Suprotni odnosi čine funkciju adaptacije ponora između jednog njenog ulaza i jednog ili više izlaza.



Slika 1. Funkcije adaptacije

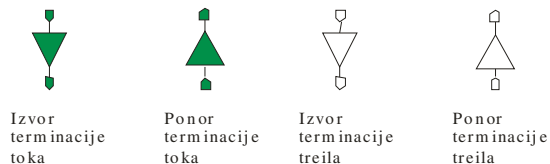
Na Slici 1 prikazane su funkcije adaptacije: u mrežama na sloju bez uspostave veze; u mrežama na sloju sa

uspostavom veze i u mešovitim varijantama pomenutih mreža na sloju.

Primeri procesa koji se mogu pojaviti samostalno ili u kombinaciji sa funkcijama adaptacije su: dodavanje zaglavlja, vremensko raspoređivanje, čekanje (queuing), memorisanje, multipleksiranje, izdvajanje datagrama, segmentacija i ponovno pridruživanje.

Izvor terminacije toka je funkcija obrade transporta koja na svom ulazu prihvata adaptiranu karakterističnu informaciju od klijent mreže na sloju, dodaje informaciju za nadgledanje CL treila i na svom izlazu prosleđuje karakterističnu informaciju server mreži na sloju.

Ponor terminacije toka je funkcija obrade transporta koja na svom ulazu prihvata karakterističnu informaciju server mreže na sloju, regenerše informaciju koja se odnosi na nadgledanje CL treila i na svom izlazu prosleđuje preostalu informaciju.



Slika 2. Funkcije terminacije

Na Slici 2. su prikazane funkcije terminacije toka i funkcije terminacije treila definisane u [2] i [1].

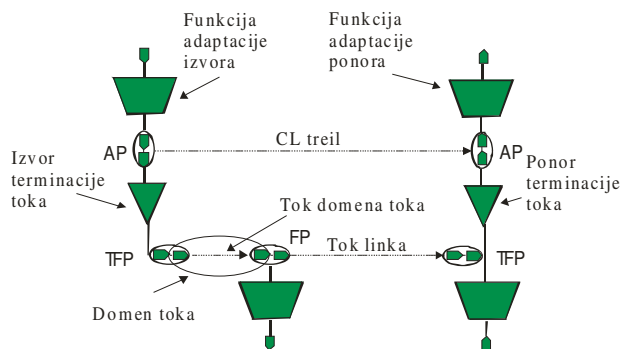
Funkcija izvora terminacije toka od svog ulaza do izlaza ima jedan ili više odnosa. Jedna dolazna povorka adaptirane informacije se raspodeljuje na jedan ili više CL treilova u server mreži na sloju. Funkcija izvora terminacije toka je pripojena na više tačaka terminacije toka. Tačka terminacije toka koja je izabrana od strane određenog datagrama je zavisna od odredišne adrese. Korisno je primetiti da je kod mreža sa uspostavom veze podrazumevani kardinalitet takav da izvor terminacije treila poseduje jednu tačku terminacije veze koja mu je pridružena.

Funkcija ponora terminacije toka od ulaza do izlaza ima odnos jedan prema jedan. Ponor terminacije toka je ograničen na jednu tačku terminacije toka.

#### 2.4. Referentne tačke

Referentne tačke, videti Sliku 3 su formirane povezivanjem ulaza i izlaza funkcija obrade transporta, ali, one mogu, u pojedinim slučajevima, imati i ulogu nepovezanog ulaza ili izlaza funkcije obrade transporta. Specifične vrste referentnih tačaka su detaljnije definisane u [2]. Između tačke toka ili tačke terminacije toka i CL datagrama postoji dinamičko povezivanje. Ovo povezivanje postoji u

vremenskom periodu u toku koga datagram vrši tranzit preko tačke toka ili tačke terminacije toka.



Slika 3. Povezivanje i vrste referentnih tačaka

## 4. KONCEPTI PARTITIRANJA I USLOJAVANJA

Transportna mreža može biti dekomponovana u više nezavisnih mreža na sloju sa klijent/server asocijacijama između susednih slojeva. Svaka mreža na sloju može biti potpuno nezavisno partitirana na način koji odražava njenu internu strukturu. Drugim rečima uslojavanje i partitiranje su dva ortogonalna koncepta [2], [3].

Koncept partitiranja je značajan kao okvir za definisanje:

- strukture mreže na sloju;
- administrativnih granica između različitih operatera u okviru jedne mreže na sloju;
- granica domena usmeravanja u okviru mreže na sloju koje se odnose na jednog operatera;
- dela mreže na sloju ili domena usmeravanja koji je pod kontrolom trećeg lica za potrebe usmeravanja.

Primena koncepta uslojavanja transportne mreže omogućava:

- nezavisno projektovanje i eksploataciju svake mreže na sloju;
- mogućnost opisa svake mreže na sloju pomoću sličnih funkcija;
- da svaka mreža na sloju ima svoju vlastitu mogućnost eksploatacije, dijagnostike i automatske rekonfiguracije;
- implementiranje i modifikaciju mreže na sloju sa arhitektonskog stanovišta bez uticaja na druge mreže na sloju;
- jednostavno modeliranje mreža implementiranih u različitim transportnim tehnologijama.

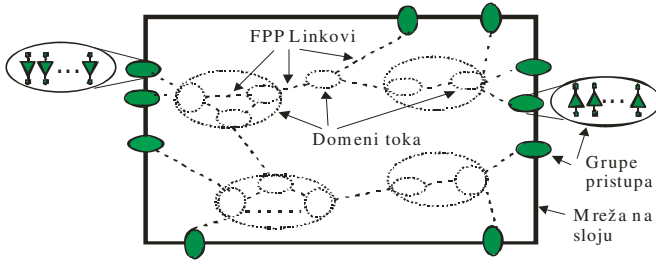
### 4.1. Koncept partitiranja

Generalno gledano, svaki domen toka, osim matrice, se može partitirati u konačan broj manjih domena toka međusobno povezanih sa FPP linkovima, videti Sliku 4.



Ali, partitiranjem domena toka ne može se proširiti ili ograničiti njegov konektivitet. Drugim rečima za svaki domen toka važi:

- Portovi na granicama „kompozitnog“ domena toka i mogućnosti međupovezivanja moraju biti predstavljene preko domenova toka i FPP linkova sadržanih u njemu.
- Partitirani domenovi toka i FPP linkovi ne mogu obezbediti konektivitet koji nije raspoloživ u „kompozitnom“ domenu toka.



Slika 4. Partitiranje domena toka

Tok mreže se može partitirati u konkatenirane tokove linkova i tokove domena toka.

FPP link se sastoji od grupisanog skupa tokova linka (i označenih pridruženih tačaka toka u pulovima tačaka toka), koje su ravnopravne za potrebe usmeravanja. FPP linkovi se takođe mogu dalje grupisati u neke od željenih kapaciteta.

#### 4.2. Koncept uslojavanja

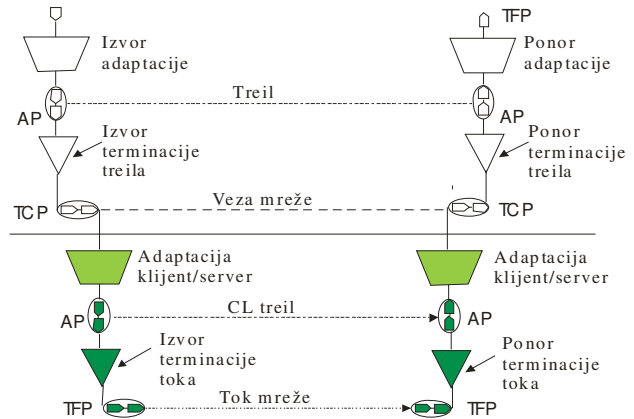
Transportna mreža se može dekomponovati u veći broj nezavisnih mreža na sloju sa odgovarajućim klijent/server odnosima između susednih mreža na sloju. Sa svakom mrežom na sloju je definisano generisanje, transport i terminiranje jedne i samo jedne karakteristične informacije.

Mreže na sloju o kojima je reč u ovom radu, a koje su definisane u [1] i [2] ne treba mešati sa slojevima OSI referentnog modela. Jer svaki OSI sloj obezbeđuje određeni servis korišćenjem jednog od više raspoloživih i različitih protokola. Nasuprot tome svaka mreža na sloju pruža uvek isti servis određen preko karakteristične informacije.

#### 4.3. Klijent server odnosi između mreža na sloju

Postoji četiri moguća klijent/server odnosa. Jedan u mrežama na sloju sa uspostavom veze, jedan u mrežama na sloju bez uspostave veze i dva između pomenutih mreža, videti detaljnije u referencama [1] i [2].

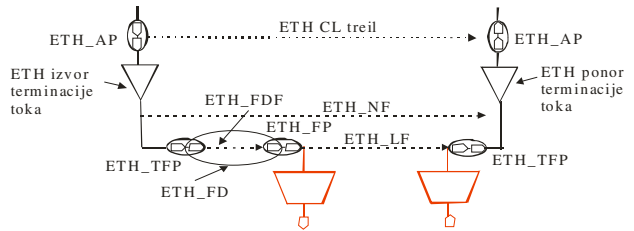
Na Slici 5 je prikazan je slučaj pri kome je klijent mreža na sloju sa uspostavom veze podržana od server mreže na sloju bez uspostave veze. U ovom slučaju veza linka klijent sloja je podržana od strane CL treila server sloja.



Slika 5. Primer klijent/server asocijacije

### 5. PRIMENA FUNKCIONE ARHITEKTURE

U skladu sa opštim pravilima, definisanim u [1] i [2], Ethernet transportne mreže su opisane sa dve mreže na sloju. To su Ethernet mreža na sloju puta (ETH) i Ethernet mreža na sloju sekcije (ETY).

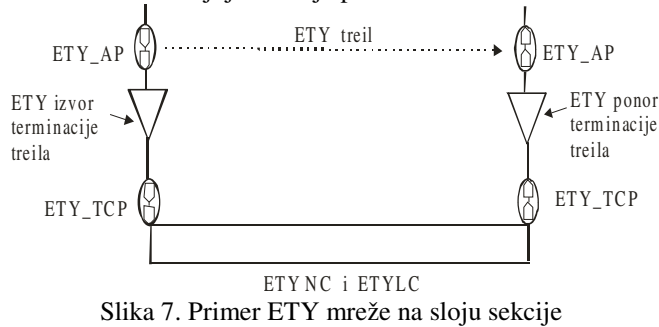


Slika 6. Primer ETH mreže na sloju puta

ETH mrežu na sloju čine: ETH CL treil, funkcije izvora i ponora terminacije toka, tok ETH mreže (NF), tok linka (LF), tok domena toka (FDF), domen toka (FD), tačke pristupa (AP), tačka toka (FP) i tačke terminacije toka (TFP), videti Sliku 6. Funkcioni blokovi, koji čine funkcije adaptacije izvora odnosno ponora, su na Slici 6 označeni crvenom bojom, jer oni ne pripadaju ETH mreži na sloju. ETH mreža na sloju omogućava transport adaptirane informacije preko ETH CL treila između ETH tačaka pristupa, videti Sliku 6. Karakterističnu informaciju ETH mreže na sloju čine nekontinuirani tokovi ETH\_CI jedinica prometa [4]. Linkovi ETH mreže na sloju su podržani od strane treilova server mreže na sloju koja može biti ETY, VC-n, OTN ili neka druga mreža na sloju.

ETY mreža na sloju omogućava transport adaptirane ETH karakteristične informacije preko ETY treila između ETY tačaka pristupa. Karakterističnu informaciju ETY mreže na sloju čini kontinualna povorka bita sa odgovarajućim linijskim kodom definisanim u [5] ili [6]. ETY\_CI je dakle signal koji se prenosi preko sekcija fizičkog medijuma (na primer, metalnog kabla ili optičkog vlakna). ETY mrežu na sloju, čine: ETY treil, funkcije izvora i ponora terminacije

treila, ETY veza mreže (NC), ETY veza linka (LC) i ETY link i ETY link koji jedini nije prikazan na Slici 7.



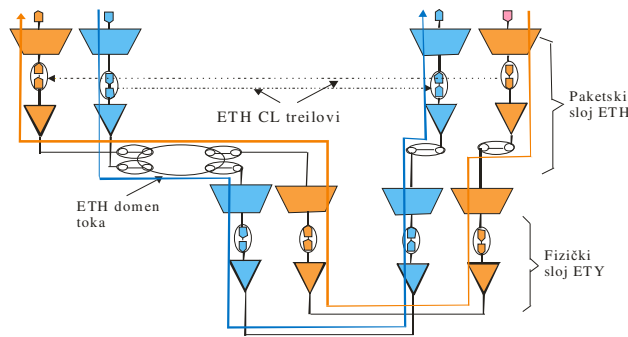
Slika 7. Primer ETY mreže na sloju sekcije

Na Slici 8 je prikazana dijagramska konvencija koja je korišćena na Slikama 9 i 11.



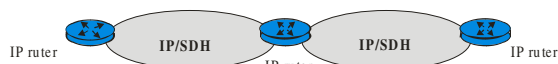
Slika 8. Dijagramska konvencija za kolocirane tačke toka sa suprotnim smerovima

Transport TDM signala kroz paketsku mrežu, nezavisno od vrste servisa koje opslužuje, mora na izlazu iz iste mreže da zadovolji određene zahteve u pogledu sinhronizacije. Shodno tome, na Slici 10 je prikazan primer koji čini opšti model za distribuciju dva unidirekciona ETH toka koji su namenjeni kao podrška emulaciji bidirekcionih TDM kola [4], [7].



Slika 9. Primer primene ETH i ETY mreža na sloju za potrebe sinhronizacije

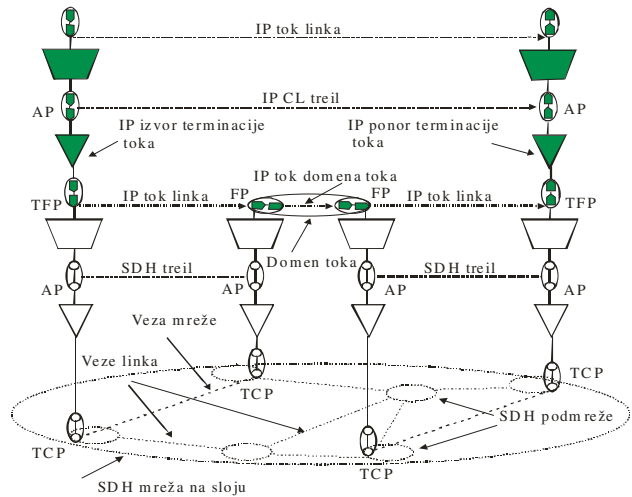
Na Slici 10 su prikazana tri IP rutera koji su povezani preko dve transportne mreže u kojima su IP paketi mapirani u ramovima SDH signala.



Slika 10. IP ruteri povezani preko IP/SDH mreža

Korišćenjem dijagramskih konvencija definisanih u [1] i [2] na Slici 11 je dat primer tokova linka i tačaka toka između IP rutera transportne mreže prikazane na Slici 10.

Transport tokova linka između IP rutera se vrši preko jedne SDH mreže na sloju, na primer, VC-1 mreže na sloju.



Slika 11. Primer tokova linka i tačaka toka

Iz izloženih primera se može videti da svaka transportna mreža ima određen broj mreža na sloju, odnosno slojeva (na primer, Ethernet mreža ima 2 sloja ETY i ETH, SDH mreža ima 4 sloja RS, MS, HOP i LOP).

## 6. ZAKLJUČCI

Funkcione arhitekture, definisane u ITU-T preporukama G.805 i G.809, čine pogodne alate za opisivanje transportnih mreža i njihovih konstitutivnih elemenata. Pojmovi, čije su definicije izložene u ovom radu, su tehnološki nezavisni i mogu se upotrebljavati za opisivanje fizičkih i logičkih komponenta svih transportnih mreža. Ovo je posebno značajno sa stanovišta nadgledanja i upravljanja, pošto je kompletna transportna mreža modelirana od svog fizičkog sloja preko mreža na sloju do najvišeg sloja u kome se transportuju svi servisi namenjeni krajnjim korisnicima.

## LITERATURA

- [1] ITU-T Rec. G.805: Generic functional architecture of transport networks, Geneva 2000
- [2] ITU-T Rec. G.809: Functional architecture of connectionless layer networks, Geneva 2003.
- [3] Radoslav K.Simić: The functional architecture of transport networks, YuInfo, Kopaonik 2002 networks., Geneva, February 2004.
- [4] ITU-T Rec. G.8010: Architecture of Ethernet layer networks., Geneva, February 2004.
- [5] IEEE 802.3, 2002
- [6] IEEE 802.3ae, 2002
- [7] ITU-T Rec. G.8264: Distribution of timing information through packet networks, Geneva, November 2008

# ANALIZA AUDIO SEKVENCE PRIMENOM PARTIKAL FILTERA ANALYSIS OF AUDIO SEQUENCE USING PARTICLE FILTER

Davorin Mikluc, Nemanja Majstorović, Milenko Andrić  
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Srbija

**Sadržaj** – U ovom radu je analiziran uticaj partikal filtera na proračun vrednosti spektralne entropije audio signala. Formirana je baza audio signala od nekoliko karakterističnih audio signala, koja je predstavljena spektralnom gustinom snage. Izvršeno je poređenje vrednosti spektralne entropije na osnovu prozorovanja i sa partikal filtera. Analizirana je zavisnost spektralne entropije i procesorskog vremena od broja partikala, broja tačaka u kojima se računa diskretna Furijeova transformacija i dužine prozora.

**Abstract** – The influence of particle filter on calculating the value of audio signal spectral entropy has been analysed in this paper. Audio signal base with several characteristic audio signals has been formed and then presented through spectral density power. A comparison of spectral entropy values has been done by gating and using particle filter. Values of spectral entropy and CPU time dependence were analysed according to the number of points in which discrete Fourier transformation, window length and number of particles are calculated.

## 1. UVOD

Obrada govornog signala podrazumeva različite primene: Određivanje početnog i krajnjeg trenutka izgovorene reči; Prepoznavanje izgovorene reči iz ograničenog skupa reči; Formantna analiza samoglasnika; Prepoznavanje govornika i sl [5]. Jedna od primena je prepoznavanje govornog signala u snimljenoj audio sekvenci koja se može analizirati sa aspekta entropije. Najčešće se pod pojmom entropija podrazumeva mera uređenosti nekog sistema u ovom slučaju audio sekvence.

U radu [1] su analizirani snimljeni audio Doplerovi signali pomoću spektralne entropije. Signal je predstavljen kao konačna sekvenca odgovarajućih vrednosti koje su rezultat odabiranja kontinualnog signala u skladu sa izabranom frekvencijom odabiranja. Za estimaciju spektralne gustine snage signala korišćen je modifikovani periodogram. Nad elementima spektralne gustine snage primenjena je definicija entropije i tako dobijene vrednosti spektralne entropije [3], [4]. Zaključeno je da se spektralna entropija može koristiti kao važno obeležje u procesu detekcije radarskog signala. U [2] je data primena spektralne entropije u izdvajanju govornog signala iz šumnog okruženja.

Osnovni cilj ovog rada je poboljšanje algoritama za proračun entropije primenom partikal filtera, [6], [7]. Na taj način bi se povećala razlika u vrednostima entropije između delova sekvence koji su uređeni i šumova. U radu su dati rezultati analize zavisnosti vrednosti spektralne entropije od dužine vremenskog prozora sekvence, broja tačaka u kojima se računa Discrete Fourier Transform (DFT) i od broja partikala. Ovaj rad sadrži i analizu

utroška procesorskog vremena potrebnog za izračunavanje vrednosti spektralne entropije u zavisnosti već navedenih parametara.

## 2. SPEKTRALNA ENTROPIJA

Spektralna entropija se zasniva na analizi spektralne gustine snage. Pretpostavi se da je  $N_{dft}$  broj tačaka za određivanje DFT, a  $L$  dužina vremenskog prozora signala. Tada se mogu definisati elementi spektralne gustine snage kao vektor  $P$ . Zatim se izvrši normalizacija vektora  $P$ , prema sledećem izrazu:

$$P_n(i) = \frac{P(i)}{\sum_{j=1}^{N_{dft}} P(j)} \quad (1)$$

pri čemu je:  $\sum_{i=1}^{N_{dft}} P_n(i) = 1$ .

Vrednost spektralne entropije u  $k$ -tom prozoru se tada proračunava sledećom jednačinom:

$$S(k) = \sum_{i=1}^{N_{dft}} P_n(i) \ln \left( \frac{1}{P_n(i)} \right) \quad (2)$$

Vrednosti spektralne entropije su normalizovane između 0 i 1 u skladu sa sledećom jednačinom:

$$S_n(k) = \frac{S(k)}{\ln(N_{dft})} \quad (3)$$

Partikal filter predstavlja model procesa, zasnovan na unapred definisanoj funkciji gustine verovatnoće. Model procesa je opisan sledećim izrazima:

$$X(k+1) = FX(k) + Q \quad (4)$$

$$Y(k) = HX(k+1) + R \quad (5)$$

Promenljiva  $k$  predstavlja indeks vremenskog prozora, unutar koga se izračunavaju DFT koeficijenti. Slučajna promenljiva  $X(k)$  predstavlja frekvencije u  $k$ -tom prozoru, a  $X(k+1)$  predikciju tih frekvencija, dok  $Y(k)$  predstavlja spektralnu gustinu snage.  $Q$  je šum procesa opisan normalnom raspodelom sa nultom srednjom vrednošću i varijansom  $\sigma_x^2$ , tj.  $Q = N(0, \sigma_x^2)$ . Model prelaza stanja,  $F$ , je skalar jednak jedinici, jer se prate samo vrednosti frekvencija. Opservacije procesa  $Y(k)$  u  $k$ -tom prozoru su nelinearno zavisne od frekvencije, jer predstavljaju spektralnu gustinu snage u frekvenciji  $X(k+1)$ . Na osnovu toga sledi da je  $H$  nelinearna funkcija. Pošto se DFT koeficijenti izračunavaju na jednom

prozoru i dobija informacija o spektralnoj gustini snage kao  $P_n$  na osnovu (1), tada opservacija procesa uzima vrednost  $P_n$ . Šum merenja  $R$  je već uračunat u model merenja sa pretpostavkom da je opisan normalnom raspodelom nultog očekivanja i varijanse  $\sigma_{P_n}^2$ . Prema tome, model procesa i merenja, izrazi (6) i (7) redom, se svode na sledeće relacije:

$$X(k+1) = X(k) + Q, \quad (6)$$

$$Y(k) = P_n(X(k+1)), \quad (7)$$

pri čemu su  $X(k)$  i  $Y(k)$  vektori dužine  $N$ . Težinski koeficijent svakog  $p$ -tog partikala se računa u skladu sa sledećim izrazom:

$$w_p(k+1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{P_n}}} e^{-\frac{(Y_p(k) - \bar{P}_n(k))^2}{2\sigma_{P_n}^2}} w_p(k), \quad (8)$$

gde je  $\bar{P}_n(k)$  srednja vrednost normalizovane spektralne gustine snage unutar  $k$ -tog prozora, a  $\sigma_{P_n}^2$  njena varijansa.

Zatim se težinski koeficijenti normalizuju na sledeći način:

$$w_p(k) = \frac{w_p(k)}{\sum_{j=1}^N w_j(k)}, \quad (9)$$

pri čemu je  $N$  broj partikala. Filtriranje partikala podrazumeva odsecanje onih partikala čiji težinski koeficijenti imaju manju vrednost od  $1/N$ . Broj eliminisanih partikala se zamenjuje istim brojem koristeći preostale partikle. Nakon toga, potrebno je ponovo normalizovati težinske koeficijente u skladu sa (9). Sada se izračunava srednja frekvencija  $k$ -tog prozora koja se zaokružuje na celobrojnu vrednost:

$$\bar{X}(k) = \sum_{j=1}^N w_j(k) X_j(k), \quad (10)$$

a srednja spektralna gustina snage, kao spektralna gustina snage u srednjoj frekvenciji:

$$\bar{P}_n(k) = P_n(\bar{X}(k)) \quad (11)$$

Standardne devijacije po frekvenciji i po snazi se računaju sledećim izrazima:

$$\sigma_X(k) = \sqrt{\sum_{j=1}^N w_j(k) (X_j(k) - \bar{X}(k))^2} \quad (12)$$

$$\sigma_{P_n}(k) = \sqrt{\sum_{j=1}^N w_j(k) (P_n(X_j(k)) - \bar{P}_n(k))^2} \quad (13)$$

Vrednost spektralne entropije u  $k$ -tom prozoru se izračunava sledećim izrazom:

$$S_p(k) = \bar{P}_n(k) \ln\left(\frac{1}{\bar{P}_n(k)}\right) \quad (14)$$

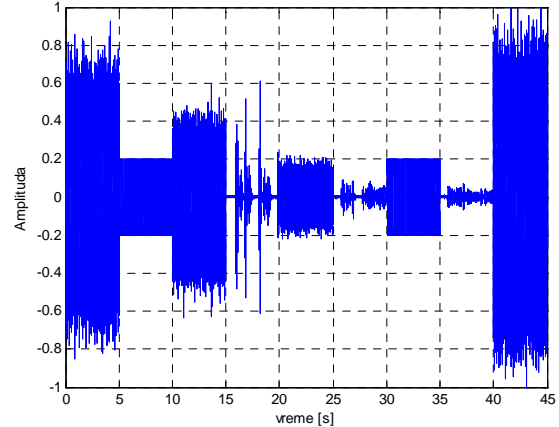
Vrednost  $S_p(k)$  je potrebno normalizovati da bi se mogla uporediti sa vrednostima dobijenim pomoću (3).

### 3. ANALIZA AUDIO SEKVENCE

Formirana je audio sekvenca, dužine 45 sekundi, koja se sastoji od 9 sekvenci od po 5 sekundi, a to su:

- beli Gausov šum, standardne devijacije 0.2,
- linearni čirp, sa jediničnim nagibom,
- plavi šum,
- snimljena audio sekvenca kasljanja,
- beli Gausova šum, standardne devijacije 0.05,
- snimljena audio sekvenca govora,
- kvadratni čirp,
- snimljena audio sekvenca zviždanja,
- linearni čirp zašumljen belim gausovim šumom, standardne devijacije 0.2.

Prikaz signala u vremenu je dat na slici 1.

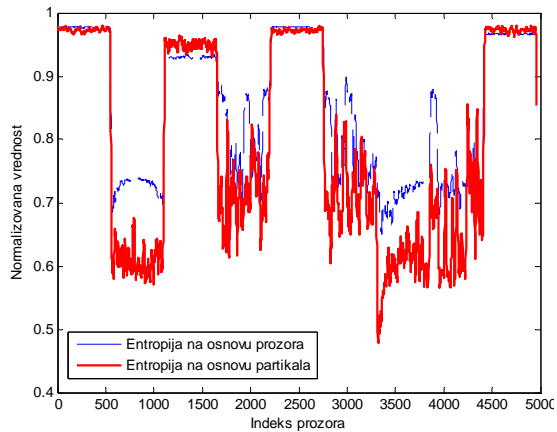
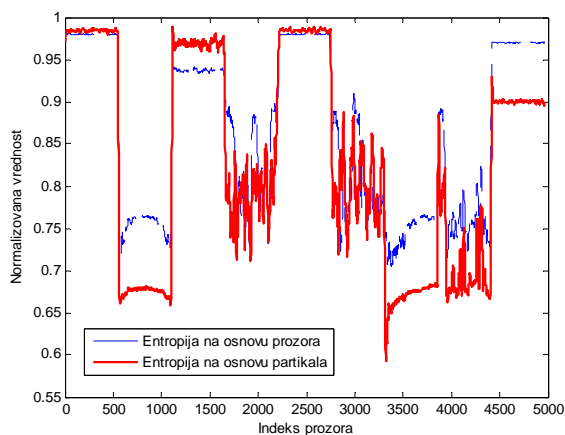


Slika 1. Vremenski prikaz signala

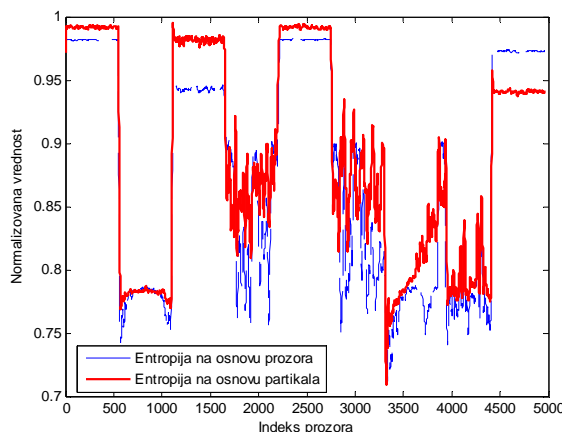
Rezultati spektralne entropije zavise od broja tačaka u kojima se izračunava DFT, dužine prozora i broja partikala.

#### 3.1 Zavisnost spektralne entropije od vrednosti $Ndf_t$

U ovom delu rada se analizira zavisnost vrednosti spektralne entropije od broja tačaka u kojima se izračunava DFT-e. Upotrebene su sledeće vrednosti za  $Ndf_t$ : 512, 1024 i 2048. Broj partikala i dužina vremenskog prozora su konstantne i iznose  $N=500$  partikala i  $L=400$  odbiraka. Usrednjavanje rezultata je izvršeno na osnovu srednje vrednosti porcija od po 20 tačaka.

Slika 2. Spektralna entropija za  $Ndf=512$ Slika 3. Spektralna entropija za  $Ndf=1024$ 

Poređenjem rezultata sa slika 2 i 3 se vidi da je optimalan broj  $Ndf$  1024. Smanjivanjem  $Ndf$  povećava se rezolucija po frekvenciji, što za posledicu ima lošije izdvajanje frekvencija od interesa. Ovo je posebno izraženo u poslednjom delu audio sekvence, gde je linearni čirp maskiran šumom.

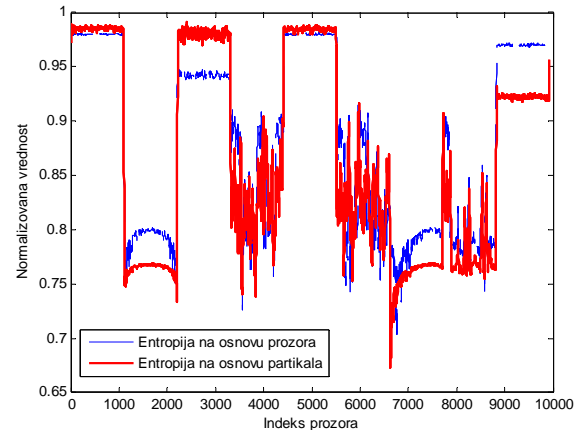
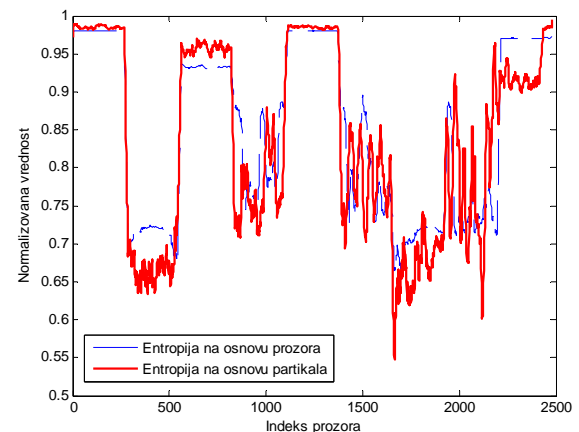
Slika 4. Spektralna entropija za  $Ndf=2048$ 

Na slikama 2, 3 i 4 se vidi da vrednost entropije dobijena na osnovu prozorovanja ima vrlo sličnu vrednost, dok primenom partikal filtera vrednost entropije zavisi od broja  $Ndf$ . Razlika vrednosti entropije između uređenih i neuređenih signala na audio sekvenci dobijene upotrebom partikal filtera je veća u poređenju sa upotrebom na

osnovu prozora. Prema tome za celu audio sekvencu optimalan broj za  $Ndf$  je 1024.

### 3.2 Zavisnost spektralne entropije od dužine prozora

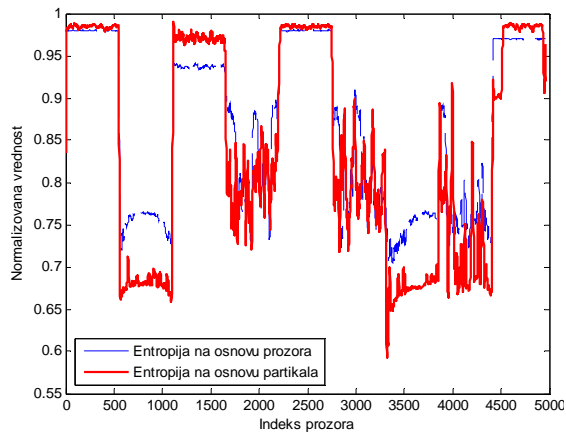
Sledi analiza vrednosti spektralne entropije u zavisnosti od dužine vremenskog prozora. Upotrebljene se sledeće vrednosti za dužinu prozora od 200, 400 i 800 odbiraka. Broj partikala je 500 i broj  $Ndf$  je 1024. Slučaj kada je  $L=400$  je već prikazan na slici 3.

Slika 5. Spektralna entropija za  $L=200$ Slika 6. Spektralna entropija za  $L=800$ 

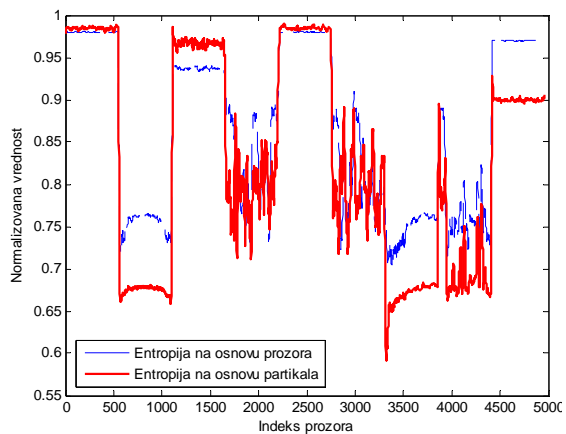
Poređenjem rezultata sa slika 3, 5 i 6 se vidi da je optimalna dužina prozora  $L$  je 400, na osnovu razlike vrednosti spektralne entropije između uređenih i neuređenih signala na audio sekvenci.

### 3.3 Zavisnost spektralne entropije od broja partikala

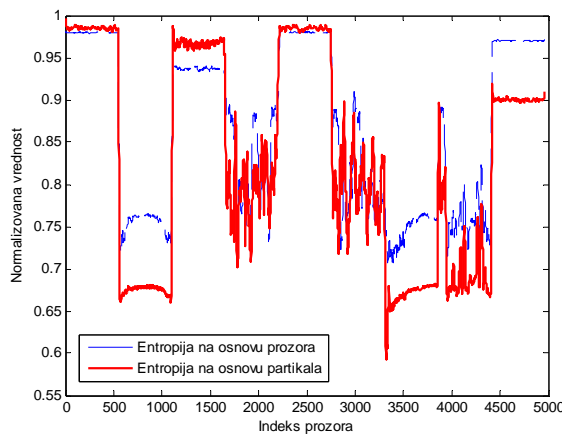
Analizira se uticaj broja partikala na vrednosti spektralne entropije. Upotrebljene vrednosti za broj partikala su 50, 500, 1000, 5000 partikala. Dužina vremenskog prozora  $L$  je 400 i broja  $Ndf$  je 1024. Rezultat dobijen za broj partikala  $N=500$  je već prikazan na slici 3.



Slika 7. Spektralna entropija za N=50



Slika 8. Spektralna entropija za N=1000



Slika 9. Spektralna entropija za N=5000

Na osnovu slika 3, 7, 8 i 9 se zaključuje da broj partikala mora biti veći od 50. Vrednosti spektralne entropije dobijene upotrebom partikala sa brojem većim od 500 su vrlo slične, tako da nije potrebno uzeti veći broj partikala.

### 3.4 Analiza procesorskog vremena potrebnog za obradu signala

Sve simulacije su uradjene na računaru sa sledećim karakteristikama: Pentium Dual Core, 2.8GHz, RAM 2GB. Analizira se utrošeno procesorsko vreme u

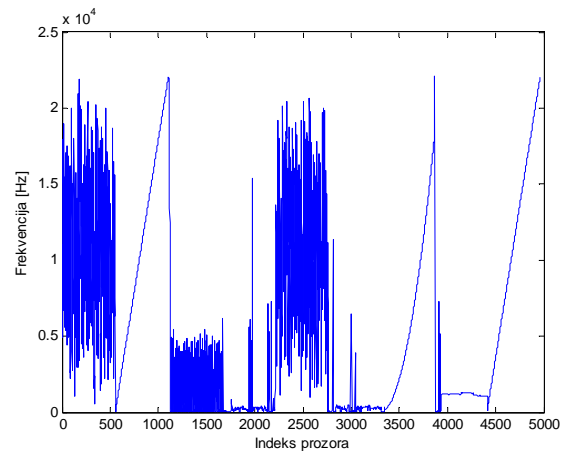
zavisnosti od broja  $N_{dft}$  tačaka, dužine prozora  $L$  i broja partikala  $N$ . Rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1 Utrošak procesorskog vremena

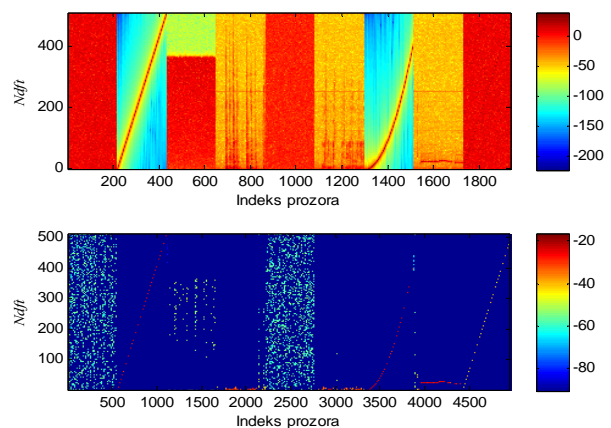
L=400, N=500	vreme [s]	N=500, N <sub>dft</sub> =1024	vreme [s]
N <sub>dft</sub> =512	43.8743	L=200	325.9356
N <sub>dft</sub> =1024	84.2308	L=400	84.2308
N <sub>dft</sub> =2048	163.5886	L=800	22.2132
L=400, N <sub>dft</sub> =1024	vreme [s]	L=400, N <sub>dft</sub> =1024	vreme [s]
N=50	82.7805	N=500	84.2308
N=100	82.8024	N=1000	85.2541
N=200	83.1333	N=5000	102.2392

Na osnovu tabele 1 se vidi potvrda da je optimum za dužinu vremenskog prozora  $L=400$  odbiraka i broja tačaka DFT-e  $N_{dft}=1024$  tačke. Kada se razmatra broj potrebnih partikala, na osnovu tabele 1 se zaključuje da nema potrebe za većim brojem od 1000, dok za manji broj je gotovo ujednačen utrošak procesorskog vremena.

Na osnovu izvršene analize, predlog je da se usvoji sledeće optimalne vrednosti:  $L=400$  odbiraka,  $N_{dft}=1024$  tačke i  $N=500$  partikala. Za pomenute vrednosti upotrebom partikala, slede rezultati, koji pokazuju srednju vrednost frekvencije u zavisnosti od indeksa frejma na osnovu izraza (10).



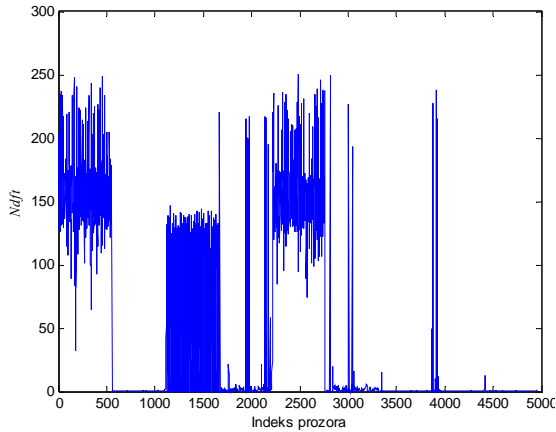
Slika 11. Srednja vrednost frekvencija



Slika 12. Spektrogram dobijen DFT-om i partiklima

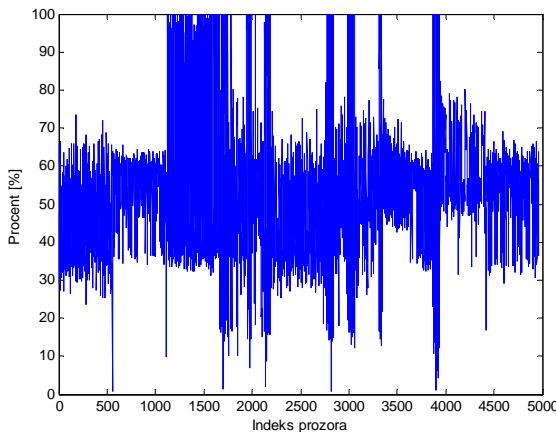
Slika 12 predstavlja uporednu analizu spektrograma dobijenog Furijeovom transformacijom i upotrebom partikala.

Standardna devijacija po frekvenciji se računa na osnovu izraza (12), a rezultat je dat na slici 13.



Slika 13. Standardna devijacija po frekvenciji

U cilju analize broja resamplovanih partikala, odnosno broja partikala koji su ostali nakon filtriranja, dat je na slici 14.



Slika 14. Procenat partikala čiji su težinski koeficijenti veći od praga filtriranja  $1/N$

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analiziran proračun vrednosti spektralne entropije kroz nekoliko različitih vrednosti dužine vremenskog prozora, broja tačaka u kojima se računa DFT i broja partikala. Analiza je urađena na formiranoj bazi audio signala, koja sadrži nekoliko karakterističnih audio signala. Predložene su optimalne vrednosti na osnovu razlike vrednosti spektralne entropije dobijenih upotrebom prozorovanja i upotrebom partikal filtera. Komentarisan je utrošak procesorskog vremena u zavisnosti od odabranih vrednosti. Predstavljena je srednja vrednost frekvencija signala, procenat filtriranih partikala i spektrogram upotrebom partikala upotrebom optimalnih vrednosti.

#### LITERATURA

- [1] Milenko Andrić, Stojadin Manojlović, "Analiza radarskih signala pomoću spektralne entropije", YUINFO 2009, mart 2009.
- [2] Nemanja Majstorović, Milenko Andrić, Davorin Mikluc, „Entropy-based algorithm for speech recognition in noisy enviroment”, TELFOR 2011, Beograd, novembar 2011.
- [3] Eyink, G. L., and S. Kim, "A maximum entropy method for particle filtering", J. Stat. Phys., 123, 1071–1128, 2006.
- [4] H. Misra, S. Ikbal, H. Boulard, H. Hermansky, "Spectral entropy based feature for robust asr", Proc. ICASSP, May 2004, pp. 193–196.
- [5] Lawrence Rabiner, Biing-Hwang Juang, "Fundamentals of Speech Recognition", Prentice Hall, Engle-wood Cliffs, New Jersey, 1993.
- [6] A. Doucet, N. de Freitas, N. Gordon, Eds., "Sequential Monte Carlo Methods in Practice", Statistics for Engineering and Information Science, Springer, New York, NY, USA, 2001.
- [7] S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, T. Clapp, "A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-Gaussian Bayesian tracking," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 50, no. 2, pp. 174–188, 2002.

# PRISTUP U DOA ESTIMACIJI STOHAŠTIČKIH IZVORA ZASNOVAN NA KORIŠĆENJU NEURONSKIH MREŽA

## NEURAL NETWORK APPROACH IN DOA ESTIMATION OF STOCHASTIC RADIATION SOURCES

Zoran Stanković<sup>1</sup>, Ivan Milovanović<sup>2</sup>, Nebojša Dončov<sup>1</sup>, Bratislav Milovanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Elektronski fakultet u Nišu*

<sup>2</sup>*Fakultet za informatiku i računarstvo, Univerzitet "Singidunum" - DLS centar Niš*

**Sadržaj:** U radu je prikazan novi pristup u određivanju pravca dolazećih EM signala više stohastičkih izvora u dalekoj zoni zračenja. Pristup je zasnovan na primeni neuronskog modela koji je realizovan korišćenjem MLP (Multi-Layer Perceptron) neuronske mreže. Uspješno obučeni MLP neuronski model, može se upotrebiti za preciznu procenu pravca dolazećih signala a samim tim i položaja stohastičkih izvora u azimutalnoj ravni. Predloženi model ima veliku brzinu određivanja pravca dolazećih signala i kao takav, pogodan je za primenu u realnom vremenu. Arhitektura ovog modela, rezultati njegove obuke i testiranja kao i simulacioni rezultati izloženi su u ovom radu u odgovarajućim sekcijama.

**Abstract:** In this paper, a new approach to provide high-resolution Direction of Arrival (DOA) estimation of the electromagnetic (EM) signal of Multiple Stochastic Narrow-Band EM Sources in far-field is presented. The approach is based on a neural model realized by MLP (Multi-Layer Perceptron) artificial neural networks. Successfully trained MLP neural model can be used for precise DOA of incoming EM signal and therefore for accurate determination of azimuth location of stochastic radiation sources. Proposed model can provide DOAs in a matter of seconds which makes the neural model very convenient for real-time application. The architecture of this model, the results of its training and testing and simulation results are presented in this paper in the appropriate sections.

### 1. UVOD

Umanjenje negativnog uticaja interferencije na mestu prijema signala je jedan o veoma važnih zadataka prilikom projektovanja savremenih bežičnih komunikacionih signala. Prostorno filtriranje signala antenskim nizovima i algoritmi adaptivnog beamforminga za optimizaciju karakteristike zračenja anetnskih nizova imaju veoma važnu ulogu u umanjenju negativnih efekata interferencije [1]. Ove tehnike su zasnovane na DOA (Direction of Arrival) estimaciji [1,2] i prostornoj lokalizaciji raznih izvora interferencije kako deterministicke tako i stohasticke prirode zracenja.

Najveći broj današnjih algoritama za DOA estimaciju zasnovani su obradi prostorne kovarijansne matrice signala koji se primaju sensorima antenskog niza. Većina njih odnosi se na 1D DOA estimaciju, odnosno, na određivanje pravca dolazećeg EM signala u azimutnoj ravni primenom linearnog i kružnog antenskog niza. Manji broj algoritama bavi se 2D DOA estimacijom

(azimut i elevacija) upotrebom pravouganog ili konformnog antenskog niza. Najpoznatiji algoritam za DOA estimaciju je super-rezolucijski MUSIC (Multiple Signal User Classification) [2], i njegove modifikacije. MUSIC algoritam određuje pravce na osnovu pretrage spektra primljenih signala i smatra se najpouzdanijim algoritmom za DOA estimaciju. Međutim, njegova velika mana je dužina vremena neophodnog za procenu. Usled kompleksnih matricnih operacija nad prostornom kovarijansnom matricom primljenih signala, MUSIC algoritam nije pogodan za upotrebu u realnom vremenu. Rezultati skoro svih ostalih algoritama za DOA estimaciju porede se sa MUSIC algoritmom. Neka od predloženih rešenja daju prilično dobre rezultate u pogledu brzine DOA estimacije, ali po cenu degradirane tačnosti procenjenih pravca u odnosu na rezultate MUSIC algoritma.

Primena veštačkih neuronskih mreža [3] predstavlja alternativu MUSIC algoritmu i ostalim super-rezolucijskim algoritmima u oblasti DOA estimacije [4-6]. S obzirom na veoma brzo prostiranje signala kroz neuronske modele, njihova efikasnost u DOA estimaciji je neuporedivo veća od vremenski zahtevnih algoritama, zasnovanih na dekompoziciji prostorne kovarijansne matrice. Veštačke neuronske mreže posmatraju problem procene pravca dolazećeg EM signala kao preslikavanje između kovarijansne matrice i uglova u azimutu i/ili elevaciji. U referenci [7] je od strane autora ovog rada korišćen pristup koji kombinuje MLP (Multi-Layer Perceptron) i RBF (Radial Basis Function) neuronske mreže, obučene da detektuju izvore signala i obezbede rezultate DOA estimacije u veoma visokoj rezoluciji. S obzirom da obavljaju samo klasifikaciju ulaznih vektora, MLP neuronski modeli su se obučavali podacima iz jako redukovano skupa DOA vrednosti, dok su za obuku RBF mreža za DOA estimaciju korišćeni znatno precizniji podaci. Ovakav pristup u obuci mreža znatno je skratio vreme potrebno za obuku krajnjeg neuronskog modela sposobnog da za nekoliko milisekundi obezbedi tačne informacije o pravcu dolazećeg EM signala.

Signali koji su razmatrani u [7] u postupku DOA estimacije na bazi neuronskih modela su bili determinističkog karaktera. Kada se radi o slučajnim signalima, ne mogu se specificirati numeričke vrednosti za amplitude stohastičkih EM polja u sensorima antenskog niza. Umesto toga, moguće je dodeliti numeričke očekivane vrednosti za auto- i kros-korelacione spektre amplituda stohastičkih EM polja



proračunatih ili izmerenih u paru senzorskih tačaka u antenskom nizu. Na ovaj način moguće je proračunati raspodelu spektralne energije kod stohastičkih procesa [8].

Prvi koraci u primeni veštačkih neuronskih mreža u postupku DOA estimacije stohastičkih izvora načinjeni su u radovima [9,10]. U tim radovima je uzorkovanjem signala jednog stohastičkog izvora u dalekoj zoni zračenja, ilustrovan postupak razvoja neuronskog modela za određivanje položaja jednog stohastičkog izvora u jednoj ugaonoj koordinati (azimut) pri čemu je za razvoj modela korišćena MLP [9] i RBF mreža [10]. Pri tome je pretpostavljeno da se zračenje stohastičkog izvora u dalekoj zoni može aproksimirati linearnim uniformnim antenskim nizom od  $N$  elemenata gde je stepen korelisanosti pobudnih struja elemenata niza opisan korelacionom matricom dobijenom postupkom uzorkovanja stohastičkog polja u bliskoj zoni [11]. U radu [12] razvijen je neuronski model za određivanje ugaonog položaja u azimutalnoj ravni tri stohastička izvora koji se kreću na međusobnom konstantnom rastojanju.

Daljim razvojem neuronskog modela prikazanim u [12] dobijen je neuronski model za određivanje ugaonog položaja u azimutalnoj ravni četiri stohastička izvora koji se kreću na međusobnom konstantnim rastojanjima. Rad je organizovan na sledeći način: u Sekciji 2 je dat postupak za proračun zračenja stohastičkog izvora u dalekoj zoni. U Sekciji 3, opisan je postupak razvoja neuronskog modela, zajedno sa njegovim procesom obuke i testiranja, za DOA estimaciju stohastičkog signala. U Sekciji 4, prikazani su rezultati simulacija dobijeni neuronskim modelom i poređenje sa referentnim vrednostima dok poslednja sekcija u radu sadrži zaključke.

## 2. ZRAČENJE STOHAŠTIČKOG IZVORA U DALEKOJ ZONI

U ovom radu zračenje stohastičkog izvora zračenja u dalekoj zoni se predstavlja zračenjem linearnog uniformnog antenskog niza od  $N$  elemenata (Slika 1). Struje napajanja elemenata antenskog niza definisane su vektorom struje napajanja  $I=[I_1, I_2, \dots, I_N]$  mogu biti međusobno nekorelisane ili delimično korelisane. Stepenn korelisanosti pomenutih struja se definiše korelacionom matricom struja napajanja koja ujedno i definiše stohastičku prirodu zračenja antenskog niza [9]

$$\mathbf{c}^l(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} [I(\omega)I(\omega)^H] \quad (1)$$

Polazeći od Green-ove funkcije za preslikavanje iz domena struja izvora zračenja u domen električnog polja u dalekoj zoni [9] može se definisati vektor  $\mathbf{M}$  na način

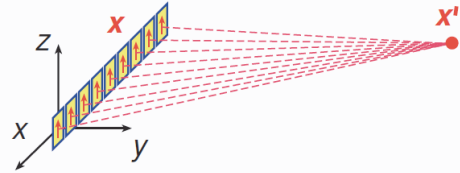
$$\mathbf{M}(\theta, \varphi) = jz_0 \frac{F(\theta, \varphi)}{2\pi c} [e^{jkr_1} \quad e^{jkr_2} \quad \dots \quad e^{jkr_N}] \quad (2)$$

koji će povezati karakteristiku zračenja elementa antenskog niza  $F(\theta, \varphi)$ , raspodelu struja napajanja po elementima niza i intezitet električnog polja u posmatranoj tački u dalekoj zoni (tačka se nalazi pod

uglovima  $\theta$  i  $\varphi$  u azimutalnoj i elevacionoj ravni u odnosu na prvi element antenskog niza) na način

$$E(\theta, \varphi) = \mathbf{M}(\theta, \varphi)\mathbf{I} \quad (3)$$

gde je  $r_1, r_2, \dots, r_N$  rastojanje tačke od prvog do  $N$ -tog elementa antenskog niza respektivno,  $r_c$  je rastojanje posmatrane tačke od centra niza,  $z_0$  je impedansa slobodnog prostora a  $k$  je fazna konstanta ( $k=2\pi/\lambda$ ).



Slika 1. Predstavljanje zračenja stohastičkog izvora elementa u dalekoj zoni linearnim uniformnim antenskim nizom od  $N$  elemenata

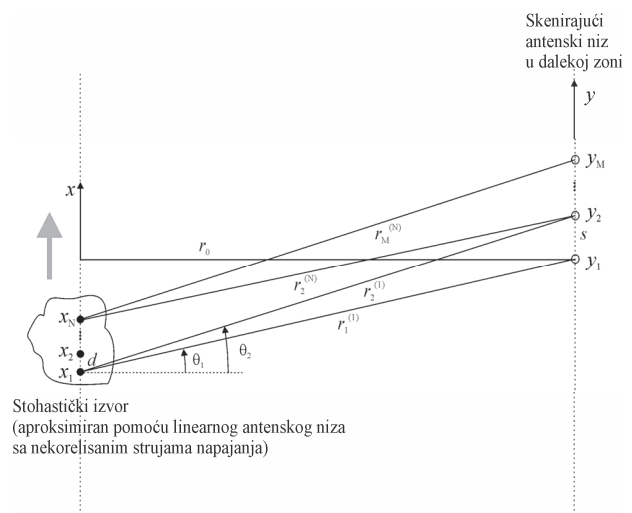
Na osnovu preslikavanja (3) može se odrediti spektralna gustina električne energije u posmatranoj tački u dalekoj zoni zračenja

$$W_E(\theta, \varphi) = \frac{\varepsilon}{2} \mathbf{M}(\theta, \varphi) \mathbf{c}^l \mathbf{M}(\theta, \varphi)^H \quad (4)$$

Uočimo u dalekoj zoni zračenja  $M$  tačaka ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_M$ ) u kojima se posmatraju nivoi električnog polja i koje se nalaze pod uglovima  $(\theta_i, \varphi_i), (\theta_i, \varphi_i), \dots, (\theta_M, \varphi_M)$  respektivno u azimutalnoj i elevacionoj ravni u odnosu na prvi element antenskog niza. Korelaciona matrica signala u dalekoj zoni može da se dobije na osnovu korelacione matrice struje napajanja antenskog niza prema

$$\mathbf{C}_E[i, j] = \mathbf{M}(\theta_i, \varphi_i) \mathbf{c}^l \mathbf{M}(\theta_j, \varphi_j)^H \quad i=1, \dots, M \quad j=1, \dots, M \quad (5)$$

U slučaju da korelaciona matrica struja napajanja elemenata antenskog niza nije poznata, korelaciona matrica signala se može dobiti merenjima jačine električnog polja ili snage signala u izabranim tačkama uzorkovanja.



Slika 2. Odnos kretanja stohastičkog izvora u azimutalnoj ravni i tačaka uzorkovanja EM polja u dalekoj zoni zračenja

U scenariju kretanja stohastičkog izvora u kome je primenjena neuronska mreža za DoA estimaciju njegovog signala u dalekoj zoni, stohastički izvor se kreće pravolinijskom putanjom definisanom ortom  $\mathbf{x}$  (Slika 2.). Ova putanja leži u azimutalnoj ravni. Stohastički izvor se aproksimira linearnim uniformnim antenskim nizom od  $N$  elemenata gde su struje pobude elemenata niza nekorelisane. Polje u dalekoj zoni zračenja stohastičkog izvora se uzorkuje u uniformno raspodeljenim tačkama duž pravca definisanim ortom  $\mathbf{y}$  koji takođe leži u azimutalnoj ravni. Učinjena je pretpostavka da su ort  $\mathbf{x}$  i ort  $\mathbf{y}$  paralelni. Broj tačaka uzorkovanja je  $M$ . Rastojanje između dve susedne tačke uzorkovanja je  $s$  i definiše se  $s=y_2-y_1$ . Rastojanje između dva susedna elementa antenskog niza je  $d$  i definiše se kao  $d=x_2-x_1$ . Glavni geometrijski elementi za opis primene predložene metode na izloženi scenario kretanja izvora i uzorkovanja polja u dalekoj zoni su opisani u narednom tekstu.

Rastojanje između prave trajektorije kretanja stohastičkog izvora i skenirajućeg niza tačaka označeno je sa  $r_0$ . Ugao položaja prve referentne tačke uzorkovanja u odnosu na prvi referentni element antenskog niza je  $\theta_1$ . Ovaj ugao ujedno predstavlja i ugao položaja u azimutalnoj ravni stohastičkog izvora u odnosu na skenirajući niz tačaka  $\theta=\theta_1$ . Ugao položaja  $m$ -te tačke uzorkovanja u odnosu na prvi referentni element antenskog niza je

$$\theta_m = \arctan \left[ \frac{(m-1) \cdot s}{r_0} + \tan \theta_1 \right] \quad (6)$$

Rastojanje između prve referentne tačke uzorkovanja i prvog referentnog elementa antenskog niza je  $r_1^{(1)}$  i definiše se na način

$$r_1^{(1)} = \frac{r_0}{\cos \theta_1} \quad (7)$$

Ovo rastojanje se uzima za rastojanje stohastičkog izvora od niza tačaka uzorkovanja  $r = r_1^{(1)}$ . Rastojanje između  $m$ -te tačke uzorkovanja i prvog referentnog elementa antenskog niza je  $r_m^{(1)}$  i definiše se na način

$$r_m^{(1)} = \frac{r_0}{\cos \theta_m} \quad (8)$$

Rastojanje između  $m$ -te tačke uzorkovanja i  $n$ -tog elementa antenskog niza je  $r_m^{(n)}$  i definiše se kao

$$r_m^{(n)} = \sqrt{\left( r_m^{(1)} \cdot \cos \theta_m \right)^2 + \left[ r_m^{(1)} \cdot \sin \theta_m + (n-1) \cdot (x_2 - x_1) \right]^2} \quad (9)$$

odnosno

$$r_m^{(n)} = \sqrt{r_0^2 + \left[ r_0 \cdot \tan \theta_m + (n-1) \cdot (x_2 - x_1) \right]^2} \quad (10)$$

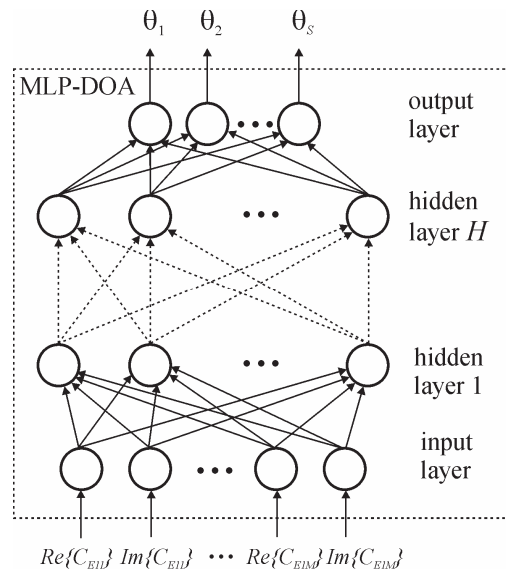
Na osnovu (6) i (10) se može lako odrediti vektor  $\mathbf{M}$  prema (2), a onda se poznajući korelacionu matricu struje napajanja u skladu sa (5) može odrediti korelaciona matrica signala u dalekoj zoni zračenja stohastičkog izvora. Ovaj postupak je primenjen za generisanje uzoraka za obuku i testiranje neuronske mreže jer u tačkama uzorkovanja merene vrednosti jačine električnog polja nisu bile raspoložive.

### 3. NEURONSKI MODEL ZA DOA ESTIMACIJU VIŠE STOHAŠTIČKIH IZVORA

U skladu sa teorijom koja je izložena u prethodnoj sekciji funkcijska predstava problema koji se modeluje ima oblik

$$\boldsymbol{\theta} = f(\mathbf{C}_E) \quad (11)$$

To znači da veštačka neuronska mreža ima zadatak da izvrši preslikavanje iz prostora signala koji je opisan korelacionom matricom signala  $\mathbf{C}_E$  u prostor pravaca dolazećeg stohastičkog signala gde  $\boldsymbol{\theta}$  predstavlja vektor azimutalnih uglova (položaja) stohastičkih izvora.



Slika 3. Arhitektura MLP neuronskog modela za određivanje pravaca dolazećeg EM zračenja stohastičkih izvora u azimutalnoj ravni

Može se pokazati da za zadovoljavajuću aproksimaciju ovog preslikavanja ne moraju da se koriste vrednosti svih elemenata ove matrice već se može iskoristiti samo prva vrsta  $\mathbf{C}_E[1,i]$ ,  $i=1..M$  [7]. U skladu sa tim broj ulaza u neuronsku mrežu biće  $2M$  jer u ulazi u neuronsku mrežu ne mogu biti kompleksni brojevi već samo realni. Ovo znači da će neuronski model, funkcijski opisan kao  $\mathbf{y}=\mathbf{y}(\mathbf{x},\mathbf{w})$ , gde je  $\mathbf{y}$  funkcija odgovarajuće neuronske mreže a  $\mathbf{w}$  matrica težina neuronske mreže [2,3], imati vektor ulaznih veličina  $\mathbf{x}=[\text{Re}\{c_{11}\}, \text{Im}\{c_{11}\}, \text{Re}\{c_{12}\}, \text{Im}\{c_{12}\}, \dots, \text{Re}\{c_{1M}\}, \text{Im}\{c_{1M}\}]^T$ , dok će vektor izlaznih veličina biti  $\mathbf{y}=[\boldsymbol{\theta}]$ . Za realizaciju modela korišćena je višeslojna perceptronska mreža (MLP) pa će odgovarajući MLP neuronski model biti definisan kao

$$\boldsymbol{\theta} = \mathbf{y}([\text{Re}\{c_{11}\}, \text{Im}\{c_{11}\}, \dots, \text{Re}\{c_{1M}\}, \text{Im}\{c_{1M}\}]^T, \mathbf{w}) \quad (12)$$

$$= f_{MLP}(\text{Re}\{c_{11}\}, \text{Im}\{c_{11}\}, \dots, \text{Re}\{c_{1M}\}, \text{Im}\{c_{1M}\}, \mathbf{W})$$

gde je  $f_{MLP}$  prenosna funkcija ili funkcija obrade MLP mreže. Predstavljanje matrica težina  $\mathbf{w}$  u okviru jedne matrične strukture podataka može dovesti do teškoća u procesu implementacije strukture neuronske mreže i

njenog algoritma obuke. Zbog toga se matrica težina neuronske mreže zamenjuje skupom težina mreže  $W$  čiji su elementi matrice težina i vektori biasa pojedinih neuronskih slojeva i čiji će izgled biti predstavljen nešto kasnije. Ova zamena ima implementacijski a ne funkcionalni karakter. U toku obuke modela promenom vrednosti težina iz  $W$  se želi da se funkcija obrade  $f_{MLP}$  što više približi modelovanoj funkciji.

Arhitektura MLP neuronskog modela za određivanje pravca dolazećeg EM zračenja stohastičkog izvora u azimutalnoj ravni prikazana je na slici 3. Izlaz  $l$ -tog skrivenog sloja MLP mreže kojom se realizuje ovaj model može da se predstaviti vektorom  $\mathbf{y}_l$  dimenzija  $N_l \times 1$  gde je  $N_l$  broj neurona u  $l$ -tom skrivenom sloju, i gde  $i$ -ti element u tom vektoru -  $\mathbf{y}_l[i]$  predstavlja izlaz  $i$ -tog neurona  $s$ -tog sloja mreže ( $s=l+1$  računajući i ulazni sloj)  $v_i^{(s)}=v_i^{(l+1)}$ , tj. važi  $\mathbf{y}_l = [v_1^{(l+1)}, v_2^{(l+1)}, \dots, v_{N_l}^{(l+1)}]^T$ . Može se pokazati da taj vektor iznosi

$$\mathbf{y}_l = F(\mathbf{w}_l \mathbf{y}_{l-1} + \mathbf{b}_l) \quad (13)$$

gde je  $\mathbf{y}_{l-1}$  vektor dimenzija  $N_{l-1} \times 1$  i predstavlja izlaz ( $l-1$ )-tog skrivenog sloja,  $\mathbf{w}_l$  je matrica težina veza između neurona ( $l-1$ )-tog i  $l$ -tog skrivenog sloja dimenzija  $N_l \times N_{l-1}$ , dok  $\mathbf{b}_l$  predstavlja vektor biasa neurona  $l$ -tog skrivenog sloja. U skladu sa ovom notacijom  $\mathbf{y}_0$  predstavlja izlaz ulaznog baferskog sloja tako da je  $\mathbf{y}_0 = \mathbf{x}$ . Element  $w_{l[i,j]}$  matrice težine  $\mathbf{w}_l$  označava težinu veze između  $i$ -tog neurona u skrivenom sloju ( $l-1$ ) i  $j$ -tog neurona u skrivenom sloju  $l$ , tj. između  $i$ -tog neurona u sloju mreže  $s=l$  i  $j$ -tog neurona u sloju mreže  $s=l+1$ , dok element  $b_i^{(l)}=\mathbf{b}_l[i]$  predstavlja vrednost biasa  $i$ -tog neurona u skrivenom sloju  $l$ . Funkcija  $F$  predstavlja aktivacionu funkciju neurona u skrivenim slojevima i u ovom slučaju se koristi tanges hiperbolička sigmoidalna funkcija

$$F(u) = \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}} \quad (14)$$

Svi neuroni iz poslednjeg skrivenog sloja  $H$  su povezani sa neuronom izlaznog sloja. Aktivaciona funkcija neurona u poslednjem sloju je linearna te izlaz MLP mreže iznosi

$$\mathbf{f}_r = \mathbf{w}_o \mathbf{y}_H \quad (15)$$

gde je  $\mathbf{w}_o$  matrica težina veza između neurona  $H$ -tog skrivenog sloja i neurona izlaznog sloja dimenzija  $1 \times N_H$  (Slika 2). U skladu sa ovim skup težina mreže izgleda na način

$$W = \{\mathbf{w}_1, \dots, \mathbf{w}_H, \mathbf{w}_o, \mathbf{b}_1, \dots, \mathbf{b}_H\} \quad (22)$$

Opšta oznaka za ovako definisan MLP neuronski model osvetljava je MLP $H$ - $N_1$ -...- $N_{l-1}$ -...- $N_H$  gde  $H$  predstavlja ukupan broj skrivenih slojeva korišćene MLP mreže, dok  $N_i$  predstavlja ukupan broj neurona u  $i$ -tom skrivenom sloju. Tako oznaka MLP2-10-10 označava MLP model čija neuronska mreža ima ukupno četiri neuronska sloja (ulazni, izlazni i dva skrivena sloja) i koja ima 10 neurona u prvom skrivenom sloju i 10 neurona u drugom skrivenom sloju.

#### 4. REZULTATI MODELOVANJA

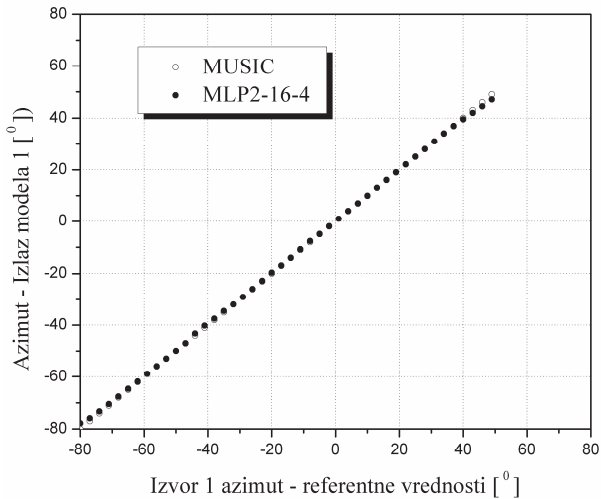
Arhitektura MLP modela prikazana na slici 3. primenjena je za određivanje ugaonog položaja u azimutu četiri mobilna korisnika gde se korisnici kreću unutar opsega  $[-80^\circ 80^\circ]$  tako da je drugi izvor udaljen od prvog za  $10^\circ$ , treci je na  $5^\circ$  udaljenosti od drugog, a četvrti na  $15^\circ$  udaljenosti od trećeg izvora. U ovom scenariju se antenski niz od četiri elemenata deli na pojedinačne dipol antene koje prate gore navedeno kretanje i koji se napajaju međusobno nekorelisanim strujama gde je stepen korelisanosti opisan korelacionom matricom struja napajanja  $\mathbf{c}^l$ . Uzorkovanje signala u dalekoj zoni vrši se u četiri tačke koje su na ekvidistantnom rastojanju. U tabeli 1. date su vrednosti parametara ovog scenarija sa četiri izvora.

Tabela 1. Vrednosti parametara antenskog niza kojim se predstavljaju stohastički izvori i načina uzorkovanja u dalekoj zoni zračenja izvora

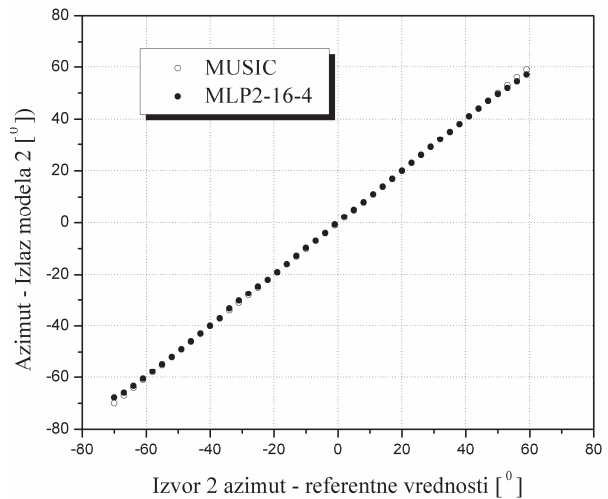
Frekvencija	$f = 7.5$ GHz
Broj izvora	$S = 4$
Broj elemenata antenskog niza jednog izvora	$N = 1$
Rastojanje od stohastičkog izvora do mesta uzorkovanja u dalekoj zoni	$r = 100$ m
Broj tačaka uzorkovanja u dalekoj zoni	$M = 4$
Rastojanje između tačaka uzorkovanja	$s = \lambda/2$ (0.02 m)

Za realizaciju i obuku modela korišćeno je MatLab 7.0 softversko razvojno okruženje. Obuka neuronskog modela izvršena je sa 66 uniformno raspodeljenih uzoraka koji su generisani primenom funkcije (5) u dalekoj zoni zračenja. Svako vrednosti azimuta iz opsega  $[-80^\circ 80^\circ]$  dodeljena je prva vrsta proračunate korelacione matrice (4 kompleksna elementa – 8 vrednosti, 4 za realne delove i 4 za imaginarne delove) koja predstavlja jednu kombinaciju vrednosti ulaznih promenljivih neuronske mreže. Za obuku modela je korišćen Levenberg-Marquardt metod obuke. U cilju dobijanja što je moguće boljeg MLP modela izvršena je obuka većeg broja različitih MLP $H$ - $N_1$ -...- $N_{l-1}$ -...- $N_H$  modela gde je  $1 \leq H \leq 2$  i  $4 \leq N_i \leq 30$ .

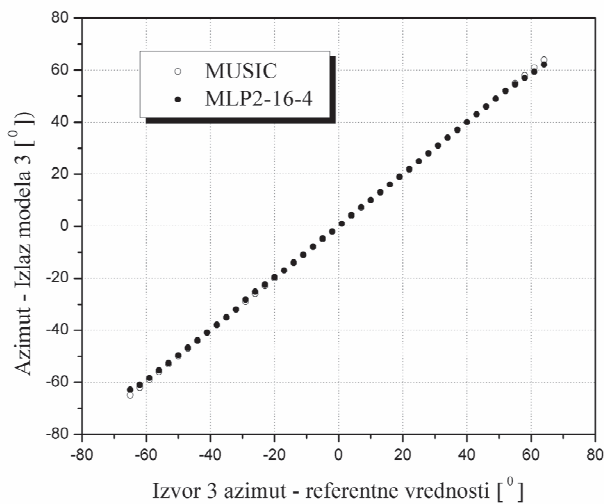
Testiranje svakog MLP modela izvršeno je skupom koji je sadržao 44 uniformno raspodeljenih uzoraka koji koji nisu korišćeni u procesu obuke. Glavni kriterijum za ocenu uspešnosti obuke je bila vrednost prosečne relativne greške testiranja ( $ACE$  [%]) [3-5]. U cilju poređenja rezultata testiranja modela u Tabeli 2 su prikazani rezultati testiranja za pet MLP modela koji su na istom skupu za testiranje imali najmanju prosečne relativne greške testiranja. Takođe, u cilju poređenja modela u tabeli je data i vrednost maksimalne relativne greške testiranja ( $WCE$  [%]) za svaki neuronski model ponaosob.



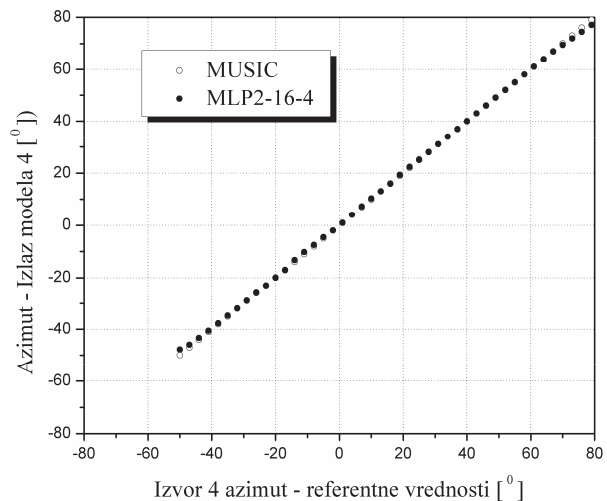
Slika 4. Poređenje izlaza 1 MLP2-16-4 neuronskog modela (stohastički izvor 1) sa referentnim vrednostima azimuta i sa vrednostima azimuta dobijenim primenom MUSIC modela



Slika 5. Poređenje izlaza 2 MLP2-16-4 neuronskog modela (stohastički izvor 2) sa referentnim vrednostima azimuta i sa vrednostima azimuta dobijenim primenom MUSIC modela



Slika 6. Poređenje izlaza 3 MLP2-16-4 neuronskog modela (stohastički izvor 3) sa referentnim vrednostima azimuta i sa vrednostima azimuta dobijenim primenom MUSIC modela



Slika 7. Poređenje izlaza 4 MLP2-16-4 neuronskog modela (stohastički izvor 4) sa referentnim vrednostima azimuta i sa vrednostima azimuta dobijenim primenom MUSIC modela

Tabela 2. Rezultati testiranja šest MLP modela sa najboljom prosečnom greškom testiranja

MLP model	WCE [%]	ACE [%]
MLP2-16-4	1.70	0.28
MLP2-10-10	1.18	0.30
MLP2-16-10	1.20	0.33
MLP2-13-13	1.10	0.34
MLP2-12-12	1.25	0.36
MLP2-18-14	1.22	0.39

Kao reprezentativni model za DoA estimaciju zračenja stohastičkog izvora izabran je model MLP2-16-4. Za ovaj model na slikama 4-7. prikazan je dijagram rasipanja koji je ovaj model iskazao u fazi testiranja za svaki izlaz mreže odnosno za svaki stohastički izvor koji je pridružen jednom izlazu mreže ponaosob. Može se videti da su izlazi neuronskog modela u visokom stepenu korelacije sa očekivanim (referentnim) vrednostima. Na ovim slikama je radi poređenja takođe dato i rasipanje MUSIC modela za svaki stohastički izvor ponaosob.

Odziv izabranog modela za sve test uzorke (ukupno 44 uzoraka) je bio ispod jedne sekunde i to na hardverskoj platformi Pentium IV 1.4 GHz i 1GB RAM što govori o velikoj simulacionoj brzini izabranog neuronskog modela.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predložena arhitektura efikasnog neuronskog modela za preciznu DOA estimaciju elektromagnetskog zračenja više stohastičkog izvora u azimutalnoj ravni koja je zasnovana na višeslojnoj perceptronskoj mreži. Pokazuje se da se jednostavnim uzorkovanjem signala u dalekoj zoni zračenja u više tačaka, formiranjem korelacione matrice signala i dovođenjem prve vrste te matrice na ulaz neuronskog modela može na jedan efikasan način odrediti položaji stohastičkih izvora u azimutalnoj ravni. Predloženi neuronski model izbegava intenzivna numerička izračunavanja koja mogu veoma dugo da traju i stoga je znatno pogodniji za primenu u realnom vremenu od dosadašnjih klasičnih pristupa.

## LITERATURA

- [1] A.J. Paulraj, „Space-time processing for wireless communications”, *IEEE Signal Processing Mag.*, vol. 14, pp. 49–83, Nov. 1997.
- [2] R. Schmidt, „Multiple emitter location and signal parameter estimation”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1986, vol. 34, no. 3, pp. 276-28.
- [3] S. Haykin, *Neural Networks*, New York, IEEE, 1994.
- [4] Q. J. Zhang, K. C. Gupta, *Neural Networks for RF and Microwave Design*, Artech House, 2000.
- [5] C. G. Christodoulou, M. Georgiopoulos, *Application of Neural Networks in Electromagnetics*, Artech House, 2000.
- [6] A. H. El Zooghby, C. G. Christodoulou, M. Georgiopoulos, „A neural network based smart antenna for multiple source tracking”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2000, vol. 48, no. 5, p. 768 – 776.
- [7] M. Agatonović, Z. Stanković, N. Dončov, L. Sit, B. Milovanović, T. Zwick, „Application of Artificial Neural Networks for Efficient High-Resolution 2D DOA Estimation”, *Radioengineering*, Brno University of Technology - Faculty of Electrical Engineering and Communication, 2012, Vol. 21, No. 4, pp. 1178-1186.
- [8] J.A. Russer and P. Russer, “An Efficient Method for Computer Aided Analysis of Noise Electromagnetic Fields”, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Baltimore, USA, 2011, pp.1-4.
- [9] Zoran Stanković, Ivan Milovanović, Nebojša S. Dončov, Bratislav Milovanović, “Efikasna DOA estimacija stohastičkog izvora korišćenjem neuronskih mreža”, *Zbornik radova Konferencije YU INFO 2013, sekcija Računarske mreže i telekomunikacije*, Društvo za informacione sisteme i računarske mreže, Kopaonik, Srbija, 3. - 6. mart, 2013.
- [10] Zoran Stanković, Nebojša Dončov, Bratislav Milovanović, Ivan Milovanović „Efikasni neuronski modeli za DOA estimaciju stohastičkog izvora“, *57. Konferencija ETRAN, CD Zbornik radova*, Zlatibor, Srbija, 3 – 6. juna 2013., Društvo za ETRAN, MT1.3-1-4, 2013.
- [11] J.A. Russer and P. Russer, “An Efficient Method for Computer Aided Analysis of Noise Electromagnetic Fields”, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Baltimore, USA, 2011, pp.1-4.
- [12] Z. Stanković, N. Dončov, J. Russer, I. Milovanović, M. Agatonović, “Neural Networks Based DOA Estimation of Multiple Stochastic Narrow-Band EM Sources”, *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2013*, Niš, Serbia 16-19 October, Vol.2, pp.526-529, 2013.

# ANALIZA AMPLITUDSKIH MODULACIJA U SOFTVERSKOM PAKETU MATLAB

## MATLAB SOFTWARE ANALYSIS OF AMPLITUDE MODULATIONS

Filip Mladenović<sup>1</sup>, Janković Milan<sup>2</sup>  
 Vojna Akademija, Univerzitet Odbrane<sup>1,2</sup>

**Sadržaj** – U radu je sprovedena analiza amplitudskih modulacija u softverskom paketu MATLAB, za potrebe edukacije studenata iz „Osnova telekomunikacija“. U tu svrhu je implementiran program koji vrši prikaz signala pre i nakon različitih amplitudskih modulacija. Dobijeni rezultati pokazuju da je prikaz signala u skladu sa teorijskim osnovama analognih amplitudskih modulacija, i da se može primeniti na laboratorijskim vežbama radi lakšeg razumevanja postupaka i efekata amplitudkse modulacije.

**Abstract** - This document presents amplitude modulation analysis implemented in MATLAB software for educational use of students attending course of „Basics of Telecommunications“. Therefore the programme code is built to present waveform of entering signal and amplitude modulated signal, by different types of modulation systems. The results are matching with basic theoretical facts. Due to easier understanding of steps while being modulated and effects of this modulation, this can be used for performing labs.

### 1. UVOD

U radu je realizovan softver koji je namenjen za prikaz amplitudskih modulacija u vremenskom i frekvencijskom domenu. Softver je napravljen u Matlab-u kao GUI (Guide User Interface) i namenjen je za realizaciju laboratorijskih vežbi iz “Osnova telekomunikacija”. Korisniku je omogućeno biranje izgleda modulisanog signala, promena parametara modulišućeg signala i nosioca, izbor vrste amplitudske modulacije koja se želi prikazati, kao i domena (vremenski ili frekvencijski) u kome se vrši prikaz.

### 2. AMPLITUDSKA MODULACIJA (AM)

Postupkom AM moduliše se amplituda signala nosioca, tako da je ona direktno srazmerna modulišućem signalu. U odnosu na spektralne komponente koje čine signal koji se prenosi kroz neki fizički medijum, postoje:

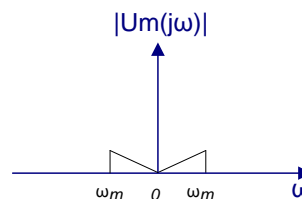
1. Konvencionalna amplituska modulacija (KAM);
2. Amplituska modulacija sa dva bočna opsega (AM-2BO);
3. Amplitudska modulacija sa jednim bočnim opsegom (AM-1BO);
4. Amplitudska modulacija sa ne simetričnim bočnim opsezima (AM-NBO):

U realnim sistemima prenosa uvek se dobija AM-NBO, jer današnje mogućnosti tehnologije ne dozvoljavaju realizaciju idealnih filtra [2].

### 3. PRINCIP DOBIJANJA AM SIGNALA

Neka je  $u_m(t)$  modulišuci signal čija je srednja vrednost jednakunili, a njegov spektar ograničen učestanošću. Primenom Furijeove transformacije dobijamo:

$$U_m(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u_m(t) e^{-j\omega t} dt = \begin{cases} U_m(j\omega), & |\omega| < \omega_m \\ 0, & |\omega| > \omega_m \end{cases} \quad (1)$$



Slika 1. Amplitudski spektar modulišućeg signala

Neka je signal nosioca definisan kao:

$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t) \quad (2)$$

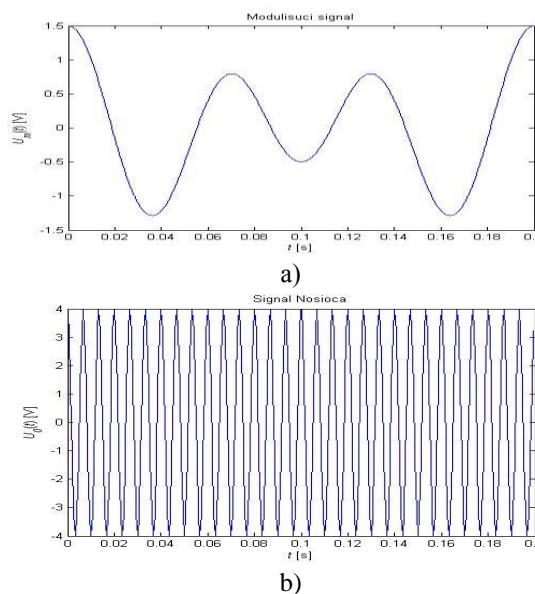
gde je:  $U_0 = const.$  - amplituda nosioca,

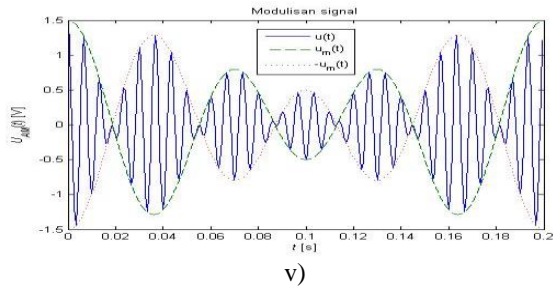
$\omega_0 = 2\pi f_0$  - kružna učestanost,  $t$  - vreme.

Matematička funkcija koja definiše amplitudsku modulaciju glasi:

$$u_{AM}(t) = k_u u_m(t) \cos \omega_0 t, \quad (3)$$

gde je  $k_u$  konstanta proporcionalnosti. Veličina  $k_u u_m(t)$  u relaciji (3) je promenljiva amplituda koja sadrži informaciju, kako je prikazano na slici 2.





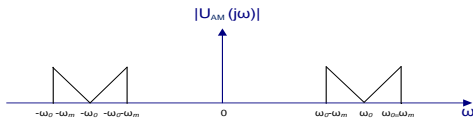
Slika 2. AM modulacija: a) informacija, b) nosilac, v) modulisani signal.

Sa slike 2 se uočava da je anvelopa modulisanih signala direktno srazmerna modulišućem signalu, pri čemu promeni znak kada je  $u_m(t) < 0$ .

Ako je spektar dobijen Furijerovom transformacijom modulišućeg signala kao u (1), spektar AM signala se dobija na sledeći način:

$$U_{AM}(j\omega) = \mathfrak{F}[u_{AM}(t)] = \mathfrak{F}[k_U u_m(t) \cos \omega_0 t] \quad (4)$$

$$U_{AM}(j\omega) = \frac{1}{2} k_U U_m [j(\omega - \omega_0)] + \frac{1}{2} k_U U_m [j(\omega + \omega_0)]$$

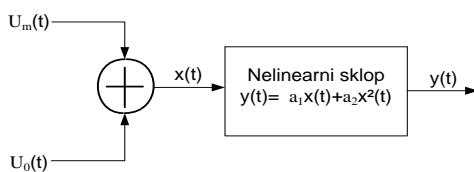


Slika 3. Amplitudski spektar modulisanih signala

U spektru se vrši translacija za  $\pm \omega_0$ , što se može videti i sa slike 3.

#### 4. KAM

Kod KAM-a dolazi do prenosa nosioca i oba bočna opsega. Ova vrsta modulacije se realizuje pomoću produktnog modulatora (videti Sliku 4).



Slika 4. Produktni modulator

Na ulazima se nalaze modulišući signal  $u_m(t)$ , koji je definisan kao u relaciji (1) i signal nosilac  $u_o(t)$  koji je definisan u (2). Oni se sabiraju, a zatim njihov zbirni signal  $x(t)$  ulazi u nelinearni sklop čija je prenosna karakteristika:

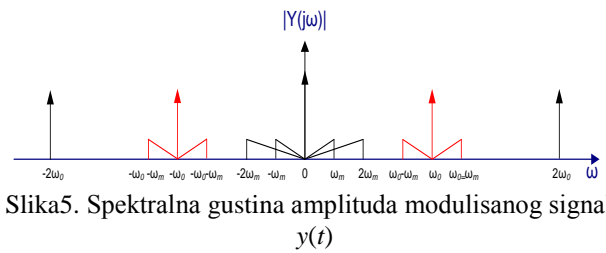
$$y(t) = a_0 + a_1 x(t) + a_2 x^2(t), \quad (5)$$

Gde su:  $a_0, a_1, a_2$  - konstante.

Na izlazu iz sklopa dobijamo:

$$y(t) = a_0 + \frac{1}{2} a_2 U_0^2 + a_1 u_m(t) + a_2 u_m^2(t) + \frac{1}{2} a_2 U_0^2 \cos(2\omega_0 t) + a_1 U_0 \cos(\omega_0 t) + 2a_2 U_0 u_m(t) \cos(\omega_0 t) \quad (6)$$

Poslednji član u relaciji (6) predstavlja modulisani signal, a preposlednji nosilac.



Slika 5. Spektralna gustina amplituda modulisanih signala  $y(t)$

Da bi se onemogućilo preklapanje u spektru, potrebno je ispuniti uslov (što se može videti sa slike 5):

$$\omega_0 - \omega_m \geq 2\omega_m \Rightarrow \omega_0 \geq 3\omega_m, \quad (7)$$

Ako je zadovoljen uslov ortogonalnosti, komponente koje predstavljaju koristan produkt treba izdvojiti jednim propusnikom opsega čija je prenosna funkcija:

$$H(j\omega) = \begin{cases} 1, & [(\omega_0 - \omega_m), (\omega_0 - \omega_m)]; \\ 0, & \text{drugde.} \end{cases} \quad (8)$$

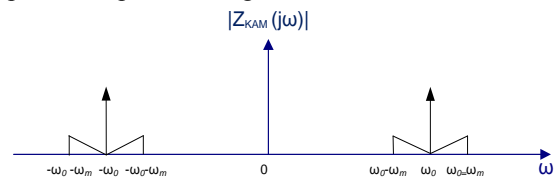
Na kraju filtriranja dobija se signal  $z(t)$ :

$$z_{KAM}(t) = a_1 U_0 \cos \omega_0 t + 2a_2 U_0 u_m(t) \cos \omega_0 t. \quad (9)$$

Ako važi da je:

$$Z_{KAM}(j\omega) = \mathfrak{F}\{z_{KAM}(t)\}, \quad (10)$$

amplitudski spektar će izgledati kao naslici 6.



Slika 6. Amplitudski spektar KAM signala  $Z_{KAM}(j\omega)$

Poređenjem slika 5 i 6 može se uočiti da su svi nekorisni produkti modulacije potisnuti filtriranjem.

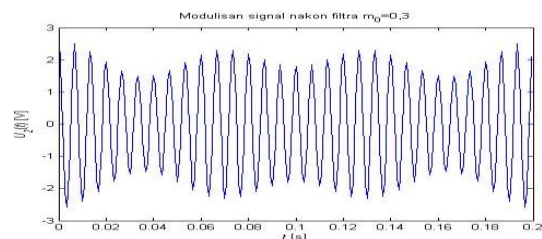
Kod KAM-a se može javiti efekat premodulacije koji izaziva pojavu dodatnih komponenti u korisnom delu opsega. To se dešava kada anvelopa korisnog dela ima i negativne vrednosti. Ako se relacija (9) napiše na sledeći način:

$$z_{KAM}(t) = a_1 U_0 [1 + m_0 m(t)] \cos(\omega_0 t), \quad (11)$$

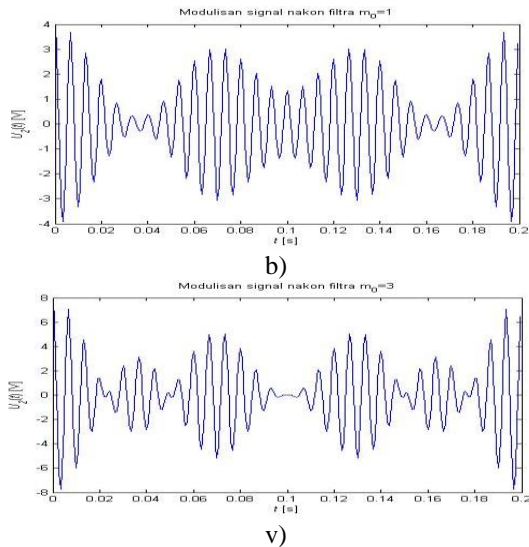
gde je:  $m(t)$  - normalizovani modulišući signal,

$m_0 = \frac{2a_2 U_m}{a_1}$  - indeks modulacije, onda je  $m_0 \leq 1$  uslov

koji treba ispuniti da se spreči premodulacija. To se može primetiti i na slici 7, gde je oblik modulišućeg signala isti kao na slici 2.



a)



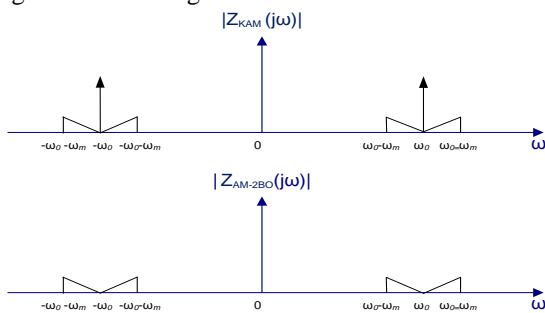
Slika 7. a)  $m_0 = 0.3$ , b)  $m_0 = 1$ , v)  $m_0 = 3$ .

Na slici 7g) primećuje se da anvelopa ne odgovara informacionom signalu, dok na slikama 7b) i 7v) to nije slučaj.

Prednost ove modulacije je što se prenosi i nosilac, pa je demodulacija jednostavnija. S druge strane, nosilac je taj koji sadrži najveći deo snage, tačnije 4/6 od ukupne snage signala. Informacija se ne sadrži u njemu već u bočnim opsezima koji čine po 1/6 ukupne snage, pa je onda iskorišćenost snage za prenos informacije veoma mala, što je veliki nedostatak ove modulacije [1].

### 5. AM-2BO i AM-1BO

Za razliku od KAM signala, kod AM-2BO modulacije treba eliminisati signal nosioca iz prenosa, radi boljeg iskorišćenja snage za prenos informacije. Ukoliko je modulišući signal definisan kao u relaciji (1), a nosilac kao u relaciji (2), amplitudski spektar modulisanog signala treba da izgleda kao na slici 8.



Slika 8. Princip dobijanja AM-2BO

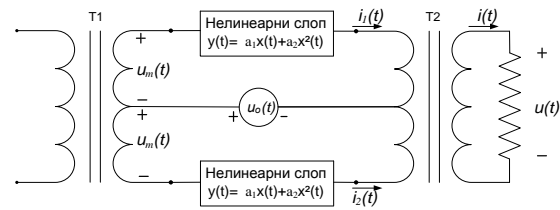
Na slici 8 se primećuje da nosilac, koji se kod KAM signala nalazio na kružnoj učestanosti  $\omega_0$ , kod AM-2BO signala ne postoji.

Ova vrsta modulacije se postiže uz pomoć dva sklopa:

1. Balansnog nelinearnog modulatora, i
2. Balansnog prekidačkog modulatora.

Balansni nelinearni modulator (slika 9) sastoji se iz dva nelinearna sklopa koji treba da imaju identičnu prenosnu

karakteristiku i treba da omoguće anuliranje signala nosioca.



Slika9. Šema balansnog nelinearnog modulatora

Transformatori sa slike 9, T1 i T2 su takvi da ako je T1 sa odnosom namotaja 1:n, onda je odnos n:1 na transformatoru T2. Na ulaz primara T1, dovodi se izvor modulišućeg signala tako da se na oba sekundara dobija  $u_m(t)$ . Na izlazu dobijamo:

$$u_i(t) = u_{i1}(t) - u_{i2}(t) = 2a_1 u_m(t) + 4a_2 u_m(t) u_0(t) \quad (5)$$

Opšti izraz glasi:

$$u(t) = k_1 u_m(t) + k_2 u_m(t) \cos(\omega_0 t), \quad (6)$$

gde je:  $k_1 = 2a_1$ ,  $k_2 = 4a_2 U_0$ .

Furijeova transformacija signala  $u(t)$  data je relacijom:

$$U(j\omega) = \mathfrak{F}\{u(t)\} = k_1 \frac{\mathfrak{F}\{u_m(t)\}}{U_m(j\omega)} + \mathfrak{F}\{k_2 u_m(t) \cos(\omega_0 t)\} \quad (7)$$

$$U(j\omega) = k_1 U_m(j\omega) + U_{AM}(j\omega)$$

Da bi se dobio koristan produkt modulacije potrebno je primeniti filter propusnik opsega (6), ali pre toga treba ispuniti uslov  $\omega_0 - \omega_m \geq \omega_m$ , tj.  $\omega_0 \geq 2\omega_m$ . Drugi način je da koeficijent  $k_1$  bude jednak nuli,  $k_1 = 0$ . Bilo da se primeni jedan ili drugi način dobiće se signal (slika 3):

$$z_{AM-2BO}(t) \xrightarrow{\mathfrak{F}} z_{AM-2BO}(j\omega) = U_{AM}(j\omega). \quad (8)$$

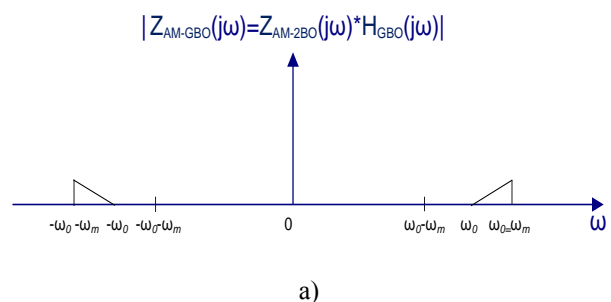
Za dobijanje AM-1BO signala, dovoljno je propustiti AM-2BO signal kroz filter koji bi nam izdvojio željenio pseg. Za gornji bočni opseg koristio bi se filter:

$$H_{GBO} = \begin{cases} 1, & \omega_0 \leq |\omega| \leq \omega_0 + \omega_m; \\ 0, & \text{drugde} \end{cases} \quad (9)$$

Donji bočni opseg bi izdvojili filtrom:

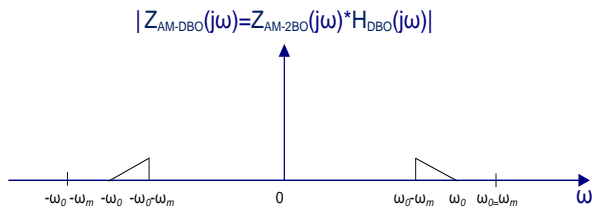
$$H_{DBO} = \begin{cases} 1, & \omega_0 - \omega_m \leq |\omega| \leq \omega_0; \\ 0, & \text{drugde} \end{cases} \quad (10)$$

Amplitudski spektri signala dobijenih propuštanjem kroz idealne filtre iz relacija (9) i (10), prikazani su na slici 10.



a)





b)

Slika 10. Amplitudski spektr a) AM-GBO signala, b) AM-DBO signal

### 6. SOFTVERSKA REALIZACIJA

U softverskom paketu MATLAB napravljen je GUI koji služi za analizu amplitudskih modulacija. U ovom prozoru korisnik ima mogućnost definisanja parametra modulišućeg signala, nosioca, izbor vrste modulacije, kao i domen u kome želi da izvrši prikaz. Zbog ovakvog pristupa može se primeniti na laboratorijskim vežbama osnovnih studija, i time omogućiti lakše razumevanje postupaka i efekata koji se javljaju prilikom amplitudske modulacije. Izgled dela prozora u kome se unose željeni parametri prikazan je na slici 11.



Amplitudski spektr ▾

Prikazi zasebno slike

Slika 11. Izgled prozora gde se definišu ulazni parametri

Ukoliko je izabrano da je modulišući signal govorni, signal nosioca je definisan preko vrednosti  $U_0 = 0,5V$  i  $f_0 = 20kHz$ . U softverskom modelu omogućeno je da korisnik vrši izbor parametara kako za modulišući signal tako i za nosilac, s tim što se izbor frekvencije obavlja sa celobrojnim umnoškom. Jednotonski modulišući signal definisan je kao:

$$u_m(t) = U_i \cos(2\pi f_i t), \quad (11)$$

gde je:  $i = 1,2$  u skladu sa parametrima koje smo uneli u GUI.

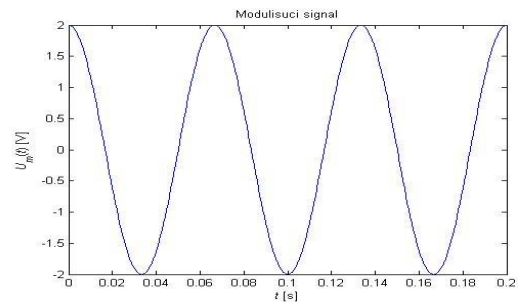
Dvotonski modulišući signal definisan je kao:

$$u_m(t) = U_1 \cos(2\pi f_1 t) + U_2 \cos(2\pi f_2 t). \quad (12)$$

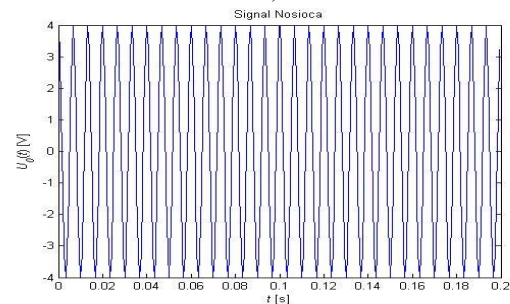
Samim izborom domena u combobox-u slike se iscrtavaju na prozoru GUI-a. U zavisnosti sta je izabrano iscrtavaju se izgledi signala u vremenu ili amplitudski spektri sledećih signala: modulišući signal, signal nosioca, modulisani signal pre filtriranja i modulisani signal nakon filtriranja.

Kvalitetniji prikaz slika omogućen je pritiskom na dugme „PRIKAŽI ZASEBNO SLIKE“, a zavisno od izabranog domena u combobox-u (vremenski/frekvencijski). Tada se slike prikazuju kao zasebne figure koje su u daljem radu i prikazane.

Neka su ulazni parametri signala kao na slici 11, s tim da je vrsta ulaznog signala “2.ton”. Vremenski oblik ovih signala prikazan je na slici 12, a amplitudski spektr na slici 13.

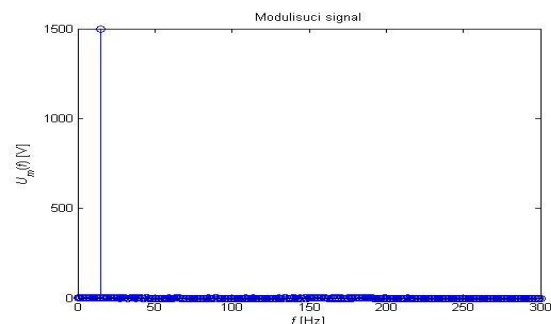


a)

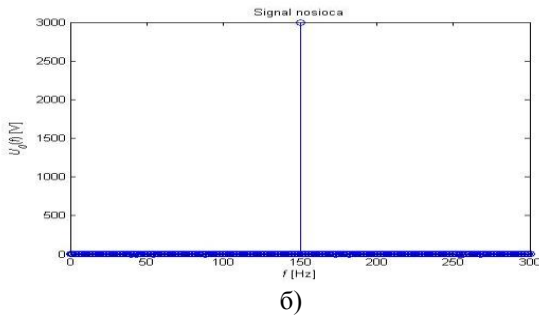


b)

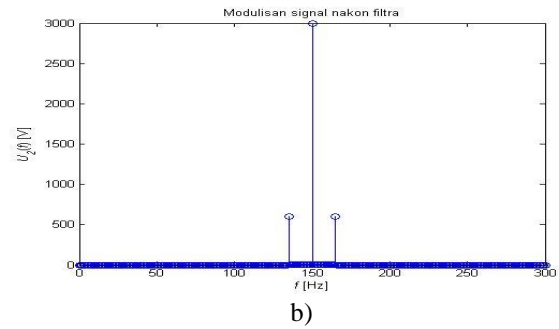
Slika 12. Izgled signala: a) modulušućeg, b) nosioca.



a)



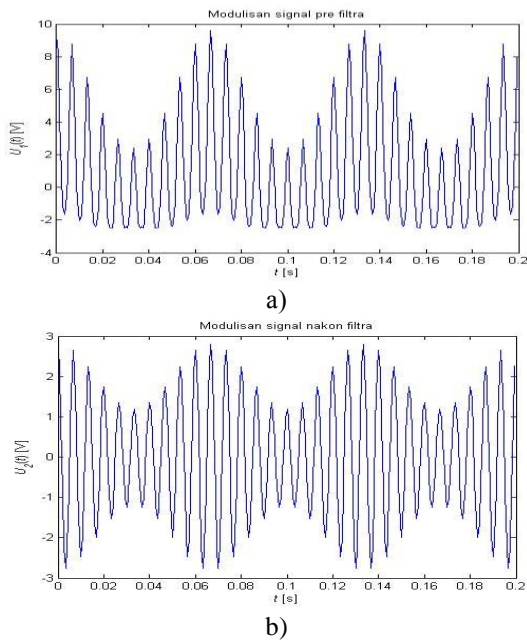
Slika 12. Amplitudski spektar signala:  
a) modulišućeg, b) nosioca.



Slika 15. Amplitudski spektar: a) signala na izlazu produktnog modulatora, b) KAM signala nakon filtriranja

## 7. REALIZACIJA KAM-a

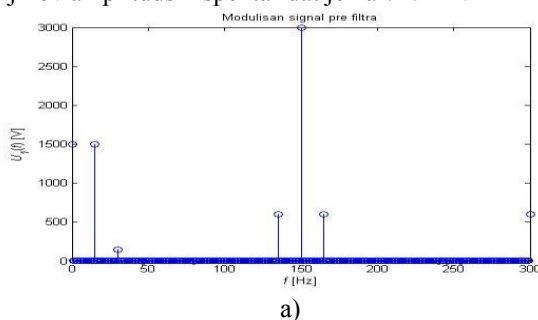
U skladu sa funkcijom prenosa nelinearnog sklopa produktnog modulatora (5), definisana je funkcija čiji su koeficijenti:  $a_0 = 0$ ,  $a_1 = 1$ ,  $a_2 = 0.1$ . Ako su ulazni signali produktnog modulatora definisani kao u prethodnom poglavlju, izgled signala na izlazu produktnog modulatora i KAM signala nakon filtriranja su prikazani na slici 14.



Slika 14. a) Signal na izlazu produktnog modulatora,  
b) KAM signal nakon filtriranja

Sa slike 14b vidi se da nije došlo do premodulacije i da anvelopa ovog signala odgovara modulišućem signalu sa slike 12a.

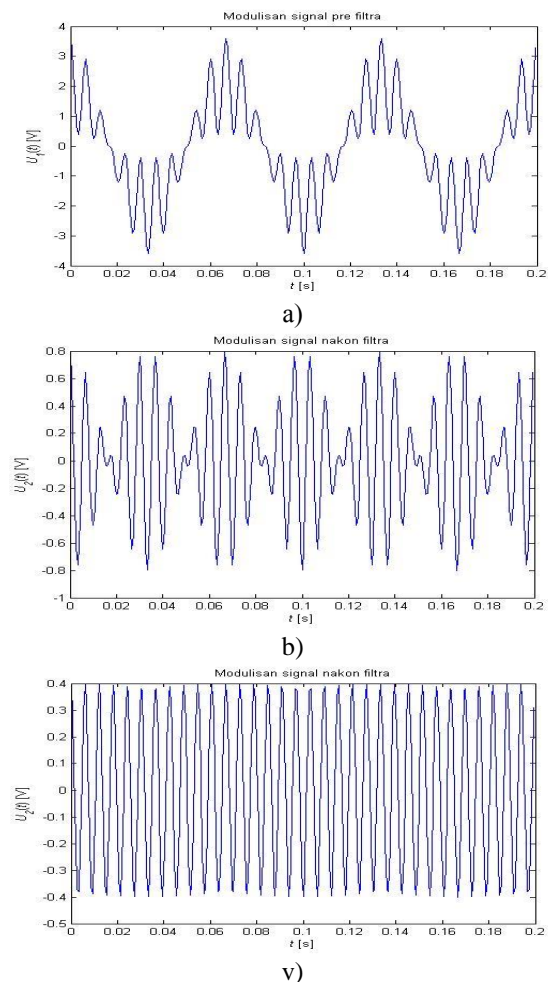
Njihov amplitudski spektar dat je na slici 14.

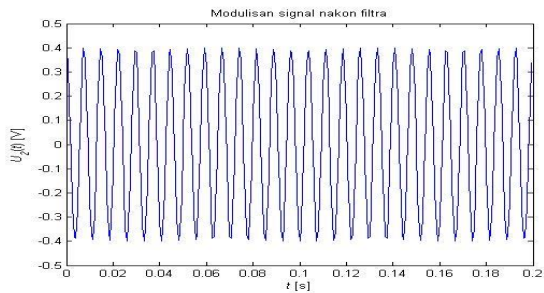


Na slici 15a) vidi se svih sedam komponenti koje se vide i na slici 5, a što je definisano relacijom (6). Nakon filtriranja ovog signala idealnim filtrom, vidimo da su ostale tri komponente KAM signala, od kojih je središnja nosilac.

## 8. REALIZACIJA AM-2BO i AM-1BO

Nelinearni sklop balansnog modulatora je isti kao kod produktnog modulatora, a ulazni signali neka su isti kao i do sada, odatle sledi da su koeficijenti iz relacije (6) sledeći:  $k_1 = 2$ ,  $k_2 = 1.6$ . Izgled signala na izlazu balansnog modulatora kao i na izlazu različitih filtera prikazani su na slici 16.



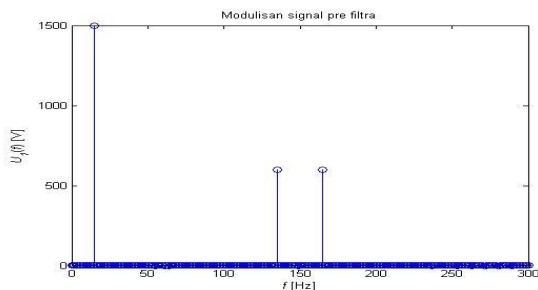


g)

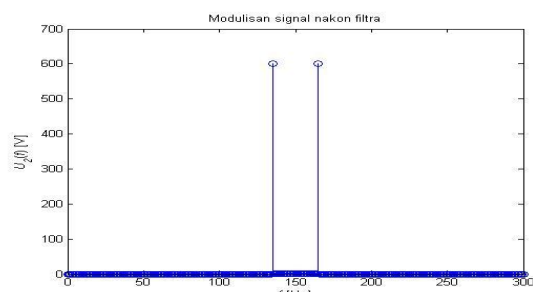
Slika 16. Izgled signala: a) na izlazu balansnog modulatora, b) AM - 2BO, v) AM - GBO, g) AM - DBO.

Sa slike 15, vidi se da je sačuvana informacija u svim signalima, samo da je primenom različitih filtera njihov izgled različit. Kod AM-2BO informacija se nalazi u anvelopi i promeni faze, dok je kod AM-1BO informacija u samom signalu.

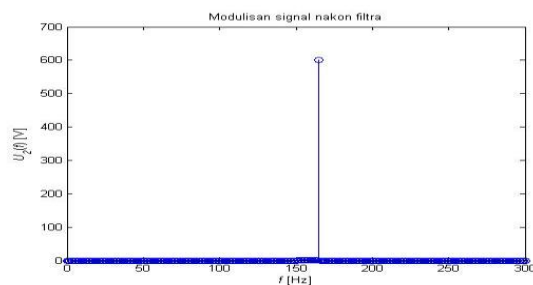
Amplitudski spektar ovih signala dat je na slici 17.



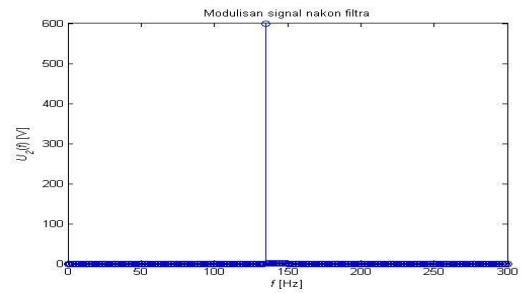
a)



b)



v)



g)

Slika 17. Amplitudski spektar signala: a) na izlazu balansnog modulatora, b) AM - 2BO, v) AM - GBO, g) AM - DBO.

Sa slike 17 se vidi da su niskofrekventne komponente eliminisane primenom odgovarajućih filtera. Poređenjem slika 17b), 17v) i 17g), jasno se vidi koje se komponente prenose za datu modulaciju i kolike su frekvencije tih komponenti.

## 9. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana softverska realizacija amplitudskih modulacija u programskom paketu Matlab. Za funkciju koja vrši konvencionalnu modulaciju uzeta je funkcija prenosa produktnog modulatora kaskadno povezanog sa idealnim filtrom propusnikom opsega. Kod AM modulacija posmatrana je funkcija prenosa balansnog modulatora i u zavisnosti od produkta željene modulacije izlazni signal propuštamo kroz idealni filter koji izdvaja korisne komponente. Dobijeni grafici pokazuju da su teorijski principi dobijanja određenih amplitudskih modulacija ispoštovani.

Sprovedene simulacione analize bi imale značaj u realizaciji laboratorijskih vežbi iz Osnova telekomunikacija. One bi omogućile studentima da vizuelno sagledaju postupke analognih amplitudskih modulacija, da uoče fenomene koji se javljaju promenom parametara signala i time lakše savladaju gradivo.

## LITERATURA

- [1] Miroslav Dukić, "Principi telekomunikacija," Akademska misao, Beograd, 2008.
- [2] Ilija Stojanović, "Osnovi telekomunikacija", Građevinska knjiga, Beograd, 1977.
- [3] Ljiljana Milić, Zoran Sobrosavljević, "Uvod u digitalnu obradu signala", Akademska misao, Beograd, 2009.
- [4] Željen Trpovski, "Osnovi telekomunikacija skripta" drugo izdanje, Delta press, Novi Sad, 2004.

# FPGA REALIZACIJA INTELIGENTNIH SENZORA

## FPGA IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT SENSORS

Vojislav Maksimović<sup>1</sup>, Marko Acović<sup>1</sup>, Uroš Pešović<sup>1</sup>, Siniša Randić<sup>1</sup>

*Fakultet tehničkih nauka, Čačak<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U radu je obrađena problematika projektovanja uređaja – inteligentnog senzora na bazi FPGA (eng. Field Programmable Gate Array) kola i razvijenih IP (engl. Intellectual property) jezgara. Dat je pregled elemenata u sistemu nadzora i upravljanja, akvizicije i kondicioniranja signala kao i uloga inteligentnog senzora koji u sebi integriše sve navedene elemente. Ukazano je na uticaj pristupa razvoju i projektovanju računara i računarskih sistema na senzorske tehnologije. Prikazani su i osnovni zahtevi za projektovanje inteligentnog senzora. Prikazana je tehnologija projektovanja na bazi FPGA kola i prednosti ovog pristupa. Predstavljen je princip implementacije kola na bazi FPGA kola, opšta arhitektura ovih kola kao i tehnike njihovog programiranja. Opisane su karakteristike i prednosti MicroSemi Actel Fusion FPGA platforme. Dat je kratak prikaz projekta inteligentnog senzora na bazi javno dostupnog IP procesorskog jezgara.

**Abstract** – This paper presents the design of intelligent sensor based on FPGA circuits and developed IP cores. The paper provides an overview of the elements in a system of supervision and control, acquisition and signal conditioning and the role of intelligent sensor that integrates all of these elements. Also shown is the impact of access to the development and design of computers and computer systems to sensor technology. Shown are the basic requirements for the design of intelligent sensors. This paper presents the technology of designing electronic circuits based on FPGA and advantages of this approach. Introduction of the principles of implementing circuits based on FPGA circuitry, their general architecture and art of their programming. Finally the paper presents the features and benefits of Microsemi Actel Fusion FPGA platform and a brief description of the project of intelligent sensors based on publicly available IP processor cores.

### 1. UVOD

Cilj rada je da prikaže prednosti projektovanja i realizacije elektronskih kola na bazi FPGA kola. Na tržištu je dostupan veliki broj FPGA razvojnih platformi i alata za projektovanje, simulaciju, realizaciju i testiranje koje omogućavaju razvoj elektronskih uređaja. Do sada su se na bazi FPGA kola uglavnom realizovali digitalni sistemi, ali najnovije verzije FPGA kola nude i rad sa mešovitim signalima. To je naročito značajno kada je u okviru uređaja koje se realizuje na bazi FPGA kola potrebno realizovati A/D ili D/A konvertor. Jedna od familija FPGA kola koja omogućava rad sa mešovitim signalima je Fusion familija FPGA kola firme Microsemi. Da bi projektovanje uređaja na bazi FPGA kola bilo što

lakše, proizvođači projektantima na raspolaganje stavljaju odgovarajuće razvojne sisteme i softverske alate. Shodno tome firma Microsemi projektantima za navedenu familiju FPGA kola na raspolaganje stavlja Fusion Embedded Development Kit – MIAFS. Ovaj razvojni sistem se koristi u paru sa programskim paketom Libero 10.1 SP3 Microsemi kao razvojnim softverskim alatom [1].

S obzirom da se svaki inteligentni senzor bazira na procesorskom jezgri u slučaju FPGA realizacije u bazno kolo se mora integrisati odgovarajući procesor. Da bi se izbeglo posebno projektovanje željenog procesora kod svake pojedinačne realizacije inteligentnog senzora projektantima na raspolaganju stoje čitave biblioteke gotovih procesorskih jezgara. Projektantu preostaje da izvrši izbor procesorskog jezgra u skladu sa zahtevima funkcionalnosti inteligentnog senzora odnosno mogućnosti ugradnje izabranog jezgra u korišćeno FPGA kolo.

Izborom procesorskog jezgra u principu definisan je i čitav niz kola kojima se oko datog jezgra realizuje inteligentni senzor, a namenjena su za rad sa unutrašnjom memorijom i za realizaciju U/I funkcija. Na taj način i odgovarajući blokovi se nude projektantima u obliku IP jezgara. Shodno ovakvom pristupu projektovanju proizvođači FPGA kola po pravilu obezbeđuju projektantima biblioteke IP jezgara koja se mogu koristiti pri projektovanju. I firma Microsemi za svoju familiju FPGA kola – Fusion i razvojno okruženje Libero 10.1 nudi biblioteku IP jezgara. Da bi se raspoloživa jezgra lakše ugradila u projektovani uređaj, Microsemi daje opis dostupnih IP jezgara i način njihovog međusobnog povezivanja.

### 2. INTELIGENTNI SENZORI

Razvoj tehnike i tehnologije, pre svega poluprovodničke, i promene u računarskoj tehnici uticao je na stvaranje mogućnosti da se danas mogu realizovati elektronska kola sa velikim brojem funkcionalnosti i visokih performansi, malih gabarita, sa ugrađenim komunikacionim interfejsima i smanjenom potrošnjom električne energije. Istovremeno je došlo i do promena u pogledu pristupa projektovanju elektronskih kola. Do posebno značajnih promena u pogledu projektovanja došlo je u slučaju projektovanja računara i računarskih sistema.

Računari i računarski sistemi su ranije projektovani kao autohtoni uređaji, kojima je ugrađivan određen skup funkcionalnosti, koje su se koristile u skladu sa potrebama korisnika. Današnji pristup se ogleda u tome da su projektovanje računara i njihova realizacija postali zavisni od konkretne primene i ispunjenja funkcionalnih i drugih zahteva date primene. Koristeći jeftina ASIC (eng.

*Application Specific Integration Circuits*) ili *SoC* (*eng. System on Chip*) integrisana kola moguće je zadovoljiti funkcionalnost računara/računarskog sistema tako da direktno podržavaju specifične zahteve primene.

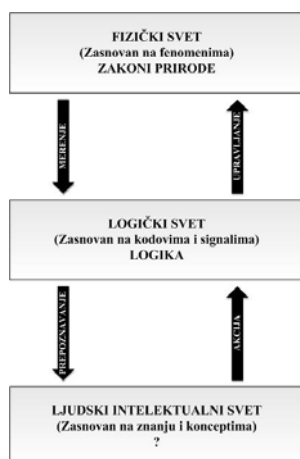
Razvoj u oblasti računarske tehnologije direktno je uticao na razvoj i unapređenje senzorske tehnologije, posebno kada su u pitanju inteligentni senzori. *ISA* (*eng. International Society of Automation*) [1] definiše senzor kao uređaj koji obezbeđuje odgovarajući izlaz kao odgovor na specifičnu merenu veličinu. Većina senzora se u svojoj osnovi ponaša kao pasivni uređaj, kao na primer otpornik, čije se vrednosti menjaju u zavisnosti od eksterne pobude [2].

Da bi se bolje opisalo mesto i uloga senzora, na slici 1 je prikazana uprošćena blok šema računarski baziranog upravljačkog sistema, gde se senzori najčešće koriste u praksi. Sve češće umesto klasičnih senzora, koriste se tzv. inteligentni ili pametni senzori što je danas postalo značajno mesto primene računarskih komponenta [3].



Slika 1. Uprošćena blok šema računarski baziranog upravljačkog sistema

Praktična primena upravljačkog sistema kod koga se koriste inteligentni senzori ogleda se u stvaranju mogućnosti da se akvizicione, ali i upravljačke funkcije mogu realizovati na distribuiranoj računarskoj platformi. Inteligentni senzori omogućavaju da se primarna obrada podataka dobijenih sa senzora lokalizuje na neposredno na mestu gde se vrši njihova akvizicija [4].



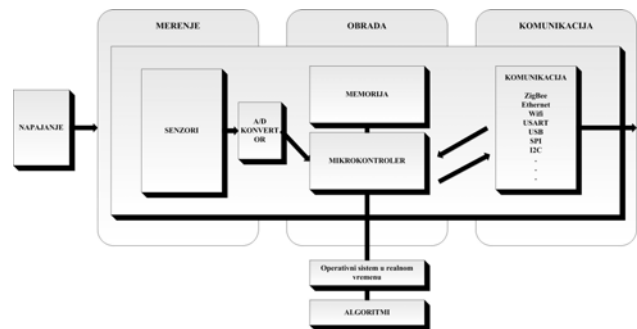
Slika 2. Blok šema protoka informacija

Primarna obrada podrazumeva: kondicioniranje signala, analogno/digitalnu konverziju, obradu prihvaćenih podataka na nivou aritmetičkih i logičkih funkcija i donošenja odgovarajućih odluka. Primenom inteligentnih senzora smanjuje se obim procesiranja podataka na nivou glavnog upravljačkog računara. S druge strane smanjuje

se i protok informacija od senzora do glavnog upravljačkog računara, jer lokalnom obradom podataka se vrši njihovo filtriranje tako da se upravljačkom računaru prosleđuju samo relevantne informacije.

Radi boljeg poimanja tehničko – tehnološkog aspekta inteligentnih senzora potrebno je ukazati na tok informacija u okviru mernog i upravljačkog sistema. S obzirom na učešće čoveka u kompletnom merno – upravljačkom procesu u pomenuti tok informacija mora se uključiti i interfejs čovek – mašina (*MMI, Man – Machine Interface*). Na taj način se dolazi do komunikacione šeme prikazane na slici 2, kojom su povezana tri „sveta“, [5].

1. **Fizički svet** – Predstavlja merene i objekte kojima se upravlja, senzore i aktuatora. Informacije se prosleđuju kao fizičke veličine.
2. **Logički svet** – Predstavlja sistem za obradu informacija dobijenih merenjem i generisanje upravljačkih informacija. Ovim svetom upravljaju logički zakoni u kojima se informacije predstavljaju određenim logičkim kodom.
3. **Ljudski intelektualni svet** – To je interni svet ljudskog mozga. Informacije se prevode u znanje i koncepte.



Slika 3. Arhitektura inteligentnog senzora

Informacije na nivou fizičkog sveta se dobijaju tehnikama merenja i sensorisanja i prosleđuju logičkom svetu. Logički svet vrši obradu primljenih informacija i donosi odgovarajuće odluke ili prosleđuje po potrebi obrađenu informaciju čoveku. Nakon akcije čoveka ili neposredne odluke logičkog sveta vrši se upravljanje posmatranim objektima. Korišćenjem inteligentnih senzora se granice logičkog i fizičkog sveta približuju [6].

Inteligentnim senzorom, kao merno – instrumentacionim uređajem upravlja određena računarska komponenta, kao što je mikroprocesor ili mikrokontroler. Ostale blokove čine memorija, senzori, A/D i D/A konvertor i potrebni ulazni – izlazni interfejsi. Zahvaljujući programima koji se izvršavaju na procesorskoj osnovi inteligentnog senzora oni poseduju mogućnost odlučivanja, obrade, dijagnostike i komunikacije sa okruženjem. Arhitektura tipičnog inteligentnog senzora prikazana je na slici 3.

### 3. PROBLEMI REALIZACIJE INTELIGENTNIH SENZORA

Pored standardnih zahteva, koji se postavljaju pri realizaciji bilo kog elektronskog uređaja, pri

projektovanju inteligentnih senzora pojavljuju se i neki specifični zahtevi. Oni su motivisani pre svega uslovima rada inteligentnih senzora na udaljenim lokacijama i potrebom da se obezbedi dugotrajan rad korišćenjem baterijskog napajanja. Danas je teško zamisliti senzorski sistem u industrijskim pa čak i kućnim uslovima, koji ne poseduje mogućnost rada na udaljenoj lokaciji. Shodno tome kao jedan od glavnih uslova pri realizaciji inteligentnih senzora predstavlja obezbeđenje rada na udaljenim lokacijama. Rad na udaljenim lokacijama sa sobom nosi rizik nepostojanja mrežnog napajanja uređaja, što podrazumeva postojanje baterijskog napajanja. S obzirom da je neophodno dopunjavanje baterije neophodno je i postojanje dobijanja električne energije iz nekog od alternativnih izvora napajanja. U ovakvim slučajevima najčešće se koristi napajanje na bazi foto – naponskih ćelija.

Drugi problem rada uređaja na udaljenim lokacijama predstavlja potreba ostvarivanja komunikacije sa ostatkom sistema. Zbog nemogućnosti ostvarivanja žične komunikacije kao važan aspekt primene inteligentnih senzora nameće se potreba za bežičnom komunikacijom sa okruženjem.

Baterijsko napajanje nameće potrebu da se prilikom projektovanja i realizacije inteligentnih senzora mora voditi računa o potrošnji električne energije. Kao prvo sa aspekta uštede električne energije, koja na prvi pogled, kod ovakvih uređaja može izgledati zanemariva. Međutim, uzimajući u obzir da se u okviru jednog sistema za nadgledanje ili upravljanje može koristiti potencijalno veliki broj inteligentnih senzora onda ukupno potrošenu energiju ne treba zanemariti. S druge strane kod ovakvog napajanja dolazi do praznjenja baterije i potrebe za njenim dopunjavanjem da bi se obezbedio dugotrajni rad uređaja. Zbog toga se mora projektovati i realizovati energetski efikasan uređaj koji će ispuniti sve funkcionalne zahteve uz minimalno angažovanje i potrošnju električne energije.

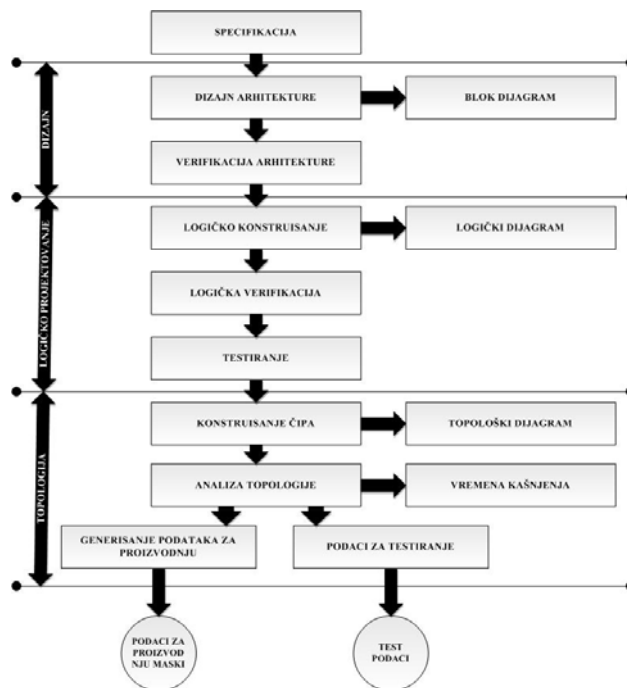
Bitan deo inteligentnog senzora predstavlja i interfejs za ostvarivanje komunikacije sa fizičkim „svetom“, tj. sa sensorima za registrovanje fizičkih veličina. Ovaj interfejs je uslovljen vrstom fizičkih senzora koji se uključuju u sistem. U zavisnosti da li se zahteva pretvaranje fizičke u električnu veličinu, konvertovanje iz analognog u digitalni domen zavisi i struktura i funkcionalnost ovog interfejsa.

U određenim slučajevima od inteligentnih senzora može da se zahteva i rad u uslovima povratne sprege pomoću koje se preko inteligentnog senzora i odgovarajućih aktuatora može delovati na objekte upravljanja. Lokalnim ili eksternim generisanjem upravljanja može se obezbediti upravljanje u realnom vremenu ili u skladu sa unapred definisanim scenariom. Procesorska jedinica inteligentnog senzora pored programa koji realizuju lokalnu obradu podataka izvršava i programe kojima se vrši samotestiranje, samoidentifikacija, samovalidacija i adaptacija u skladu sa konkretnom primenom uređaja.

Inteligentni senzor pored mogućnosti komunikacije sa okruženjem u okviru koje se vrši distribucija prikupljenih podataka često mora da obezbedi i lokalno memorisanje

parametara bitnih za svoj rad. Takođe, inteligentni senzori moraju da poseduju skalabilnost da bi se obezbedilo proširenje funkcionalnosti, a posebno u pogledu povezivanja dodatnih fizičkih senzora.

Razvoj poluprovodničke tehnologije pružio je mogućnost integracije svih elemenata inteligentnog senzora u obliku integrisanog elektronskog kola. Na taj način inteligentni senzori postaju tipičan primer SoC – a. Ovaj tip projekta je zasnovan na paralelnom razvoju hardvera i softvera i kompletnom funkcionalnom testiranju i verifikaciji pre same realizacije integrisanog kola, što smanjuje troškove i vreme potrebno za realizaciju. Ponovno korišćenje istog koda i razvijenih blokova je takođe prednost pri korišćenju ovog pristupa projektovanju. Postoji veliki broj već razvijenih komponenti koje značajno – olakšavaju posao inženjera u samom postupku projektovanja. Sve komponente se integrišu na istom integrisanom kolu i tako se ostvaruju kompleksne funkcije u veoma kratkom vremenu. Na slici 4 je prikazan dijagram standardnog projektovanja integrisanih kola, [7].



Slika 4. Dijagram standardnog procesa dizajniranja integrisanih kola

Kao početni korak uvek se uzima sistemska analiza zahteva naručioca, razvijanje na nivou podsistema i njihovo funkcionalno povezivanje. Tako se omogućuje logičko projektovanje, odnosno sinteza digitalnih integrisanih kola, nakon čega se dobija logička šema digitalnog kola. Logička šema je sastavljena od niza međusobno povezanih komponenta koje se usvajaju kao topološke celine. Ove komponente su uglavnom preprojektovane. Rezultati logičke simulacije su tabele logičkih stanja u pojedinim čvorovima kola, informacije o aktivnosti ćelije, opterećenost ćelija, itd. Ovim se vrši provera da li će kolo stvarno obaviti logičku funkciju koja se zahteva. Sledeći korak je određivanje prostornog rasporeda ćelija i određivanje rasporeda veza između njih, između ostalog i generisanje podataka o maski za celo

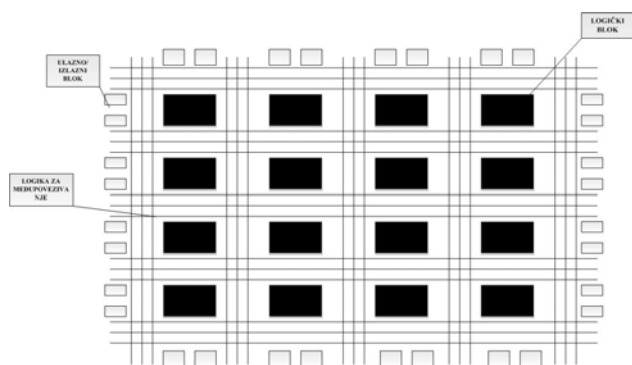
kolo. Projekat sistema i logički projekat se tretiraju jedinstveno kao funkcionalni projekat dok se prilikom projektovanja integrisanih kola, koristi naziv fizički projekat.

Značajno mesto u projektovanju i realizaciji inteligentnih senzora danas zauzima korišćenje programabilnih elektronskih kola na bazi FPGA tehnologije. Ovaj pristup projektovanju i realizaciji kompletnih sistema posebno je značajan pri izradi prototipa, kada se želi provera određenih rešenja. Takođe, realizacija uređaja na bazi FPGA je veoma pogodna i kada je potrebno realizovati realitvno mali broj uređaja.

#### 4. PRINCIPI FPGA REALIZACIJE

Ponuda programabilnog hardvera je veoma velika i programabilna logička kola predstavljaju samo jednu od komponenti. *FPGA* je uređaj koji se može programirati nakon produkcije, što nije slučaj kod *ASIC* kola gde su sve funkcionalnosti unapred definisane i promena funkcionalnosti nakon same fabrikacije bi zahtevala ponovno projektovanje od samog početka do nivoa ponovne fabrikacije integrisanog kola. *FPGA* poseduje mogućnosti reprogramiranja, prilagođenje novim standardima i mogućnost rekonfiguracije hardvera za određene primene.

FPGA integrisana kola su posebno značajna za izradu komunikacionih uređaja gde je potrebna brza obrada podataka i međublokovska razmena informacija. Komunikacioni protokoli koji su najčešće realizuju su: kodovanje, dekodovanje, multipleksiranje i demultipleksiranje u vremenskom domenu, IP rutiranje, sortiranje paketa, raspoređivanje paketa u mrežnim prekidačima i ruterima i druge. Komunikacione funkcije se relativno brzo realizuju na FPGA kolima, pa samim tim ova tehnika značajno smanjuje potrebno vreme razvoja. Opšta arhitektura FPGA uređaja prikazana je na slici 5.



Slika 5. Opšta arhitektura FPGA

Ulazno/izlazni blokovi su interfejsi preko kojih FPGA uređaj komunicira sa okolinom (izvori ulaznih signala, spoljašnji uređaji, memorije i drugi digitalni sistemi). Ulazno – izlazni uređaji povezuju pomoću kontakata preko kojih se vrši razmena odgovarajućih signala (ulazni, izlazni, bidirekcioni). Najpoznatiji standardi za razmenu signala na ulazno – izlaznim kontaktima su LVTTTL (*eng. Low Voltage Transistor – Transistor Logic*), PCI

(Peripheral Component Interconnect), LVDS (*eng. Low Voltage Differential Signaling*) i drugi [8].

Logički blokovi su osnovni gradivni elementi svakog FPGA uređaja. Unutrašnja struktura je karakteristična za svakog proizvođača i njegovu familiju uređaja. U najopštijem slučaju blokovi sadrže logička kola koja realizuju osnovne logičke funkcije kao i memorijske elemente. Neretko se u standardnu paletu FPGA elemenata uvršćuje i procesori za digitalnu obradu signala (DSP) kao i blokovi koji predstavljaju fazno kontrolisane petlje (PLL). Procesorska jezgra se mogu implementirati hardverski ili softverski što zavisi od samog proizvođača.

Logika za povezivanje logičkih blokova unutar FPGA kola predstavlja skup linija koje omogućavaju da se ostvare samo veze između logičkih, memorijskih, ulazno – izlaznih uređaja i drugih implementiranih blokova za koje je ustanovljeno da su potrebne za ostvarivanje željenih funkcija. Neke od linija mogu biti rezervisane za razmenu specifičnih signala, kao što su signali takta. Ove linije za povezivanje izrađuju se tako da je kašnjenje pri prenosu signala po tim linijama manje nego po drugim linijama. Mogu postojati i globalne linije za komunikaciju unutar celog integrisanog kola, putem kojih se razmenjuju signali za koje je ustanovljeno da je neophodno najmanje kašnjenje. Različiti proizvođači, kao i familije uređaja istog proizvođača razlikuju se po logici koju koriste za povezivanje blokova FPGA uređaja.

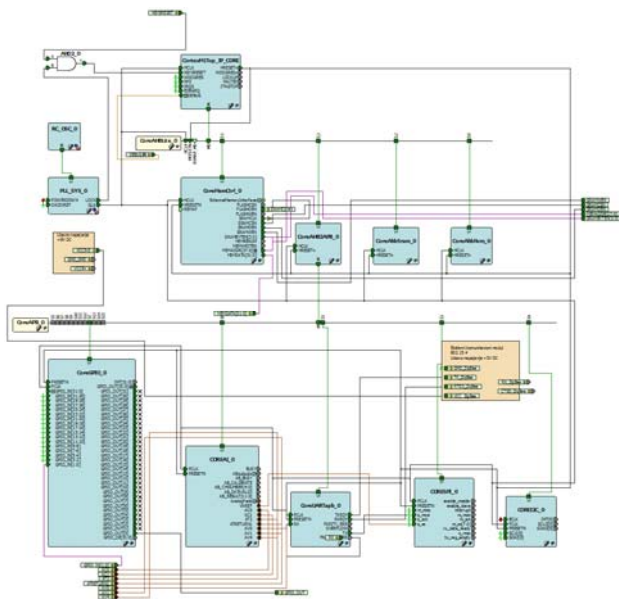
#### 5. PROJEKAT INTELIGENTNOG SENZORA

U radu je prikazan primer projektovanja procesorske baze jednog inteligentnog senzora. FPGA platforma koja u značajnoj meri zadovoljava osnovne pretpostavke koje zateva realizacija inteligentnih senzora je familija Fusion firme Microsemi, [9]. Procesorsku bazu projektovanog inteligentnog senzora predstavlja arhitektura ARM Cortex – M1, [10], [11]. Značajno je napomenuti da je ova ARM arhitektura i razvijena sa pretpostavkom realizacije u okviru FPGA kola, [12]. Integracijom dodatne logike sa pomenutom procesorskom arhitekturom može se dobiti integrisano kolo koje nalazi široku primenu, [13], [14]. Imajući u vidu karakteristike Fusion familije FPGA kola i arhitekture ARM Cortex – M1 i njihovu međusobnu kompatibilnost odlučeno je da se inteligentni senzor realizuje na bazi ove hardverske platforme.

Uzimajući ARM Cortex – M1 kao procesorsku osnovu inteligentni senzor je projektovan prema sledećim dodatnim zahtevima:

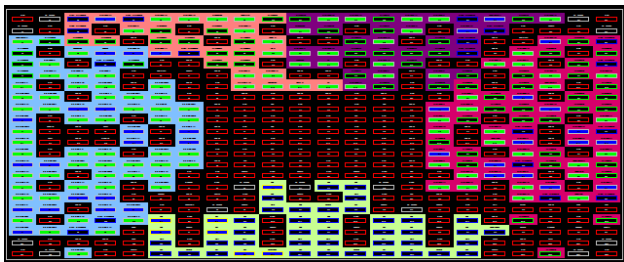
- Realizovati ulazno – izlazni blok koji uključuje realizaciju A/D i D/A konvertora, kao i standardnih komunikacionih interfejsa kao što su RS232, USB, SPI i I2C;
- Obezbediti mogućnost pamćenja prihvaćenih podataka kao i rezultata dobijenih nakon obrade u internoj memoriji;
- Obezbediti mogućnost komunikacije sa okruženjem radi razmene informacija

korišćenjem IEEE 802.15.4/ZigBee komunikacionog standarda [15].



Slika 6. Šema inteligentnog senzora dobijena korišćenjem Microsemi Libero softvera

Svi blokovi osim ZigBee komunikacionog modula su realizovani korišćenjem IP jezgara dostupnih kroz Libero Fusion IDE [16]. Za IEEE 802.15.4/ZigBee komunikaciju biće korišćena eksterna komponenta sa kojom će se komunicirati serijskom USART vezom. Na slici 6 je prikazan šema inteligentnog senzora čiji je projekat prikazan u ovom u ovom radu, a na slici 7 izgled projektovanog kola (layout) nakon realizacije projekta na nivou FPGA kola.



Slika 7. Izgled projektovanog kola nakon realizacije na nivou FPGA kola

Korišćeno softversko razvojno okruženje može da na osnovu broja iskorišćenih blokova u okviru FPGA kola i izvršene simulacije rada uređaja proceni potrošnju električne energije na nivou realizovanog uređaja. U slučaju ovog projekta ukupna potrošnja energije, prema proračunu dobijenom simulacijom na razvojnom okruženju manja je od 100mW što je izuzetno dobro. Na bazi dobijene procene nivoa potrošnje može se zaključiti da je uređaj pogodan za primene gde se podraumeva baterijsko napajanje.

## 6. ZAKLJUČAK

Na bazi prikaza projektovanja i realizacije inteligentnog senzora korišćenjem FPGA kola i IP jezgara može se

smatrati da ove tehnologije opravdano zauzimaju značajno mesto u razvoju elektronskih uređaja.

Projektovano kolo, u hardverskom pogledu nije fiksne strukture što dozvoljava kasnije modifikacije koje ne utiču na povećanje troškova, osim dodatnog vremena koje je potrebno za proces realizacije izmena. Zahvaljujući tome moguće je kreirati jezgro inteligentnog senzora koje se uz odgovarajuće modifikacije može prilagoditi zahtevima konkretne primene.

Projektovani inteligentni senzor ne samo da omogućava veoma jednostavnu rekonfiguraciju i nadgradnju postojećih funkcija već i realizaciju algoritama samodijagnostike i povezivanje u senzorske mreže. U ovom primeru korišćen je ZigBee komunikacioni protokol preko koga se ovakvi senzori mogu povezivati u bežične senzorske mreže.

## ZAHVALNICA

Rad je rezultat istraživanja koja se sprovode u okviru projekta „Razvoj i modelovanje energetski efikasnih, adaptibilnih, višeprosorskih i višesenzorskih elektronskih sistema male snage“ (TR32043) koji se realizuje u periodu 2011 – 2014. godina, a koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] „Fusion Embedded Development Kit User's Guide“, Actel Corporation, 2009
- [2] WEB portal International Society of Automation – <http://www.isa.org/>
- [3] Reznik, L., „Intelligent sensor: an attempt to define“, Proceedings of Second International Conference on Knowledge – Based Intelligent Electronic Systems, 1998, pp. 603 – 608
- [4] Randić, S., „Inteligentni senzori“, Tehnički fakultet, Čačak, 2010
- [5] Wilson, J., „Sensor Technology Handbook“, Newnes, 2004
- [6] Yamasaki, H., „Inteligent Sensor – Handbook of Sensors and Actuators“, Elsevier, 1996
- [7] Ramović, R. M., Arsoški, V., „Mikroelektronska kola – projektovanje, dizajn i karakteristike“, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2006
- [8] Sass, R., Schmidt, A. G., „Embedded Systems Design with Platform FPGAs“, Morgan Kaufmann, Publishres, 2010
- [9] „Fusion Family of Mixed Signal FPGAs“, Revision 4, Microsemi Corporation, January 2013
- [10] „Developing Embedded Application with ARM Cortex – M1 Processors in Actel IVLOO and Fusion FOGAs“, White Paper, Actel Co., 2009



- [11] „The Advantages of the 32 – bit Cortex – M1 Processor in Actel FPGAs“, White Paper, Actel Co., 2007
- [12] „Cortex – M1“, Technical Reference Manual, ARM, 2008
- [13] Pesovic, U., Randjic, S., Stamenkovic, Z., „A Wireless ECG Sensor Node Based on Huffman Data Encoder“, IEEE 14th International Symposium on Design and Diagnostic of Electronic Circuits & Systems, Cottbus, April 13 – 15, 2011, pp. 411 – 412
- [14] Pesovic, U., Projovic, D., Randjic, S., Stamenkovic, Z., „Customized Hardware Platform for Wireless Sensor Networks in Agricultural Applications“, Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Sensor and Signals (SESIG'12), Sliema, Malta, September 7 – 9, 2012, pp. 63 – 66
- [15] „Liberio IDE v9.1“, User's Guide, Actel Co., 2010
- [16] Bhat, M., „IEEE 802.15.4 Protocol Implementation on FPGA“, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011

# POSTOJEĆE METEOROLOŠKO I HIDROLOŠKO OSMATRANJE U REALNOM VREMENU U SLIVU TOPČIDERSKE REKE

## EXISTING METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL REAL TIME MONITORING ON THE TOPČIDERSKA RIVER CATCHMENT

Milutin Stefanović<sup>1</sup>, Mileta Milojević<sup>1</sup>, Jelena Čotrić<sup>1</sup>, Irina Milovanović<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>*Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ a.d.*

*Sadržaj* - Standardni osmatrački sistem RHMZ (Republički hidrometeorološki zavod) je prilagođen potrebama države u kojoj je sliv Topčiderske reke jedna tačka. Glavna meteorološka opservatorija RHMZ-a se nalazi na vododelnici sliva, ali bliže ušću (Košutnjak). Iako ta stanica ima savremenu mernu opremu, nije redak slučaj da ta opservatorija ne izmeri kišu koja pogodi centralni i gornji deo sliva. Meteorološko radarsko osmatranje otkriva oblačne sisteme, ali nedostaju kalibracioni pluviometrijski uređaji koji bi omogućili prognozu intenziteta i količine kiša.[1] U cilju modernizacije osmatranja, instalirani su instrumenti za praćenje kiše i poplave na Topčiderskoj reci u realnom vremenu.

**Abstract** – The standard observation system RHMZ (Serbian Hydrometeorological Service) treats the Topčiderska river catchment as one point. The main meteorological observatory of RHMZ is situated on the catchment boundary, but closer to the mouth of the river (in Košutnjak). Although the observatory is equipped with modern measuring equipment, oftentimes rainfall in the central and upstream part of the catchment is not measured at all. Meteorological radar observations detect cloud systems, but lack pluviometric calibration devices in order to predict rainfall intensities and amounts.[1] In order to modernize surveillance, instruments were installed to monitor rainfall and flooding in the river Topčiderka in real time.

### 1. UVOD

Topčiderska reka je hidrološki osmatrana od 1957. godine do danas sa manjim prekidima i uz premeštanje mernog mesta zbog radova na regulaciji vodotoka i rekonstrukciji železničkog koridora. Sadašnje hidrometrijsko merno mesto je u Rakovici od 1990.godine. [2]

U periodu redovnog i kratkoročnih namenskih osmatranja koja traju od 1957. godine do danas, zabeleženo je više poplava, od kojih su karakteristične poplave iz 1985, 1999. i 2005. godine.

Zbog brzine nastanka i kratkog trajanja poplavnih talasa, kao i ograničenja klasične meteorološke i hidrološke opreme, analize su rađene naknadno i osmatranja nisu omogućila pravovremenu najavu i odbranu od bujičnih poplava.

### 2. UNAPREĐENJE OPREME I SISTEMA MONITORINGA BUJIČNIH POPLAVA

Najava i odbrana od bujičnih poplava zahteva podatke o visini i intenzitetu kiše na slivu, kao i o naglom porastu vodostaja u reci. Ti podaci moraju biti preneti do centra nadležnog za odbranu od poplava u realnom vremenu.

Određivanje vrste, broja i mesta intalitriranja merne opreme je složen zadatak. Previše gusta osmatračka mreža može da onespobli sistem za akviziciju podataka usled previše velikog broja podataka, kao što retka mreža osmatranja najčešće ne osmotri opasnu pojavu i ne prosledi informaciju o kritičnoj pojavi.

Za svaki sistem koji osmatra pojave od značaja za odbranu od bujičnih poplava je od presudne važnosti definisanje kritičnih veličina osmotrenih pojava koje uzrokuju potencijalnu bujičnu poplavu.

Na osnovu ranijih istraživanja i osmatranja na Topčiderskoj reci, kao i na sličnim bujicama u Srbiji definisani su kriterijumi za alarmiranje sistema odbrane od poplava.

Za kiše su definisani kriterijumi kada se javljaju bujični poplavni talasi po intenzitetu i visini pale kiše:

- Po intenzitetu kada se osmotre kiše intenziteta većeg od 4 mm za 5 minuta
- Po visini kiše odrđena je kritična veličina kada padne više od 40 mm za jedan sat.

Za vodostaje su određeni kriterijumi za alarmiranje odbrambenog sistema, prema dubini vode u bujičnom koritu i prema brzini porasta vodostaja:

- Kada vodostaj u bujičnom koritu pređe 100 cm
- Kada vodostaj iznad kritičnog raste više od 10 cm u toku 10 minuta.

Navedeni kriterijumi su osnova za programiranje osmatračke nerne opreme. [3]

Za ostvarivanje zadatka monitoringa u realnom vremenu definisan je racionalan obim merne opreme koja će zadovoljiti uslove akvive odbrane od bujica u realnom vremenu. Odabrana su dva mesta za instaliranje uređaja za monitoring kiše i dva mesta za monitoring vodostaja.

U okviru realizacije projekta Monitor 2, finansiranog od strane Evropske unije, propisanom procedurom su nabavljeni merni uređaji koji su ispunjavali postavljene uslove. Nabavljena je merna oprema koju čine dva automatska pluviografa i dva automatska limnigrafa. Izabrana je oprema „Eiklkamp“, jer je osim zahtevanog kvaliteta, ponudila jedinstven komunikacion sistem i srazmerno jeftin softver za akviziciju podataka i upravljanje uređajima.

Za svaki uređaj je nabavljen komunikacioni i programabilni modul. Nabavljena su dva komandna komunikaciona modula za komandni centar i analitički razvojni centar u Zavodu za uređenje bujica i zaštitu od erozije, Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“.

Automatski merni uređaji su instalirani na unapred pripremljenim mestima, koja su naznačena preglednoj karti sliva Topčiderske reke.



Slika 1. Sliv Topčiderske reke sa instaliranom opremom za praćenje kiše i poplava

### 3. INSTALACIJA PLUVIOGRAFA

#### - KIŠOMERA

Pluviografi - kišomeri su instalirani u gornjem delu sliva Topčiderske reke. Jedno od odabranih mesta je „ogledna eroziona stanica „Ripe“, koja sa prekidima radi više od 40 godina. Drugi automatski pluviograf je instaliran u Ripnju, na vododelnici Topčiderske i Barajevske reke.



Slika 2. e+ RAIN pluviograf na stanici „Ripe“ sa drugim meteorološkim instrumentima



Slika 3. e+ RAIN Automatski pluviograf instaliran u Ripnju -Draženovac

### 4. INSTALACIJA LIMNIGRAFA

#### - VODOMERA

Najnižvodniji automatski limnigraf je instaliran na mostu u Resniku. Drugi uzvodni limnigraf je instaliran na mostu „Ripanj rampa“.



Slika 4. Limnigraf na profilu Ripanj rampa

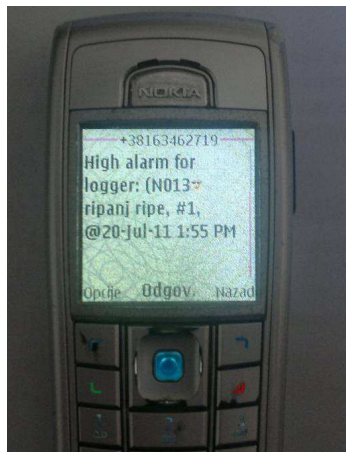
Svaki instalirani uređaj je opremljen mernim i komunikacionim modulom, koji je programabilan.



Slika 5. Merna sonda za limnimetrijsko merenje vodostaja



Slika 6. Detalj merne i transimione instalacije na limnometrijskoj stanici „Resnik“



Slika 7. Dobijen alarm da je počela kiša jakog inteziteta

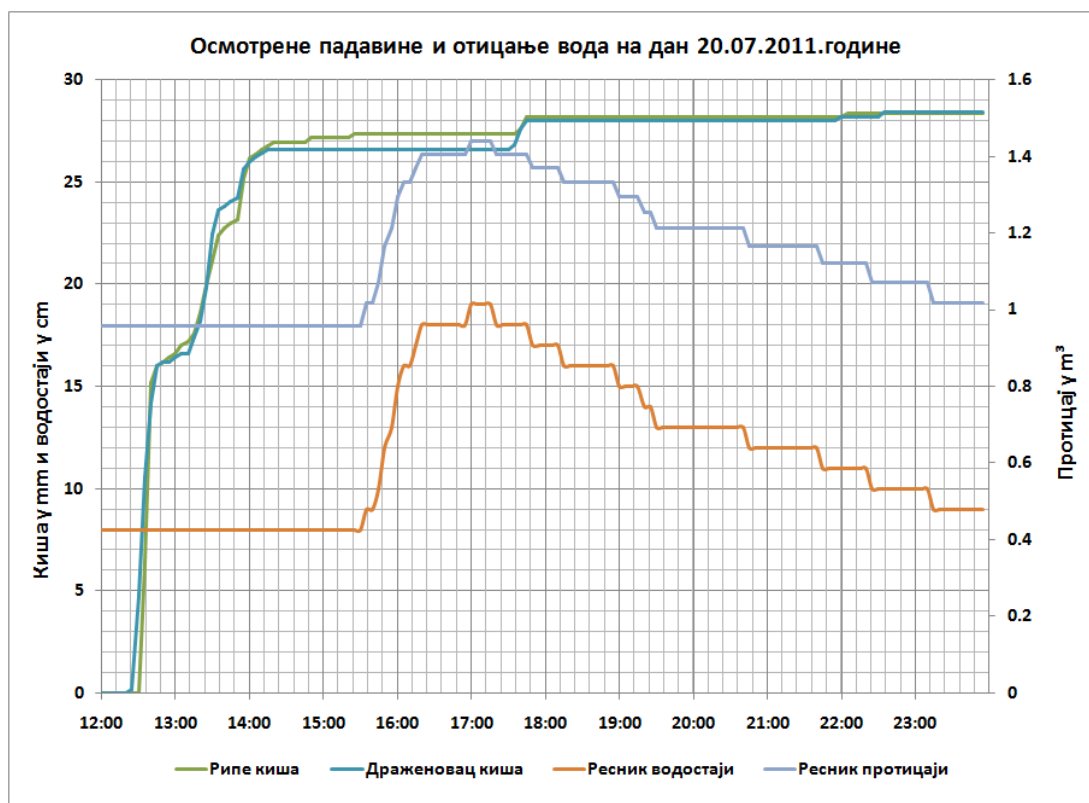
## 5. ZABELEŽENI REZULTATI OSMATRANJA

Kako je period aktivnog osmatranja srazmerno kratak, u početku su usvojeni kriterijum za alarm koji su bili niži od onih koji su potrebni. To je urađeno zato što je pojava kiša i proticaja manjih vrednosti verovatnija, što daje bolje uslove za obuku zaduženog osoblja, jer se takve pojave češće javljaju.

- Za kiše je odabran kriterijum za alarm kada tokom 5 minuta padne 2 ili više milimetara kiše.
- Za vodostaje je odabran kriterijum za alarm kada vodostaj pređe 50cm.

Iako su kriterijumi sniženi, tokom nepuna dva meseca osmatranja zabeležena je pojava jedne jake kišne epizode, koja se dogodila 20.07.2011.godine. Tokom 15 minuta je na obe pluviometrijske stanice, skoro istovremeno, palo 16 mm kiše. To je intezitet koji je u našim klimatskim uslovima uzročnik bujičnih poplava, svakako kada sa istim prosečnim intenzitetom traje najmanje jedan sat. Ovom prilikom je tokom narednog sata palo još 12 mm. Ukupni rezultat je inicijalna pojava naglog porasta proticaja, na Topčiderskoj reci, odgovarajuća paloj kiši. [4]

Na slici 8. je prikazan uporedni grafikon pluviograma zabeležene kiše i vodostaj i proticaj na limnometrijskoj stanici „Resnik“.

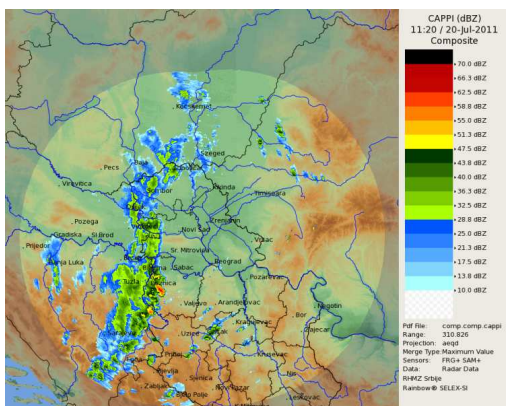


Slika 8. Uporedni prikaz zabeležene kiše, vodostaja i proticaja

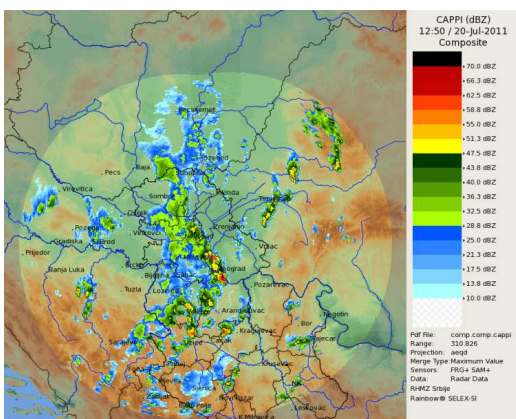
Kako automatska merna oprema koja je instalirana ima automatsku sinhronizaciju časovnika na svim mernim mestima, sa akvizicionim kompjuterom i u ovom slučaju je potvrđeno da u slučaju bujica, kakva je Topčiderska reka, bujični poplavni tajas nastaje dva do tri sata nakon početka jake kiše.

Osmotrena kiša koja je padala prvih 15 minuta (16 mm) uzrokovala je nakon tri sata nagli porast vodostaja, sa trendom koji odgovara trendu jake kišne epizode. Naredna kišna epizoda od 12mm, koja je padala ceo sat, iako iznosi 75% prve intezivne epizode nije uticala na porast vodostaja. Zaista je zabeležen porast vodostaja od 1cm, koji može da potiče od retardacije vode iz prve kišne epizode, dok je druga kišna epizoda produžila trajanje talasa.

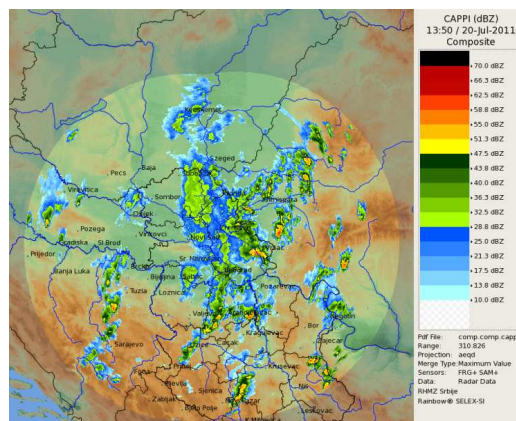
Zabeležene kiše su potvrđene i meteorološkim radarskim osmatranjima.[5] Na četiri sukcesivna radarska snimka, koji su dostupni preko interneta, jasno je vidljivo kretanje kišnih oblačnih masa i stvaranje kumulonimbisnih oblaka. Jasno je vidljiva brzina kretanja olujnih oblaka i vreme jake kišne epizode koja je bila između 12:35 i 12:50, što je vidljivo na radarskom snimku od 12:50, na kojem se jasno vidi da je centar kiše bio iznad Topčiderske reke (crveno narandžasta boja), kao i da kasnije nije bilo jače kiše.



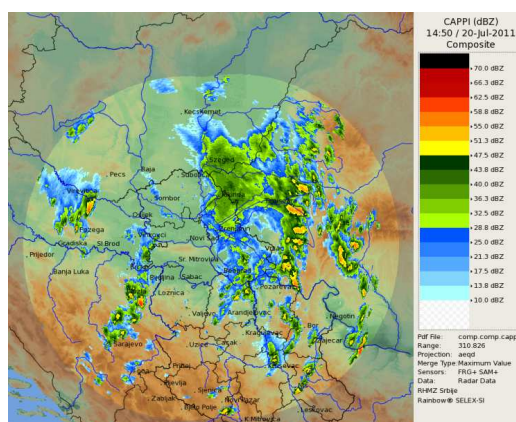
Slika 9. 11:20 Kišni front sa olujnim jezgrima stiže u Srbiju sa zapada



Slika 10. 12:50 Ekstremna kišna jezgra iznad Beograda i Topčiderske reke



Slika 11. 13:50 Kiša slabog i umerenog intenziteta iznad teritorije Beograda i Topčiderske reke



Slika 12. 14:50 Kišni oblaci odlaze od Beograda i Topčiderske reke

## 6. OBUKA LJUDSTVA

Obuka ljudstva uključenog u sistem odbrane od bujičnih poplava na Točiderskoj reci je neophodna i od presudne važnosti. Naime, bujične poplave se događaju nakon nekoliko sati, posle jake kiše, pa svako zakašnjenje u odbrani od bujičnih poplava uzrokuje nepotrebno velike štete. Zato je važno da angažovano ljudstvo prepoznaje značaj i važnost svake poruke i da svoje delovanje uskladi sa promenom situacije, koja se zaista brzo menja. Obuka ljudstva je podeljena na tri dela.

- Prvu grupu čine stručnjaci koji će prikupljati sistematizovati i analizirati prikupljene podatke. Posebno se prikupljaju podaci o problemima koji se uoče tokom rada. Zadatak ove grupe stručnjaka je programiranje pragova alarmnih poruka i njihove promene.
- Drugu grupu ljudstva čine stručnjaci odgovorni za operativnu odbranu od poplava. Oni prate osmotrene podatke i imaju ovlašćenja da aktiviraju odbranu i pre automatskog alarma, ako procene da je to neophodno.

- Treću grupu čine operativci, na odbrani od poplava, koji su obučeni da prepoznaju značaj poruke i da izvrše predviđene zadatke u skladu sa operativnim planom aktivne odbrane od poplava.

Obuka ljudstva za rad sa mernim akvizicionim sistemom je završena i u toku je redovno prikupljanje osmotrenih podataka i njihova analiza.

## 7. ZAKLJUČAK

Osmotreni podaci su pokazali upotrebljivost instalirane opreme i mogućnost pravovremene najave bujičnih poplava. Sada predstoji dalja obuka ljudi, u skladu sa rezultatima analiza prikupljenih podataka i uveštavanje novih procedura za brzo reagovanje u slučaju pojave jakih kiša.

Uspostavljeni sistem za praćenje pojave bujičnih poplava i odbrane od njih je minimalne konfiguracije, neophodne za uspostavljanje sistema monitoringa i pravovremenog delovanja.

Slični sistemi su uspostavljeni u svetu, u razvijenim evropskim zemljama, ali uz angažovanje neuporedivo većih sredstava u odnosu na ona koja su nam bila na raspolaganju. Ipak, susštinske razlike nema.

Svi sistemi namenjeni pravovremenoj najavi bujičnih poplava imaju sličnu strukturu, koju je moguće pojednostavljeno podeliti na:

- Merni uređaji za osmatranje i akviziciju podataka o jakim kišama i pojavi bujičnih poplava.
- Transmisioni uređaji za direktno povezivanje mernih uređaja i alarmnih i analitičkih centara.
- Kompjuterski sistemi sa namenskim softverom za alarmiranje i za analize i unapređenje sistema najave i odbrane od bujičnih poplava.
- Stalna finansijska podrška, podjednako za rad razvijenih sistema za alarmiranje, kao i za unapređenje postojećeg i razvoj boljih rešenja.

Iako je sistem monitoringa na Topčiderskoj reci razvijen skromnim sredstvima, on ne zaostaje po mogućnostima za sistemima monitoringa razvijenim, u vodećim evropskim zemljama, koji su višestruko skuplji.

Instaliranje opreme za praćenje bujičnih poplava na Topčiderskoj reci je okončana i sistem monitoringa je uspostavljen i stavljen u funkciju. Ali, to je tek početak dugoročnog posla na njegovom održavanju i unapređenju.

Cilj ovog projekta je da razvije procedure koje bi omogućile integrisanje različitih izvora informacija iz monitoring sistema, zapisa prošlih događaja, analize hazarda i hazardnih procesa. Takođe, potrebno je

podići nivo svesti kroz tri faze upravljanja: priprema, odgovor, pomoć.

Sušтина projekta je da se poboljša dostupnost informacija kako bi informacije o individualnim izlaganjima riziku i reakcijama u hitnim slučajevima mogle biti dostupne svima.

Jedino predložen sistem automatskog osmatranja putem senzora omogućava raspolaganje potrebnim podacima o bujičnim poplavama i pravovremeno donošenje ispravnih odluka bitnih za bezbednost građana koji su ugroženi na tom području.

Dobijeni izlazni rezultat je skup procedura za osmatranje nastanka, uočavanje poplavnog talasa u realnom vremenu i skup procedura za smanjivanje rizika od bujičnih poplava.

## LITERATURA

[1] M.Stefanović, Z.Gavrilović-*Metodologija za izradu planova za odbranu od poplava* – Institut za vodoprivredu”Jaroslav Černi”- 1998.

[2] Milovanović I., Stefanović M., Gavrilović Z.: *Monitoring bujičnih poplava na Topčiderskoj reci u realnom vremenu*, YUINFO-10, Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama, 03.-06.03.2010., Kopaonik, ISBN 978-86-85525-05-6, Izdavač: Društvo za informacione sisteme i računarske mreže, rad CD-u 5 str., 2010.

[3] Stefanović M., Gavrilović Z., Milovanović I., Zlatanović N., Milojević M.: *Determining criteria for monitoring torrential rains*, 13th Plinius Conference on Mediterranean Storms - Disasters and Climate Change: Know to Adapt, Programme Book, 7-8 September 2011, Savona, p. 43, 2011.

[4] Stefanović M., Gavrilović Z., Zlatanović N.: *Torrential Flood Monitoring and Real Time Alerting System in Serbia in Support of the Activation of Contingency Procedures*, "MONITOR II - Practical Use of MONITORing in Natural Disaster Management - Final Conference", 14 May 2012, Innsbruck, Austria, Proceedings pp. 44-50, 2012. [http://www.monitor2.org/downloads/MONITORII\\_FC\\_conference%20proceedings.pdf](http://www.monitor2.org/downloads/MONITORII_FC_conference%20proceedings.pdf)

[5] <http://www.hidmet.gov.rs>

# ZNAČAJ JTAG INTERFEJSA ZA POPRAVKU MATIČNIH PLOČA THE IMPORTANCE OF JTAG INTERFACE FOR REPAIRING MOTHERBOARDS

Siniša G. Minić<sup>1</sup>, Miloš Vorkapić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Učiteljski fakultet, PMF, Univerzitet u Prištini-K.Mitrovici

<sup>2</sup>IHTM-CMTM, 11000 Beograd

**Sadržaj** – Svaka matična ploča koja na sebi ima procesor i flash čip ili bios ima i mesto za spajanje JTAG adaptera. To nam omogućava da popravljamo čak i matične ploče pametnih telefona, PDA uređaja, laptopa, modema, rutera itd. U radu je dat primer popravke IBM STB02500 matične ploče. JTAG adapter znatno brže, efikasnije i preciznije otklanja nedostatke, greške i kvarove koje se javljaju na matičnoj ploči, Prednost korištenja JTAG adaptera ogleda se u stalnoj edukaciji tehničkog kadra.

**Abstract** - Each motherboard is wearing a processor and flash chip or bios has a place to connect JTAG adapter. JTAG adapter enables us to repair even the motherboard of smart phones, PDAs, laptops, modems, routers, etc.. The paper gives an example of repair IBM STB02500 motherboard. JTAG adapter much faster, more efficiently and accurately removes defects, errors or failures that occur on the motherboard. The advantage of using JTAG adapter is reflected in the continual training to technical personnel.

## 1. UVOD

JTAG interfejs se u samom početku prvenstveno koristio za testiranje elektronskih štampanih ploča i to nakon njihove proizvodnje. Korištenje JTAG interfejsa, u skorije vreme postalo je znatno intezivnije i to: u testiranju, otklanjanju grešaka, doradu fabričkog softvera i popravku raznih tipova matičnih ploča.

Gotovo svako modernije i savremenije preduzeće, koje se bavi proizvodnjom, distribucijom, prodajom ili uvozom potrošačke elektronike u svom sektoru servisa, poseduje bar jedan JTAG interfejs (adapter). Reč je o alatu koji se ne koristi svakodnevno. Korisnici moraju dobro da su upoznati sa hardverom, softverom, arhitekturom računara i elektronikom.

Takav alat se danas koristi za popravku i testiranje gotovo svih vrsta uređaja koji poseduju procesor, RAM memoriju i flash memoriju (ROM memoriju) od matičnih poča računara i lap topa, pa do set top box-ova (digitalnih satelitskih, zemaljskih ili kablovskih prijemnika), pametnih (SMART) telefona, iPod uređaja i mrežnih uređaja.

JTAG je skraćenica od engleskih reči (*engl. Joint Test Action Group*), predstavlja industrijsku grupu osnovanu 1985 godine koja je razvila metodu za testiranje elektronskih štampanih ploča nakon njihove proizvodnje [1]. U to doba, višeslojne elektronske ploče kao i integralna kola postaju standard u elektronskoj industriji

koja se bavila proizvodnjom istih, ali problem je bio u samom testiranju ispravnosti takvih ploča kao i štampanih veza koje su povezivale kako integralna kola, tako i sve ostale elektronske komponente međusobno.

Često se dešavalo da se prilikom serijske proizvodnje štampanih elektronskih ploča pojavljivao veliki broj kvarova na njima, a sve se to dešavalo prvenstveno zbog tzv. „hladnih lemov“ koji su uzročnici slabih spojeva na pojedinim elektronskim komponentama, zatim nepravilnosti u proizvodnji štampanih ploča ili zbog prekida veza između elektronskih komponenti. To je bio razlog za implementaciju i razvoj JTAG interfejsa.

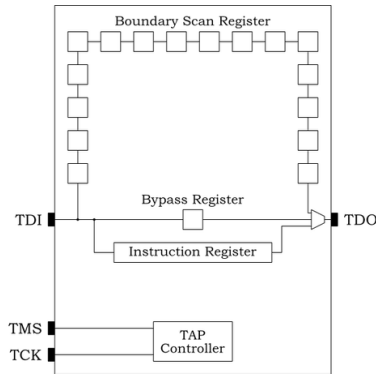
Danas se gotovo na svim matičnim pločama nalazi JTAG konektor, na koji se spaja JTAG interfejs čiji je zadatak da ispita njihovu ispravnost. Isto tako treba napomenuti, da se JTAG interfejs može koristiti i za druge svrhe osim testiranja ispravnosti, a jedna od njih je popravka raznih tipova matičnih ploča.

JTAG je 1990. godine postao IEEE 1149.1 standard, nakon njegove dugogodišnje upotrebe. Te iste godine Intel je objavio svoj prvi procesor za JTAG sa oznakom 80486 [2]. Zbog svoje ekonomske opravdanosti, neka manja preduzeća koja ne mogu da priušte skupe uređaje za testiranje, upravo koriste JTAG.

## 2. ARHITEKTURA JTAG

Na slici 1 prikazana je jednostavna arhitektura JTAG-a. Reč je o minimalnoj konfiguraciji koju obezbeđuju četiri spoljna pina: TCK, TDI, TDO i TMS pinovi [3]. Ovi pinovi zajedno čine tzv. TAP Port (*engl. Test Access Port*). Treba napomenuti da JTAG arhitektura [4] poseduje i dva dodatna registra, a to su registar za instrukcije, (*engl. instruction register*) i zaobilazni registar (*engl. bypass register*).

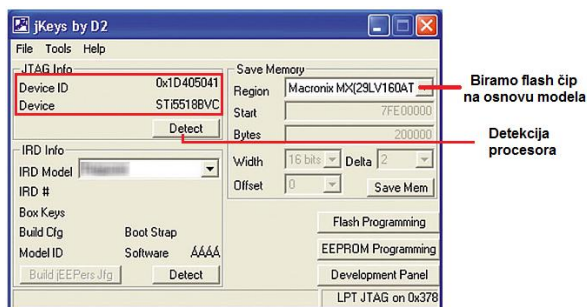
Ukoliko se na pinu TCK nalazi logičko 1 tada će se vršiti pomeranje unutra, odnosno unos bita i oburnuto. Ako se na pinu TCK nalazi logičko 0, tada se vrši pomeranje spolja, odnosno isčitavanje. Osnovni način rada jeste da se sačuva redosled stanja registara, tj. da se unos nove vrednosti, odnosno pomeranje unutra vrši putem pina TDI, dok se istovremeno pomeranje spolja ili isčitavanje, vrši putem pina TDO, tako da je registar automatski primio novu unesenu vrednost. Kada je reč o minimalnoj konfiguraciji, postoje samo dva registra: granični registar (*engl. boundary register*) i zaobilazni registar (*engl. bypass register*).



Slika 1. Arhitektura JTAG-a

Postoji nekoliko načina na koji se računar povezuje na JTAG konektor matične ploče [5]: paralelni (printerski) port, USB port, Ethernet port. Najjednostavniji način je povezivanje kabla za paralelni (printerski) port, dok su mnogo bolji (i dosta komplikovaniji kada je u pitanju kontrolisanje) USB i Ethernet JTAG kablovi jer obezbeđuju daleko brži prenos i komunikaciju između računara i JTAG interfejsa [6].

Informacije poput veličine flash memorije, zaštite od upisivanja podataka i slično, nalaze se u sklopu programa JKeys. Na slici 2 prikazan je JKeys program. Kada se pokrene program, pretražuje se flash memorija na osnovu modela.



Slika 2. Detekcija procesora i izbor flash memorije

U padajućem meniju „Region“ bira se flash memorija, na osnovu modela, u koju se kasnije upisuje „Firmware“. Kada se odabere model flash memorije, u okviru „Start“, „Bytes“, „Width“, „Delta“ i „Offset“ automatski se dodeljuju podaci vezani za odabranu flash memoriju.

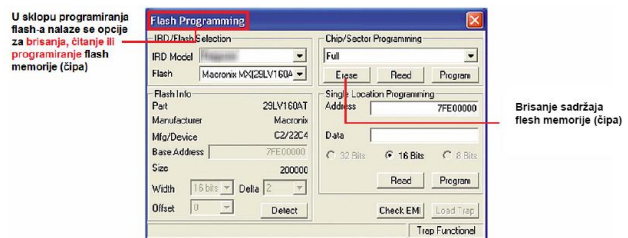
Pritiskom na dugme „Detect“ dobijaju se informacije o vrsti procesora koji se nalazi na matičnoj ploči. Ostale opcije koje nudi JKeys program su :

- Save Mem – služi za spašavanje sadržaja flash memorije „Flash dump“ ili „Backup“.
- Flash Programming – služi za programiranje flash memorije (unos Firmware-a)
- EEPROM Programming – služi za programiranje EEPROM memorije. EEPROM (*engl. Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) je vrsta izbrisane memorije koja može da se briše i ponovo programira i to električnom strujom. Služi za trajno pohranjivanje podataka, pri čemu se

jednom upisani podaci mogu izbrisati, ali samo električno.

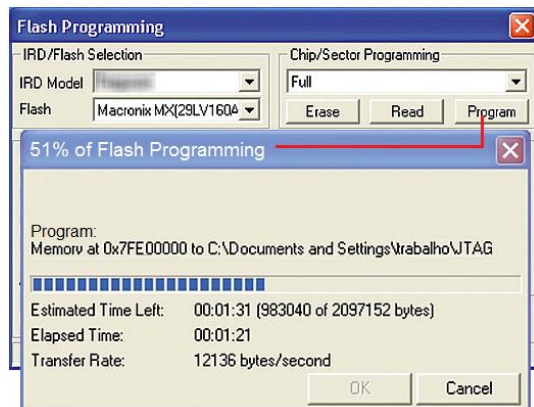
- Development Panel – dodatne opcije

Prilikom pogrešno nadograđenog „Firmware-a“ matična ploča postaje apsolutno beskorisna. Prvi korak koji se preporučuje u takvim situacijama podrazumeva brisanje sadržaja flash memorije, videti sliku 3. Ovaj proces postavlja sve bite u flash memoriji na logičko 1. Funkcija programiranja (*engl. Flash Programming*), može samo da promeni bit logičko 1 na bit logičko 0 ali ne i obrnuto. Nakon što se proces unosa „Firmware-a“ završi, matična ploča se isključi iz izvora napajanja, a zatim se ponovo uključuje.



Slika 3. Brisanje sadržaja flash memorije

Nakon brisanja sadržaja flash memorije pristupa se procesu unosa „Firmware-a“ u flash memoriju (čip) matične ploče, što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Proces unosa „Firmware-a“ u flash memoriju

„Firmware“ obično poseduje zaglavlje (*engl. header*), ili drugim rečima određeni broj bajtova koji opisuju „Firmware“. U tom slučaju, potrebno je otvoriti sadržaj „Firmware-a“ u Hex editoru, a zatim izbrisati dodatne bajtove koji ne pripadaju tom istom „Firmware-u“. Treba napomenuti da „Firmware“ mora da bude tačno određene veličine kao i flash memorija (čip). Ukoliko se radi o veličini flash memorije (čipa) od 2MB (2048KB), onda i „Firmware“ mora da bude iste veličine. To je razlog zbog koga se brišu dodatni bajtovi u zaglavlju.

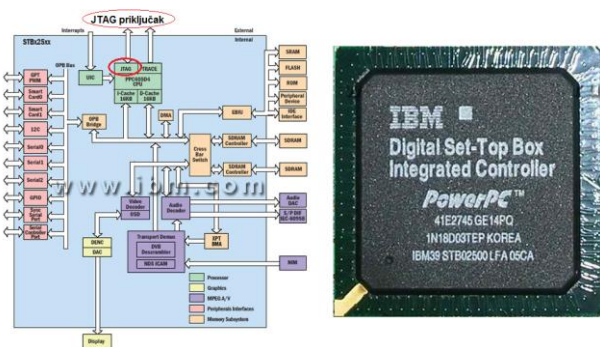
Naprednije matične ploče koje koriste set top box, obično se ne isporučuju sa JTAG priključkom. U tom slučaju matična ploča koristi dva „Bootloader-a“. Prvi proverava da li je uopšte potrebno da se nadogradi novija verzija „Firmware-a“. Ukoliko nije, drugi „Bootloader“ se pokreće, koji zatim pokreće postojeći „Firmware“. Prednost ove metode je u tome što se prvi „Bootloader“



nikada ne nadograđuje, tako da korisnici mogu da unose „Firmware“ koji žele.

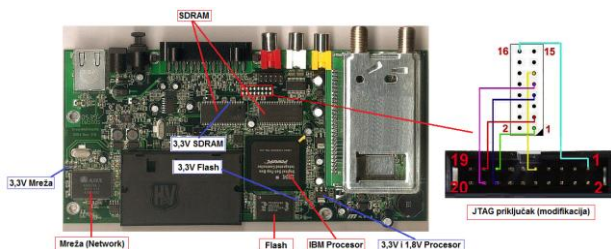
### 3. POPRAVKA IBM MATIČNE PLOČE

Na sledećom primeru dat je primer popravke matične ploču koja primenjuje DOS operativni sistem. Koristiti se opisani JTAG interfejs adapter. Na slici 5 prikazan je blok dijagram i fizički izgled procesora [7]. Procesor poseduje pinove za spajanje JTAG interfejsa. Na osnovu dijagrama vidi se da procesor (IBM STB02500) kontroliše i upravlja svim ostalim delovima matične ploče od memorije (Flash, ROM, SRAM, SDRAM i slično), pa do perifernih uređaja, IDE interfejsa, audio i video uređaja, mrežne kartice itd.



Slika 5. Blok dijagram (levo), fizički izgled IBM STB02500 procesora (desno)

Slika 6 prikazuje matičnu ploču sa svim njenim standardnim elektronskim komponentama (flash memorija, procesor, SDRAM memorija, mrežna karta itd.). SDRAM memorija, mrežna karta, audio i video karta su integrisani na matičnoj ploči. Pored toga, na matičnoj ploči su navedeni naponi koji služe za pravilno funkcionisanje navedenih elektronskih komponenti. Ukoliko se desi da je vrednost nekog napona promenjena ili varira, matična ploča ili deo matične ploče neće funkcionisati. Većina elektronskih komponenti se direktno napaja naponom od 3,3V, osim procesora. Procesor se napaja naponom čija vrednost iznosi 1,8V i on mora da bude stabilisan, a stabilizacija se vrši pomoću stabilizatora napona AE1117.



Slika 6. Prikaz matične ploče (IBM STB02500) i JTAG interfejsa

Matična ploča poseduje i JTAG priključak. Komunikacija JTAG adaptera sa računarom će se odvijati putem paralelnog (LPT) porta. Kada se spoji JTAG interfejs adapter na matičnu ploču, pre dodavanja izvora napajanja, potrebno je pokrenuti DOS ili cmd „Command Prompt“, a zatim pronaći folder u kome su smešteni svi fajlovi vezani

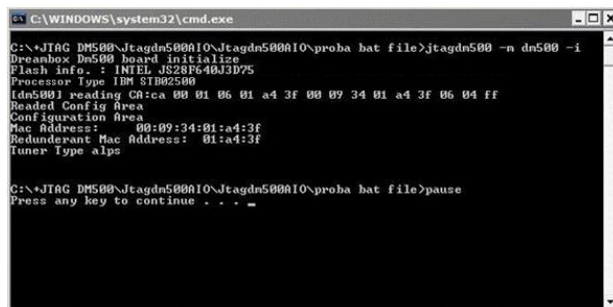
za JTAG interfejs adapter. Putanja koja vodi do fajlova je sledeća :

```
C:\+JTAG Dm500\Jtagdm500AI0
```

Kada se pristupilo folderu, ukucava se naredba kojom se dobijaju informacije o matičnoj ploči.

```
C:\+JTAG Dm500\Jtagdm500AI0\jtagdm500 -m dm500-i
```

Ova naredba poziva izvršni fajl „info.bat“. U Windows okruženju dovoljno je samo pokrenuti „info.bat“. U trenutku pokretanja izvršnog fajla „info.bat“, na matičnu ploču mora se dovesti izvor napajanja. Nakon toga pojavljuje se prozor (videti sliku 7) koji prikazuje sve neophodne informacije vezane za matičnu ploču. Najvažnije je da procesor komunicira sa svim ostalim delovima matične ploče.

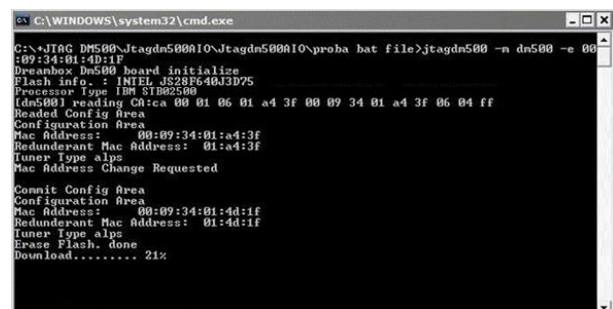


Slika 7. Pokretanje izvršnog fajla „proba bat file.bat“

Ako matična ploča i dalje ne funkcioniše, pristupa se procesu nadogradnje „Bootloader-a“, sličnogoreopisanom primeru. Nadogradnja „Bootloader-a“ vrši se pokretanjem sledeće naredbe :

```
C:\+JTAG Dm500\Jtagdm500AI0\jtagdm500 -m dm500-e 00:09:34:01:A4:3F
```

Matična ploča se priključuje na izvor napajanja i pritiskom na komandu „Enter“, započinje proces nadogradnje „Bootloader-a“ [8]. Unos „Bootloader-a“ u flash memoriju traje oko 2 minute, a proces unosa se prati u procentima od 0% do 100%, videti sliku 8.



Slika 8. Proces nadogradnje „Bootloader-a“

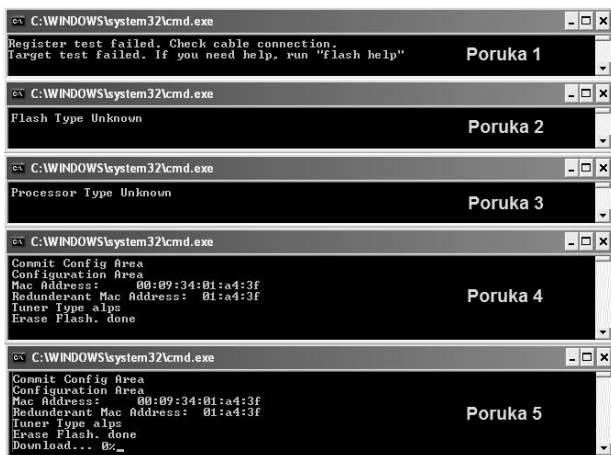
Jedna od prednosti ovakvog postupka je i promena MAC adrese uređaja. Trenutna MAC adresa uređaja je 00:09:34:01:a4:3f. Željena MAC adresa treba da bude 3f:a4:01:34:09:00 i tada se napiše sledeća naredba:

C:\+JTAG Dm500\Jtagdm500A10\jtagdm500 -m dm500-e 3F:A4:01:34:09:00 (nova MAC adresa)

Unosom nove MAC adrese vrši se nadogradnja „Bootloader-a” u flash memoriju. Međutim, prilikom pokretanja naredbe

*jtagdm500 -m dm500-i*

dobijaju se neophodne informacije o matičnoj ploči, a pri tome se dobijaju sledeće poruke (videti sliku 9):



Slika 2. Prikaz mogućih poruka

Poruka 1 – upozorava da se pojavila greška prilikom testiranja registara. U ovom slučaju, program nudi moguće rešenje problema, a to je da se proverí konekcija kablova, a odnosi se na paralelni (LPT) kabal kojim se spaja računar sa JTAG interfejs adapterom i konektor koji se spaja na matičnu ploču. Međutim, ako se pojavi ova poruka najčešći problem jeste na samom napajanju matične ploče, pa je neophodno proveriti napone koji napajaju matičnu ploču, a to su naponi od 3,3V, 5V i 12V.

Poruka 2 – upozorava da program ne može da prepozna tip flash memorije (čipa). Ako se dobija ovakva poruka prilikom pokretanja naredbe, neophodno je proveriti napajanje flash memorije, čija vrednost iznosi 3,3V (slika 6). Ako je napajanje uredno, fizički se skida flash memorija, a nakon toga se programira korišćenjem programatora. Ukoliko flash memorija ne može da se programira, onda je došlo do oštećenja flash memorije (čipa).

Poruka 3 – ukoliko se dobije ovakva poruka to znači da program ne može da prepozna tip procesora koji se koristi na matičnoj ploči. U tom slučaju, neophodno je proveriti napon koji služi za napajanje procesora, a čija vrednost iznosi 1,8V (slika 6). Često se dešava da vrednost napona padne na 0,7V. Postoje dva moguća problema, a to su : greška u samom procesoru (npr. kratak spoj ili opterećenje, fizičko oštećenje procesora, oštećenje usled udara groma i sl.) i greška u napajanju. U prvom slučaju matičnu ploču možemo popraviti samo ako fizički zamenimo procesor, dok u drugom slučaju mora se proveriti stabilizator napona AE1117 koji je najčešći uzrok ovog problema. Na ulaz stabilizatora, dolazi napon

od 3,3V, dok izlaz stabilizatora mora da obezbedi napon od 1,8V koji služi za napajanje procesora.

Poruka 4 – ako se prilikom pokretanja naredbe dobije sadržaj poruke u kome se izvrši naredba brisanja flash memorije „Erase Flash. done” i nakon toga se ne pojavi proces nadogradnje „Bootloader-a“ prikazan u procentima, u tom slučaju ponovo postoji problem sa flash memorijom (čipom). Rešenje problema se nalazi u Poruci 2.

Poruka 5 – problem je isti kao i u poruci 4. Najčešće rešenje ovog problema je da se fizički skine flash memorija (čip) i programira korišćenjem odgovarajućeg programatora.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je jedna sasvim nova metoda koja može biti od značajne koristi sektorima servisa u preduzećima koja se bave proizvodnjom, distribucijom i prodajom potrošačke elektronike bazirane na upotrebi matičnih ploča. Predstavljen je alat koji je alternativa skupim uređajima za testiranje, a koji može biti itekako koristan za testiranje, popravku, otklanjanje grešaka, pohranjivanje fabričkog softvera itd.

JTAG interfejs (adapter) može znatno brže, efikasnije i preciznije da otkloni nedostatke, greške i kvarove koji se pojave na nekoj matičnoj ploči, ali isto tako može da postigne i bolje rezultate čak iako je znatno jeftiniji od nekih složenijih i skupljih uređaja namenjenih za istu svrhu.

JTAG interfejs se može primenjivati na različitim tipovima matičnih ploča. Ne radi se samo o matičnim pločama personalnih računara, već i o matičnim pločama raznih drugih uređaja poput pametnih telefona, lap topova, iPoda, mrežnih uređaja i sl., odnosno svih onih uređaja koji posjeduju procesor, RAM memoriju i flash (ROM memoriju), a takvih je danas mnogo.

Za razliku od klasičnih metoda i alata koji većinom koriste hardverski deo, JTAG interfejs koristi i hardverski i softverski deo, što otvara bezbroj mogućnosti, jer kombinacijom hardvera i softvera alat postaje efikasniji, brži i precizniji kada je u pitanju krajnji rezultat.

## 6. LITERATURA

- [1][http://en.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Test\\_Action\\_Group](http://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Test_Action_Group)
- [2][http://en.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Test\\_Action\\_Group#cite\\_note-ieee1149.1-1990-1](http://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Test_Action_Group#cite_note-ieee1149.1-1990-1)
- [3][http://en.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Test\\_Action\\_Group#JTAG\\_IEEE\\_Std\\_1149.1\\_.28boundary\\_scan.29\\_instructions](http://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Test_Action_Group#JTAG_IEEE_Std_1149.1_.28boundary_scan.29_instructions)
- [4][http://www.amontec.com/pub/amt\\_ann004.pdf](http://www.amontec.com/pub/amt_ann004.pdf)
- [5]<http://www.fpga4fun.com/JTAG2.html>
- [6]<http://es.elfak.ni.ac.rs/Papers/ARM7%20Processor.pdf>
- [7]<http://elcodis.com/parts/6076200/STB02500.html>
- [8][http://hr.wikipedia.org/wiki/Boot\\_loader](http://hr.wikipedia.org/wiki/Boot_loader)

- [9][http://support.atmel.no/knowledgebase/avrstudiohelp/mergedProjects/AVRDragon/AVRDragon\\_connecting\\_to\\_target\\_through\\_the\\_jtag\\_interface.htm](http://support.atmel.no/knowledgebase/avrstudiohelp/mergedProjects/AVRDragon/AVRDragon_connecting_to_target_through_the_jtag_interface.htm)
- [10][http://www.corelis.com/education/JTAG\\_Tutorial.htm#NeededTools](http://www.corelis.com/education/JTAG_Tutorial.htm#NeededTools)
- [11]<http://trewmte.blogspot.com/2012/09/jtag-tutorial.html>
- [12][http://en.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Test\\_Action\\_Group](http://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Test_Action_Group)
- [13][http://tesla.pmf.ni.ac.rs/Predavanja/racunar\\_sist/Knjiga\\_-\\_Vol2/GLAVA7.pdf](http://tesla.pmf.ni.ac.rs/Predavanja/racunar_sist/Knjiga_-_Vol2/GLAVA7.pdf)
- [14][http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/ee3\\_dsd/ti\\_jtag\\_seminar.pdf](http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/ee3_dsd/ti_jtag_seminar.pdf)
- [15][http://support.atmel.no/knowledgebase/avrstudiohelp/mergedProjects/AVRDragon/AVRDragon\\_connecting\\_to\\_target\\_through\\_the\\_jtag\\_interface.htm](http://support.atmel.no/knowledgebase/avrstudiohelp/mergedProjects/AVRDragon/AVRDragon_connecting_to_target_through_the_jtag_interface.htm)
- [16][http://www.avrfreaks.net/modules/FreaksArticles/files/17/Guide\\_ToUnderstanding\\_JTAG\\_fuses\\_and\\_Security.pdf](http://www.avrfreaks.net/modules/FreaksArticles/files/17/Guide_ToUnderstanding_JTAG_fuses_and_Security.pdf)
- [17]Siniša G. Minić, Praktikum iz osnova informatike i računarstva, Učiteljski fakultet - Leposavić, 2007. godina, Unigraf-Niš
- [18]S. Minić, M. Vorkapić, Računarsko obrazovanje za inženjera Mehatronike, Konferencija Tehnika i informatika u obrazovanju, 2008, Čačak, Maj 9-11, Zbornik radova, str. 137-143, Tehnički fakultet – Čačak, ISBN 978-86-7776-062-5

# REALIZACIJA BRŽEG SERIJSKOG KONVERTORA PSEUDOSLUČAJNOG U PRIRODNI KOD REALISATION OF FASTER SERIAL PSEUDORANDOM/NATURAL CODE CONVERTER

Goran Miljković, Dragan Denić, Milan Simić, Aleksandar Jocić  
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu

**Sadržaj** – Konvertori pseudoslučajnog u prirodni kod se primenjuju u različitim sistemima koji koriste pseudoslučajne binarne sekvence (PSBS), kao što je slučaj kod pseudoslučajnih apsolutnih pozicionih enkodera. U radu su prikazane implementacije serijskog konvertora koda sa Fibonačijevim generatorom PSBS, kao i bržeg serijskog konvertora koda sa Galoa generatorom PSBS. Detaljna vremenska analiza i ispitivanje funkcionalnosti prikazanih serijskih konvertora koda je urađena pomoću simulacija u softverskom okruženju NI Multisim.

**Abstract** – The pseudorandom/natural code converters are applied in different systems which exploit pseudorandom binary sequence (PRBS), such as absolute pseudorandom position encoders. Both implementations of serial code converter with Fibonacci generator of PRBS, as well as a faster serial converter with Galois generator of PRBS are presented in the paper. Detailed timing analysis and functionality examining of presented serial code converters is performed through simulations in NI Multisim software.

## 1. UVOD

Apsolutni pseudoslučajni pozicioni enkodери se koriste za merenje pozicije u industriji, robotici, liftovima, teleskopima, antenama, štampačima, itd. Određivanje apsolutne pozicije u ovim enkoderima se zasniva na osobini  $n$ -bitne binarne pseudoslučajne sekvence (PSBS) da prozor dužine  $n$ , koji klizi duž sekvence, uvek izdvaja jedinstvenu kodnu reč u svakom trenutku [1, 2]. Takođe, kodne reči su sada longitudinalno raspoređene na kodnoj traci, a dve uzastopne kodne reči su preklapaju i razlikuju samo u jednom bitu. Pseudoslučajne binarne sekvence imaju sledeće karakteristike [1]: pseudoslučajni signal je periodičan i bipolaran, ima uniformnu spektralnu gustinu snage u širokom frekventnom opsegu, signal je deterministički, itd. PSBS signal se koristi u mnogim oblastima: kriptografiji, telekomunikacijama, testiranju VLSI kola [3], testiranju senzora gasa [4], merenju frekventnog odziva, itd. Apsolutni pseudoslučajni pozicioni enkodери imaju višestruke prednosti u odnosu na klasične apsolutne enkodere. Prvo, oni imaju samo jednu kodnu traku na kodnom disku enkodera, nezavisno od rezolucije enkodera. Takođe, oni imaju veću pouzdanost zbog mogućnosti korišćenja pouzdanih metoda za detekciju grešaka očitavanja koda. Još jedna prednost se ogleda u tome što se očitavanje koda može realizovati korišćenjem jedne ili dve senzorske glave, kao serijsko očitavanje koda, što nije slučaj kod klasičnih apsolutnih enkodera. Apsolutni pseudoslučajni pozicioni enkodери se sastoje od sledećih funkcionalnih celina: sistem za

očitanje koda [2, 5], sistem za sinhronizaciju očitavanja koda [2, 6, 7], sistem za detekciju grešaka očitavanja koda [1, 8] i konvertor pseudoslučajnog u prirodni kod [2, 7, 9].

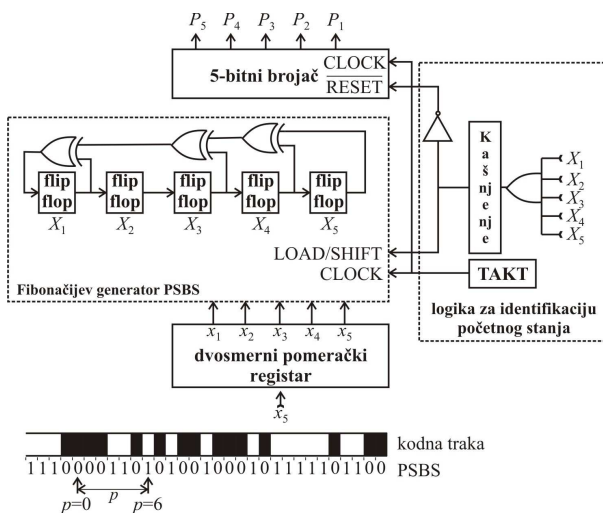
Metode konverzije pseudoslučajnog u prirodni kod moraju da zadovolje dva suprotna zahteva, što kraće vreme konverzije koda i što manja složenost i cena hardverske realizacije. Metode konverzije pseudoslučajnog u prirodni kod se mogu podeliti u tri različite grupe: paralelni [7], serijski [2, 9] i serijsko-paralelni konvertori koda [7]. Paralelni konvertori pseudoslučajnog u prirodni kod su najbrži, ali zahtevaju veliku ROM memoriju za smeštanje tablice prevođenja, posebno u slučaju enkodera visoke rezolucije. Serijski konvertori koda su najjednostavniji, manje hardverski zahtevni, ali sporiji od paralelnih. Kompromisno rešenje su serijsko-paralelni konvertori koda, koji kombinuju prethodne dve metode.

U radu su najpre detaljno opisana dva različita rešenja serijskih konvertora pseudoslučajnog u prirodni kod koji se mogu koristiti u apsolutnom pseudoslučajnom enkoderu ili u drugim oblastima gde se primenjuju PSBS. Prvo, rešenje koje koristi Fibonačijev generator PSBS je detaljno objašnjeno, a zatim brže rešenje koje koristi Galoa generator PSBS. Prikazani serijski konvertori pseudoslučajnog u prirodni kod su zatim realizovani u NI Multisim softverskom okruženju. Simulacije su iskorišćene za funkcionalnu i vremensku analizu serijskih konvertora pseudoslučajnog u prirodni kod.

## 2. SERIJSKI KONVERTORI PSEUDOSLUČAJNOG U PRIRODNI KOD

Trajanje procesa konverzije pseudoslučajnog u prirodni kod, tj. vreme konverzije, postaje kritično kod pseudoslučajnih enkodera visoke rezolucije. Serijski konvertori pseudoslučajnih u prirodni kod se zasnivaju na činjenici da je moguće odrediti vrednost pozicije  $p$  brojanjem koraka (pomeranja) potrebnih pomeračkom registru sa inverznom povratnom spregom da uzastopnim pomeranjem od očitane pseudoslučajne  $n$ -to bitne kodne reči dođe do početnog stanja. Serijski konvertor pseudoslučajnog u prirodni kod sa Fibonačijevim generatorom PSBS za rezoluciju  $n = 5$  je prikazan na slici. 1. 31-bitna pseudoslučajna sekvenca 111000011010100100010111101100 je iskorišćena za kodiranje pseudoslučajne kodne trake, a dobijena je 5-bitnim pomeračkim registrom za direktni zakon generisanja PSBS sa setom za povratnu spregu [5,4,3,1]. Bitovi sa

kode trake se očitavaju pomoću jedne senzorske glave  $x_5$  i smeštaju se u dvosmerni pomerački registar. Pomerački registar sa povratnom spregom za inverzni zakon generisanja PSBS, realizovane XOR kolima, formiraju Fibonačijev generator PSBS. Očitana kodna reč se učitava u Fibonačijev generator PSBS. Konfiguracija povratne sprege zavisi od korišćenog primitivnog polinoma, a odgovarajući setovi mogućih povratnih sprege se mogu naći u literaturi [10]. Set [5,4,2,1] za inverzni zakon generisanja PSBS se koristi na slici 1 (može se dobiti iz seta za direktni zakon generisanja PSBS [5,5-1,5-3,5-4] → [5,4,2,1]). Na početku svakog ciklusa konverzije koda očitana kodna reč se učitava u pomerački registar Fibonačijevog generatora. Pomerački registar sa svakom periodom takta prolazi kroz sekvencijalna stanja, dok ne dođe do stanja koje odgovara početnoj kodnoj reči. Jedan 5-bitni brojač se koristi za brojanje koraka (pomeranja) pomeračkog registra u okviru jednog ciklusa konverzije koda, a resetuje se na početku svake konverzije. Potrebna je dodatna logika za identifikaciju početnog stanja. Kao što se može videti sa slike 1, povratna sprega se sastoji od tri serijski povezanih logičkih kola, čije ukupno propagaciono kašnjenje utiče na maksimalnu frekvenciju takta konvertora.



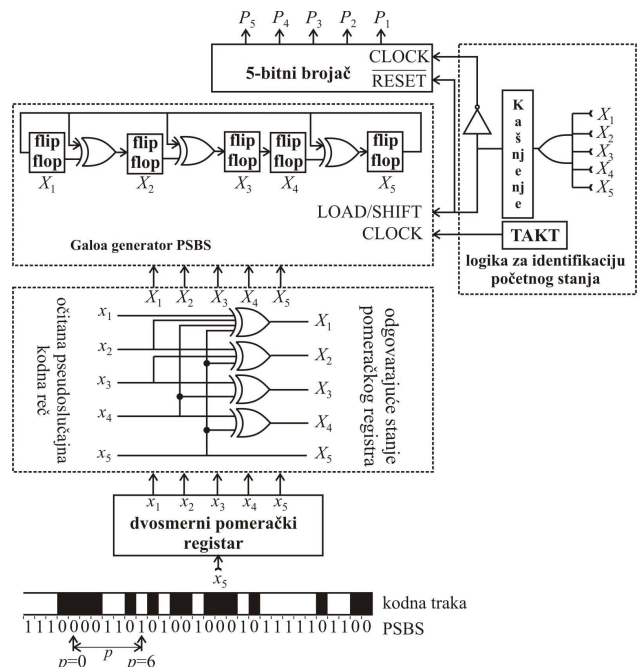
Slika 1. Serijski konvertor pseudoslučajnog u prirodni kod sa Fibonačijevim generatorom PSBS

Umesto Fibonačijevog generatora PSBS u ovom radu se predlaže korišćenje bržeg Galoa generatora PSBS u serijskom konvertoru koda [9]. Galoa generator takođe koristi pomerački registar, čiji se sadržaj modifikuje u svakoj periodi takta pomoću XOR kola konfigurisanih za inverzno generisanje PSBS. Predloženo rešenje serijskog konvertora koda sa Galoa generatorom PSBS je pokazano na slici 2. Ovo rešenje je brže, jer je smanjen broj serijski povezanih logičkih kola (XOR kola) u povratnoj sprezi. Položaj XOR kola između flip flopova u Galoa pomeračkom registru se utvrđuje na osnovu korišćenog seta povratne sprege [5,4,2,1] za inverzni zakon generisanja PSBS. Međutim, dodatna logika za inicijalnu konverziju očitane kodne reči u odgovarajući sadržaj pomeračkog registra je potrebna za pravilno funkcionisanje ovog konvertora. Ova logika samo učestvuje na početku svakog ciklusa konverzije koda i dalje ne učestvuje u procesu konverzije koda. Takođe,

potrebni su 5-bitni brojač i logika za identifikaciju početnog stanja  $G(0)$ . Potreban je dvosmerni pomerački registar za formiranje očitane kodne reči.

Logika za početno prilagođavanje očitane pseudoslučajne kodne reči je potrebna, jer očitana  $n$ -to bitna kodna reč ne odgovara potrebnom sadržaju pomeračkog registra, što je slučaj kod Fibonačijevog generatora PSBS. Procedura projektovanja ove logike je detaljno objašnjena u referenci [9] za  $n = 5$  bitnu rezoluciju i izabrani set povratne sprege. Primenom ovog postupka za projektovanje logike u slučaju iste rezolucije  $n = 5$  i drugog seta povratne sprege Galoa generatora PSBS [5,4,2,1], dobija se sledeći set jednačina:

$$\begin{aligned}
 X_5 &= x_5 & (1) \\
 X_4 &= x_4 \oplus x_5 & (2) \\
 X_3 &= x_3 \oplus x_4 & (3) \\
 X_2 &= x_2 \oplus x_3 \oplus x_5 & (4) \\
 X_1 &= x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \oplus x_5 & (5)
 \end{aligned}$$



Slika 2. Serijski konvertor pseudoslučajnog u prirodni kod sa Galoa generatorom PSBS

### 3. SIMULACIJA SERIJSKIH KONVERTORA KODA U NI MULTISIM

U svrhe detaljne funkcionalne i vremenske analize prikazanih rešenja serijske konverzije pseudoslučajnog u prirodni kod, izvršena je simulacija hardverskih rešenja u softverskom okruženju NI Multisim 11.0, slika 3 i 4. Za simulaciju je iskorišćena serija 74LSXX digitalnih kola. Propagaciona kašnjenja korišćenih logičkih kola u ovim simulacijama su navedena u tabeli 1.

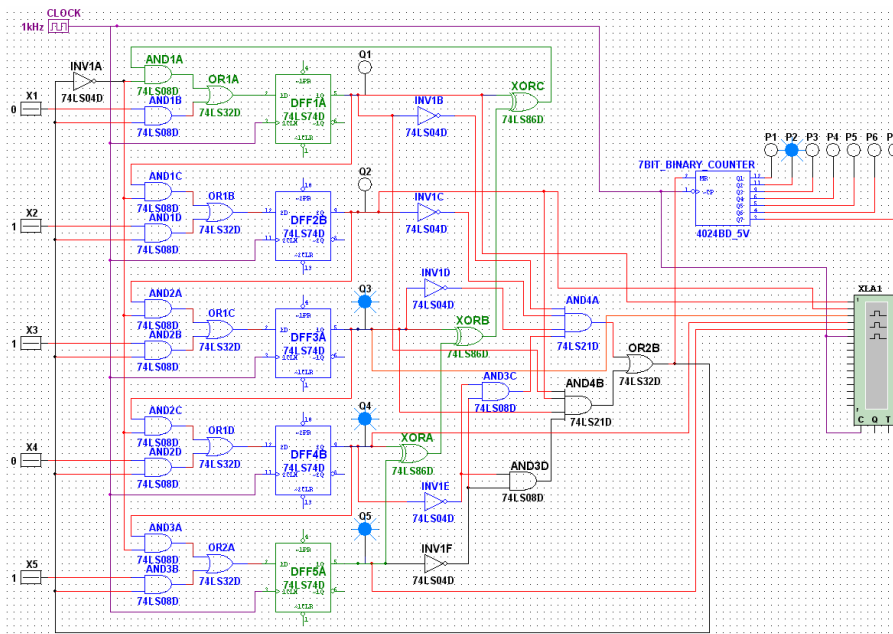
Proces konverzije koda u simulaciji se obavlja na konkretnom primeru očitane pseudoslučajne kodne reči i za definisanu početnu kodnu reč. 7-bitni binarni brojač se

koristi za brojanje koraka potrebnih pomeračkom registru da dođe do početne kodne reči. Očitana 5-bitna kodna reč  $x = x_1x_2x_3x_4x_5$  se učitava u 5 D flip flopa na početku procesa konverzije koda.

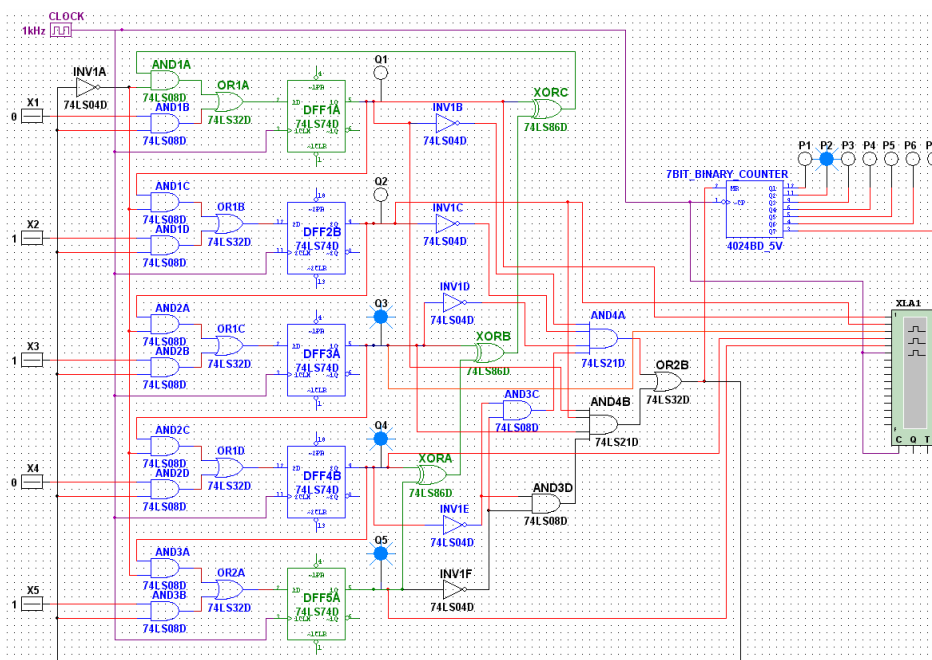
Tabela 1. Logička kola i njihova propagaciona kašnjenja

Logičko kolo	Korišćeno logičko kolo iz serije 74LSXX	Propagaciono kašnjenje
AND	74LS08D	15 ns
OR	74LS32D	22 ns
INV	74LS04D	15 ns
XOR	74LS86D	30 ns
D flip flop	74LS74D	$t_s=20$ ns $t_h=5$ ns $t_{CLK-Q}=25$ ns
AND sa 4 ulaza	74LS21D	15 ns

Na slici 3 se koristi primer gde je očitana pseudoslučajna kodna reč  $x = \{0,1,1,0,1\}$ , a početna kodna reč je  $X(0) = \{1,1,1,0,0\}$ . Potrebno je šest perioda takta da pomerački registar dođe do početnog stanja, što je izlaz binarnog brojača. U slučaju Galoa baziranog konvertora koda, slika 4, očitana kodna reč  $x = \{0,1,1,0,1\}$  se prvo konvertuje u odgovarajuće stanje Galoa pomeračkog registra  $X_{galoa} = \{0,1,1,1,1\}$  na osnovu jednačina (1) - (5), a potom je takođe potrebno šest perioda takta da pomerački registar dođe do Galoa početnog stanja  $G(0) = \{0,0,1,0,0\}$ . Ispitana je funkcionalnost prikazanih realizacija za različite primere očitane i početne kodne reči. Stanja odgovarajućih pomeračkih registara u obe implementacije su navedena u tabeli 2 za jedan konkretan primer.



Slika 3. Simulacija serijskog konvertora koda sa Fibonačijevim generatorom PSBS u NI Multisim



Slika 4. Simulacija serijskog konvertora koda sa Galoa generatorom PSBS u NI Multisim

Tabela 2. Sadržaj pomeračkog registra u oba konvertora koda

Izlaz binarnog brojača	Sadržaj pomeračkog registra Fibonačijevog generatora PSBS	Sadržaj pomeračkog registra Galoa generatora PSBS
Očitana pseudoslučajna kodna reč, $p = 0$	01101	01111
$P = 1$	00110	11010
$P = 2$	00011	01101
$P = 3$	00001	11011
$P = 4$	10000	10000
$P = 5$	11000	01000
Početna kodna reč, $p = 6$	11100	00100

Da bi se pronašla maksimalna radna frekvencija prikazanih konvertora koda, što je najznačajnija razlika između dva prikazana rešenja, potrebno je analizirati propagaciona kašnjenja svake putanje. Odnosno, potrebno je locirati putanju sa najvećim propagacionim kašnjenjem:

- za konvertor sa Fibonačijevim generatorom PSBS (od izlaza petog flip flopa DFF5A, preko tri XOR kola u povratnoj sprezi XORA, XORB i XORC, onda AND1A, OR1A, do ulaza prvog flip flopa DFF1A):

$$T_1 = t_{\text{CLK-Q}}(5) + 3 t_{\text{pd}}(\text{XOR}) + t_{\text{pd}}(\text{AND}) + t_{\text{pd}}(\text{OR}) + t_s(1) = 25 \text{ ns} + 3 \times 30 \text{ ns} + 15 \text{ ns} + 22 \text{ ns} + 20 \text{ ns} = 172 \text{ ns},$$

- za konvertor sa Fibonačijevim generatorom PSBS (od izlaza petog flip flopa DFF5A, preko logike za identifikaciju početne kodne reči INV1F, AND3D, AND4B, OR2B, INV1A, onda AND1A, OR1A do ulaza prvog flip flopa DFF1A):

$$T_2 = t_{\text{CLK-Q}}(5) + t_{\text{pd}}(\text{INV}) + 2 t_{\text{pd}}(\text{AND}) + t_{\text{pd}}(\text{OR}) + t_{\text{pd}}(\text{INV}) + t_{\text{pd}}(\text{AND}) + t_{\text{pd}}(\text{OR}) + t_s(1) = 25 \text{ ns} + 15 \text{ ns} + 2 \times 15 \text{ ns} + 22 \text{ ns} + 15 \text{ ns} + 15 \text{ ns} + 22 \text{ ns} + 20 \text{ ns} = 164 \text{ ns}.$$

Dakle, maksimalna radna frekvencija ovog konvertora je,

$$f_{\text{max-Fibonači}} = 1/T_1 = 5.81 \text{ MHz} \quad (6)$$

- za konvertor sa Galoa generatorom PSBS (od izlaza prvog flip flopa DFF1A, preko jednog XOR kola u povratnoj sprezi XOR1A do ulaza drugog flip flopa DFF2B):

$$T_3 = t_{\text{CLK-Q}}(5) + t_{\text{pd}}(\text{XOR}) + t_{\text{pd}}(\text{AND}) + t_{\text{pd}}(\text{OR}) + t_s(1) = 25 \text{ ns} + 30 \text{ ns} + 15 \text{ ns} + 22 \text{ ns} + 20 \text{ ns} = 112 \text{ ns}$$

-  $T_2$  je isto kao u slučaju konvertora sa Fibonačijevim generatorom PSBS, tako da je maksimalna radna frekvencija Galoa baziranog konvertora

$$f_{\text{max-Galoa}} = 1/T_2 = 6.09 \text{ MHz} \quad (7)$$

Iz prethodne vremenske analize se može zaključiti da je Galoa bazirani konvertor koda brži od Fibonači baziranog konvertora koda. Galoa bazirani konvertor koda ima dodatno kašnjenje zbog logike za inicijalnu konverziju očitane kodne reči koje je jednako kašnjenju tri serijski povezana XOR kola (XOR2A, XOR2C i XOR2D). U predstavljenom primeru 5-bitnog pseudoslučajnog niza, 31 jedinstvenih kodnih reči definišu apsolutnu poziciju. Dakle, u najgorem slučaju, konvertoru koda je potrebno 30 perioda takta za konverziju koda. Trajanje jednog ciklusa konverzije koda za Fibonači i Galoa bazirani konvertor bi bilo,

$$T_{\text{konv-Fibonači}} = 30 \times 1/f_{\text{max-Fibonači}} = 5.16 \mu\text{s}$$

$$T_{\text{konv-Galoa}} = 3 \times t_{\text{pd}}(\text{XOR}) + 30 \times 1/f_{\text{max-Galoa}} = 5.01 \mu\text{s}$$

Trajanje konverzije zavisi od rezolucije PSBS i korišćenog seta za konfiguraciju povratne sprege.

#### 4. ZAKLJUČAK

Dva različite implementacije serijskog konvertora pseudoslučajnog u prirodni kod bazirane na Fibonačijevom i Galoa generatoru PSBS su predstavljene i analizirane. Pokazano je smanjenje vremena konverzije u Galoa baziranom serijskom konvertoru koda. Ispitana je funkcionalnost Fibonačijevog i Galoa baziranog konvertora koda pomoću simulacija u NI Multisim.

#### LITERATURA

- [1] F.J. MacWilliams, N.J.A Slone, "Pseudo-random sequences and arrays", Proceeding of IEEE, Vol. 64, No. 12, pp. 1715-1728, 1976.
- [2] E. M. Petriu, J. S. Basran, "On the position measurement of automated guided vehicles using pseudorandom encoding", in IEEE Trans. IM, vol. 38, no. 3, pp. 799-803, 1989.
- [3] J.C. Rau, P.H. Wu, Y.F. Ho, "A novel reseeding mechanism for improving pseudo-random testing of VLSI circuits", in Tamkang Journal of Science and Engineering vol. 11, no. 2, pp. 175-184, 2008.
- [4] M.E.H. Amrani, R.M. Dowdeswell, P.A. Payne, K.C. Persaud, "Pseudo-random binary sequence interrogation techniques for gas sensors", in Sensor. Actuat. B-Chem. vol. 47, pp. 118-124, 1998.
- [5] M. Arsić, D. Denić, "New pseudorandom code reading method applied to position encoders", in Electron. Lett. vol. 29, pp. 893-894, 1993.
- [6] D. Denić, G. Miljković, "Code reading synchronization method for pseudorandom position encoders", in Sensor. Actuat. A-Phys. vol. 150, pp. 188-191, 2009.
- [7] E.M. Petriu, J.S. Basran, F.C.A. Groen, "Automated guided vehicle position recovery", in IEEE Trans. Instrum. Meas. vol. 39, pp. 254-258, 1990.
- [8] D. Denić, M. Arsić, "Checking of pseudorandom code reading correctness", in Electron. Lett. vol. 29, pp. 1843-1844, 1993.
- [9] D. Denić, I. Stojković, "Pseudorandom/natural code converter with parallel feedback logic configuration", in Electron. Lett. vol. 46, pp. 921-922, 2010.
- [10] New Wave Instruments, "Linear feedback shift registers: Implementation, M-sequence properties, feedback tables", (2004), [http://www.newwaveinstruments.com/resources/articles/m\\_sequence\\_linear\\_feedback\\_shift\\_register\\_lfsr.htm](http://www.newwaveinstruments.com/resources/articles/m_sequence_linear_feedback_shift_register_lfsr.htm)

Istraživanja u ovom radu su podržana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR32045 iz oblasti tehnološkog razvoja.

# UNIVERZALNA ASINHRONA KOMUNIKACIJA PREKO LINIJE NAPAJANJA

## UNIVERSAL ASYNCHRONOUS POWER LINE COMMUNICATION

Ognjen Letić<sup>1</sup>, Andrija Karadžić<sup>1</sup>, Mladen Antonić<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorija vojnoelektronskih sistema

Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – Komunikacija putem linije napajanja ili PLC (power line communication) je sistem koji je u telekomunikacijama našao široku primenu. Primena varira od upotrebe u “pametnim” kućama, to jest automatizovanim domovima, do internet pristupa, takozvani BPL (Broadband over power line). Prednosti ovakve komunikacije su što omogućava prenos podataka preko već postojeće infrastrukture napajanja, samim tim smanjujući cenu takvog sistema, a novije realizacije omogućavaju i visoke brzine prenosa podataka. U ovom radu je predstavljen primer takvog sistema, koji koristeći UART (universal asynchronous reciver transmitter) modul, šalje signal preko linije jednosmernog napajanja.

**Abstract** – Power line communication is a system which found broad use in telecommunications. A wide range of power-line communication technologies are used for different applications, ranging from home automation to Internet access which is often called broadband over power lines (BPL). The main advantages of this kind of communication are that it uses the existing power supply network, significantly decreasing the costs of such a system, and a high speed data transfer, featured in some of the newer examples. This paper presents an example of such a system, featuring RS232 standard and UART module message transfer over a DC power line.

### 1. UVOD

Komunikacija linijom napajanja je komunikacija koja za prenos podataka koristi postojeće linije napajanja između dva uređaja. U širem smislu može se podeliti na dve vrste: uskopojasni (narrowband) i širokopojasni (broadband).

Uskopojasni PLC radi na nižim frekvencijama (3-500 kHz), nižim brzinama prenosa (do 100 kbps) i ima veći domet (do nekoliko kilometara), koji može da se poveća korišćenjem repetitora. Širokopojasni PLC radi na višim frekvencijama (1.8 do 250 MHz), ima visoku brzinu prenosa (do 100 Mbps) i koristi se u sistemima manjeg dometa. Jedna od primena uskopojasnog PLC jeste

upotreba u merenju potrošnje u pametnoj mreži napajanja (Smart Grid). Širokopojasni PLC se uglavnom koristi za takozvanu poslednju milju (last mile) kod distribucije interneta i kućnog umrežavanja.

Postoji još jedna klasifikacija PLC, a to je: prenos preko linija naizmenične struje (PLC over AC lines) i prenos preko linija jednosmerne struje (PLC over DC lines). Dok se većina tržišne primene svodi na varijantu preko naizmenične struje i druga varijanta ima primene. Jedan primer je korišćenje u sredstvima transporta (elektronika u avionima, automobilima i vozovima). Ovakvo rešenje smanjuje složenost povezivanja, ukupnu masu i konačno cenu komunikacija unutar vozila.

Jedan od protokola koji se često koristi u sintezi sa PLC je X10 protokol [1]. X10 je protokol za komunikaciju između elektronskih uređaja koji se koriste u pametnim kućama. Primarno koristi PLC za signaliziranje i kontrolu, gde su signali impulsi kratkog trajanja u opsegu radio frekvencija (od 3 kHz do 300 GHz) koji predstavljaju digitalne informacije. Postoji i bežična varijanta ovog protokola. To je prvi protokol generalne namene u oblasti pametnih kuća i do sada najviše korišćen protokol te vrste. Iako postoje protokoli sa većom brzinom prenosa, X10 je najpopularniji, prvenstveno zbog rasprostranjenosti i niskih cena komponenti.

U ovom radu je predstavljen alternativni način korišćenja PLC bez upotrebe X10 protokola. Ponuđeni funkcionalni model koristi UART modul na razvojnoj ploči za komunikaciju sa Infrasy DPLC-413sc modulom koji se koristi za PLC.

### 2. MODUL ZA PLC

Za PLC komunikaciju se koristi Infrasy DPLC-413sc [2] hibridni modul. Njega karakterišu mogućnost rada na do 50V, napaja se sa 5V jednosmernog napona, ima jedan ulazno/izlazni pin opšte namene, kompatibilan je sa TTL (transistor-transistor logic) naponskim nivoima i podržava direktni UART ulaz. Maksimalna brzina prenosa



podataka je 35000 bps, a tipično se koristi 19200 bps. Podržava rad sa do 25 uređaja na jednoj liniji. Maksimalan domet za komunikaciju je 300m.

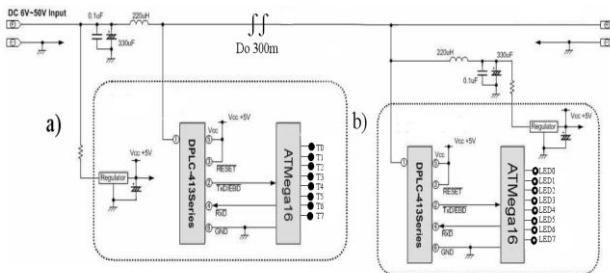
### 3. HARDVERSKA REALIZACIJA

U ovom radu je korišćen ATmega16 mikrokontroler [3], na razvojnoj ploči EasyAVR 5 [4]. Softverski deo platforme realizovan je u programskom paketu mikroC PRO for AVR, kojim se programira hardverski deo ove platforme.

ATmega16 je CMOS 8-bitni mikrokontroler baziran na AVR unapređenoj RISC (Reduced instruction set computing) arhitekturi.

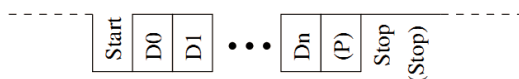
UART nije komunikacioni protokol, nego modul koji se koristi za asinhronu serijsku komunikaciju. Zbog toga UART modul dozvoljava aplikaciji da kontroliše veliki broj njegovih komunikacionih parametara [5].

U realizovanom funkcionalnom modelu, UART izlaz (Tx) mikrokontrolera se vezuje na UART ulaz (Rx) DPLC modula, i na pritisak određenog tastera, preko njega se šalje signal na liniju napajanja (slika 1). Sa druge strane se nalazi DPLC modul koji prima signal, i prosleđuje ga na mikrokontroler, koji čita primljenu poruku i prikazuje je na LED diodama.



Slika 1. Šema povezivanja a) predajnik b) prijemnik

Signal je strukturirana kao UART poruka, predstavljena nizom od 12 bita (slika 2). Na početku poruke se nalazi start bit, sledi 8 bita podataka, bit parnosti, i dva stop bita. Poruka koja se prenosi u 8 bita podataka određuje koju LED diodu treba da uključi prijemnik.

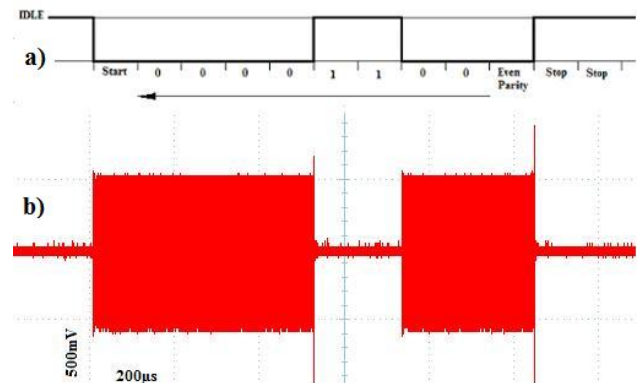


Slika 2. Izgled UART poruke

### 4. REZULTATI EKSPERIMENTA

Sa ciljem provere da li predajnik šalje predviđeni paket podataka, izvršeno je merenje. U eksperimentu je za merenje oblika signala korišćen osciloskop proizvođača OWON model PD S8202T, na čijem ekranu su prikazivani rezultati.

Sa ulaznih tastera je poslata vrednost '0' (slika 3), odnosno pritisnut je taster T0. Vrednost karaktera 0 u ASCII tabeli je 48, a to odgovara binarnoj vrednosti 00110000. Ovaj osmobaritni niz je poslat u paketu podataka i to počevši od LSB (Least Significant Bit).



Slika 3. Izgled signala a) logički nivo b) meren na liniji

UART modul prilikom slanja podataka koristi *Non return to zero* kodiranje. To znači da je IDLE stanje (stanje neaktivnosti) podešeno na visok naponski nivo, odnosno 1. Početak se odražava padom naponskog nivoa na 0, dok biti podataka i bit parnosti zadržavaju pozitivnu logiku. Stop biti vraćaju stanje na IDLE. Dva stop bita se koriste sa ciljem da se dodatno odloži start nove poruke. Prilikom samog slanja paketa podataka, UART modul izvršava inverziju poslanih bita, radi uštede energije.

Na slici 3a je predstavljena skica poslanog paketa podataka, koja ujedno predstavlja i očekivanu vrednost na ekranu osciloskopa. Slika 3b predstavlja rezultat merenja prikazan na ekranu osciloskopa, na kojoj se vidi izvršena inverzija.

## 5. ZAKLJUČAK

Svrha rada je da sintetiše automatizovani sistem u određenim slučajevima primene. Mogućnosti primene sistema sa PLC, koji se trenutno koriste primarno u pametnim kućama, se mogu naći u sektoru bezbednosti, za sisteme nadzora i obaveštavanja.

Dalji rad na sistemu bi podrazumevao dodavanje još uređaja na liniju komunikacije, u cilju razvijanja kontrolisane mreže, i razvoj softverskog protokola koji bi omogućio kontrolu svakog uređaja pojedinačno.

## LITERATURA

- [1] Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications, Automation and Industrial Electronics, grupa autora, Springer, 2008.
- [2] Application Note of DPLC-413SC for DC Network, Infrasy Engineering Co, 2012.
- [3] Atmel™, 8-bit AVR® Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash Atmega16, 2008.
- [4] MikroElektronika™, EasyAvr5 User's Manual, 2008.
- [5] Introduction to Microcontrollers, Gunther Gridling, Bettina Weiss, 2007.

# SVEOBUHVAATNA METODA EVALUACIJE UPOTREBLJIVOSTI WEB ZASNOVANIH GIS APLIKACIJA

## COMPREHENSIVE METHODOLOGY FOR USABILITY EVALUATION OF WEB-BASED GIS

Nebojša Djordjević, Dejan Rančić, Olivera Pronić-Rančić  
*Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija*

*Sadržaj – U ovom radu je opisana metodologija za sveobuhvatnu evaluaciju upotrebljivosti Web zasnovanih GIS aplikacija. Upotrebljivost je karakteristika kvaliteta koja je definisana od strane mnogih autora i nekoliko ISO standarda. Razvijeno je mnogo različitih metoda procene upotrebljivosti. Cilj rada je da predloži odgovarajući metod procene upotrebljivosti i identifikuje najozbiljnije probleme upotrebljivosti Web zasnovanih GIS aplikacija. Korisnici WebGIS aplikacija su uglavnom krajnji korisnici koji imaju veoma malo kompjuterske pismenosti i ograničeno poznavanje GIS-a. Evaluaciju upotrebljivosti može da poveća kvalitet softvera i njegovu sposobnost da zadovolji korisnike i njihove potrebe. Predložena metodologija bi trebalo da dovede do smanjenja vremena potrebnog za vrednovanje WebGIS aplikacija za specijalne namene kao i obradu rezultata.*

*Abstract - This paper presents a comprehensive methodology for usability evaluation of special purpose web-based geographic information system. Usability as a quality characteristics is defined by many authors and several ISO standards. Many various methods of usability evaluation have been developed. Aim of the paper is to propose a suitable method of usability evaluation and identify the most serious usability problems of Web-based GIS. The users of WebGIS applications are mostly casual end users who have only a very low computer literacy and limited knowledge of GIS. Usability evaluation can increase software quality and its capability to satisfy users and their needs. The proposed methodology should lead to decreasing time necessary for evaluation of applications and results processing.*

### UVOD

U prošlosti, informacioni sistemi su bili oslonjeni isključivo na informacije koje su bile dostupne u lokalnom okruženju. Moderni informacioni sistemi imaju mogućnost predstavljanja informacija iz velikog broja distribuiranih i heterogenih izvora informacija. Osnovu za dostizanje ovakvog nivoa u razvoju informacionih sistema predstavlja razvoj Internet-a i Web-a i korišćenja Internet-a kao osnovnog radnog i razvojnog okruženja. U cilju realizacije sistema koji imaju mogućnost integracije informacija i vizuelizacije integrisanih informacija sve češće se koriste Web-zasnovana rešenja. Između Web aplikacija i tradicionalnih softverskih sistema postoje određene razlike koje proističu iz specifične sredine u kojoj se razvijaju, održavaju i koriste. Web aplikacije dodatno naglašavaju potrebu pozitivnog korisničkog iskustva u interakciji s aplikacijom. Posebno interesantan tip Web-zasnovanih rešenja za integraciju informacija predstavljaju rešenja iz oblasti Geografskih Informacionih

Sistema (GIS). Web Geografski Informacioni Sistemi (WebGIS) predstavljaju evoluciju standardnih GIS sistema nastalu promenom osnovnog radnog i razvojnog okruženja sistema. WebGIS aplikacije implementiraju standardni skup GIS funkcionalnosti i čine iskorak u pogledu mogućnosti koje nudi novo radno okruženje [1]. Osnovna prednost korišćenja WebGIS rešenja ogleda se u činjenici da ova rešenja omogućavaju povezivanje različitih tipova informacija u prostornom kontekstu i generisanje novih informacija i zaključaka na osnovu ovako ostvarenih veza.

WebGIS aplikacije imaju klijent/server arhitekturu, koja ima klijentsku i serversku stranu. U ovoj arhitekturi korisnici, na strani klijenta, komuniciraju sa GIS aplikacijom kroz internet koristeći neki raspoloživi pretaživač (browser). Internet i Web su u sajber prostoru uklonili ograničenja realnih distanci u prostoru omogućavajući trenutni pristup informacijama bez obzira na to koliko su korisnici i server udaljeni.

U poslednjoj deceniji, došlo je do naglog porasta u korišćenju GIS aplikacija, posebno Web zasnovanih GIS aplikacija, u oblastima kao što su obrazovanje, saobraćaj, kriminalistika, marketing, sociologija, odbrana, upravljanje rizicima i oporavak od katastrofa i sl. Danas skoro sve kompanije i vladine agencije koriste GIS aplikacije kao sredstvo za donošenje odluka i rešavanje problema. Zbog sve veće upotrebe GIS aplikacija, procenjivanje kvaliteta dobija veliku važnost i zahteva fleksibilan okvir modeliranja da ugradi posebne karakteristike GIS aplikacija u prostornu i vremensku dimenziju.

WebGIS aplikacije sa kakvim se danas susrećemo na Internetu koriste podatke iz različitih izvora, imaju mogućnost njihovog kombinovanja, procesiranja, pretraživanja, prikazivanja i promena u zavisnosti od potreba korisnika. Korisnicima se, pored osnovnih GIS funkcionalnosti, pruža mogućnost kreiranja sopstvenih mapa, personalizacija izgleda aplikacije, dodavanje vektorskih objekata, izvršavanje složenih prostornih upita, dodavanje novih objekata u aplikaciju i sl. Zbog toga se rešenja zasnovana na Web tehnologijama nameću kao logičan izbor za vizuelizaciju i integraciju podataka iz heterogenih izvora. WebGIS sistemi predstavljaju posebnu vrstu potpuno funkcionalnih softverskih aplikacija sa složenom poslovnom logikom koja je prevazišla jednostavne sajtove za prenos informacija. Osim toga, korisnici su sve zahtevniji i raznovrsniji u svojim zahtevima. Shodno tome, kvalitet u upotrebi WebGIS aplikacija, odnosno doživljen kvalitet sa strane krajnjeg korisnika sve više dobija na značaju. Zbog

naglog porasta Web zasnovanih GIS aplikacija, procenjivanje kvaliteta dobija veliku važnost i zahteva fleksibilan okvir modeliranja da ugradi posebne karakteristike GIS aplikacija u prostornu i vremensku dimenziju.

Razumljivo je da kvalitet nema isti značaj za proizvođače i korisnike softvera jer su oba poslovna pogleda veoma različita, ali je kvalitet zajednički faktor koji može da im pomogne da ostvare svoje poslovne ciljeve. Programeri se smatraju nisocima razvoja i nalaze se u ulozi proizvođača proizvoda koji će biti prodat određenom korisniku. Korisnici softver vide kao sredstvo koje će im pomoći u realizaciji poslovnih procesa. Da bi zadovoljio očekivanja korisnika softver treba da bude realizovan u skladu sa potrebama i željama korisnika.

Posljednjih godina, razvijeno je mnogo raznovrsnih metoda za procenu kvaliteta i upotrebljivosti ali su one uglavnom namenjene za evaluaciju kvaliteta tradicionalnih softverskih proizvoda, Web sajtova. Mali broj raspoloživih metoda za procenu upotrebljivosti WebGIS aplikacija, njihove poteškoće u primeni, nedostaci u objektivnosti i interpretaciji rezultata ukazuju na neistraženost ove oblasti na globalnom planu, a pogotovo na našim prostorima.

Uočeni nedostaci nam ukazuju da postojeće metode nisu pogodno za evaluaciju upotrebljivosti WebGIS aplikacija jer se zasnivaju na modelima kvaliteta koji nisu namenjeni da opisuju kvalitet specifičnih softverskih proizvoda kao što su WebGIS aplikacije. Ovo ukazuje da postoji potreba za novim metodom za merenje upotrebljivosti koji će integrisati mere kvaliteta i upotrebljivosti. Imajući u vidu navedene nedostatke autor razvija novu sveobuhvatnu metodu za evaluaciju upotrebljivosti koja se zasniva na fleksibilnom modelu kvaliteta, skrojenog po meri, koji kombinuje dimenzije kvaliteta proizvoda, podataka i upotrebljivosti WebGIS aplikacija.

Da bi opravdala epitet sveobuhvatnosti nova metoda mora da integriše attribute različitih aspekata kvaliteta (eksterni kvalitet i kvalitet u upotrebi), različite poglede na kvalitet sa stanovišta korisnika ili eksperta, subjektivne sudove korisnika i evaluatora i objektivne rezultate merenja.

## METOD

Imajući u vidu da se Web aplikacije razvijaju u znatno kraćem vremenskom periodu nego klasični informacioni sistemi i činjenicu da je za primenu pojedinih metoda potrebna sofisticirana oprema i obimno znanje evaluatora, vrednovanje upotrebljivosti se često preskače. Obozrom na brojne raspoložive metode i pristupe vrednovanju upotrebljivosti, postavlja se pitanje kako iskustva naučnika i iskusnih praktičara najjednostavnije primeniti u praksi i integrisati u svakodnevni rad? Danas postoji veći broj raznovrsnih metoda za procenu upotrebljivosti. Kao posledica toga, javlja se i pitanje izbora najprikladnijeg metoda za procenu upotrebljivosti određenog SW proizvoda. Izbor adekvatnog metoda može

značajno unaprediti efikasnost evaluacionog procesa i upotrebljivost softverskog proizvoda. Izbor prave metode nije lagan zadatak, budući da on zavisi ne samo od tipa SW proizvoda, već i od ciljeva razvojnog projekta i konteksta upotrebe, te bi bilo potrebno imati efikasan formalan mehanizam za procenu upotrebljivosti proizvoda koji se želi nabaviti. Pri tome izbor metoda uslovljavaju razni kriterijumi, od kojih su među najvažnijima resursi potrebni za izvođenje metoda (vreme, novac, broj potrebnih evaluatora i njihova stručnost, broj korisnika za testiranje, mesto i oprema za testiranje), potreban nivo objektivnosti, te mogućnost primene u raznim fazama izrade aplikacije. Izbor najprikladnije metode za vrednovanje upotrebljivosti softvera je značajan zadatak kako sa civilnog (industrijskog ili akademskog) tako i sa vojnog stanovišta. Ipak, postojanje i korišćenje svih ovih metoda ukazuje na potrebu da se složena konstrukcija upotrebljivosti predstavi sažeto u obliku kojim se može manipulirati. Bez adekvatnog formalnog okvira za procenu upotrebljivosti, životni ciklus softvera je neizvestan a izbor između više konkurentskih proizvoda pogrešan.

Metode se međusobno ne isključuju, već se mogu kombinovati nezavisno od toga koji je metod najpogodniji za rešavanje datog problema. Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke koji zavise od konteksta primene. U cilju eliminisanja nedostataka pojedinih metoda najbolje rezultate u proceni upotrebljivosti dobili bi kombinovanjem navedenih metoda. Ovakav pristup daje podršku pretpostavci dobijanja pouzdanijih rezultata vrednovanja upotrebljivosti i jasnoj i razumljivoj interpretaciji rezultata, nedvosmislenog značenja. Međutim, većina navedenih pristupa procenjuju upotrebljivost nezavisno. Odvojena merenja nisu pogodna za procenu sveobuhvatne upotrebljivosti jer se svaka metrika meri na sopstvenoj skali a rezultati se teško upoređuju. Interpretacija upotrebljivosti preko više metrika postaje nespretna, teška i neubedljiva za donošenje odluka, što je nedostatak ovakvog pristupa. Navedeni nedostaci ukazuju da je potrebno jednom merom iskazati ukupnu upotrebljivost. Jedna metrika upotrebljivosti obezbeđuje bolju procenu upotrebljivosti i lakše poređenje proizvoda nego razmatranje pojedinačnih komponenti metrike. Bilo je pokušaja da se izvede jedna mera za upotrebljivost.

Tri su osnovna problema prilikom dizajniranja evaluacionog metoda za ocenu upotrebljivosti softvera. Prvi se sastoji u izboru šta treba meriti (ocenjivati)? Drugi je na koji način treba izabrane osobine meriti (ocenjivati). Konačno, postavlja se pitanje i na koji način predstaviti konačne rezultate ovakvog merenja? Izbor bitnih osobina predstavlja prvi evaluacioni korak. Polazeći od konteksta upotrebe softvera i njegove namene, osobine nisu podjednake važnosti a izbor osobina koje će se meriti u evaluacionom procesu se prepušta ekspertima. Mnogi atributi, opšti, kao i domen-karakteristični, mogu potencijalno doprineti kvalitetu Web aplikacije. Dakle, relativni značaj svake karakteristike, podkarakteristike i atributa varira i zavisi od cilja i obima, tipa aplikacije i domena primene i korisničkog stanovišta. Međutim, u

skladu sa ranije rečenim, evaluacija mora biti skoncentrisana na određenu informacionu potrebu.

Proces evaluacije kvaliteta softvera prvobitno je definisan standardom ISO/IEC 14598 [2] sa ciljem da pruži metode za merenje i evaluaciju kvaliteta softverskog proizvoda. Nova serija SQuaRE standarda [3] sadrži poseban deo koji pomaže pri specificiranju zahteva za kvalitetom (serija ISO/IEC 2503n) i deo koji pruža zahteve, preporuke i uputstva za evaluaciju softverskog proizvoda (serija ISO/IEC 2504n). Becker i Olsina [4] predstavljaju C-INCAMI metodologiju namenjenu ozbiljnoj upotrebi koja predstavlja sveobuhvatni radni okvir za realizaciju projekata merenja i evaluacije kvaliteta.

Analizom navedenih metodologija za merenje i evaluaciju kvaliteta, za izgradnju doslednog programa merenja i evaluacije neophodno je definisati radni okvir koji će odrediti obim evaluacije i omogućiti izvođenje procesa merenja i evaluacije. Dobro definisan i sveobuhvatan radni okvir treba da obezbedi konzistentnost i ponovljivost procesa merenja i evaluacije upotrebljivosti i kvaliteta WebGIS aplikacija, a samim tim i njegovih rezultata.

Na osnovu preporuka i uputstava, datih u pregledanim studijama i važećim standardima, izvršena je redefinicija postojećih metoda i definisan je proces za merenje i evaluaciju upotrebljivosti i kvaliteta WebGIS aplikacija kroz nekoliko faza i aktivnosti.

*Definisanje zahteva za evaluaciju* je faza, tokom koje su realizovane aktivnosti kojima su uspostavljene informacione potrebe, specificiran kontekst upotrebe i definisan model kvaliteta. Uspostavljanje informacione potrebe zahtevalo je definisanje cilja evaluacije, korisničke tačke gledišta i fokusa. Da bi se pojasnila svrha evaluacije razmotreno je ko želi, koju vrstu evaluacije i u kojoj fazi. Korisničke uloge su klasifikovane u apstraktne kategorije a ove dalje su razbijene u podkategorije. Na kraju, u poslednjoj aktivnosti uspostavljanja informacione potrebe identifikovan je fokus.

Nakon uspostavljanja informacione potrebe, realizovano je identifikovanje konteksta upotrebe. Ova aktivnost podrazumeva izbor relevantnih svojstava konteksta i kvantifikovanje svakog od njih, na osnovu pridružene metrike. Identifikovanje konteksta upotrebe je realizovano kroz identifikaciju i analizu korisnika, zadataka, okruženja i proizvoda i definisanja tipa proizvoda koji se evaluira, vrste potencijalnih korisnika, ambijenta i faze životnog ciklusa softvera.

Nakon definisanja ključnih činilaca (karakteristika, podkarakteristika i atributa) koji potencijalno doprinose kvalitetu Web aplikacije i njihovih međusobnih odnosa, u vidu modela kvaliteta, identifikovan je njihov relativni značaj u odnosu na ciljeve i zadatke zainteresovanih strana za proizvod. U ovoj fazi procesa evaluacije potrebno je izabrati odgovarajuće metrike i uspostaviti kriterijum prihvatljivosti.

Da bi se obezbedio zahtevani kvalitet potrebno je meriti i vrednovati mnoge karakteristike koje omogućavaju utvđivanje kvaliteta softvera, pri čemu metrika kvaliteta softvera ima značajnu ulogu. *Planiranje merenja* je faza u kojoj je izvršen izbor metrika kvaliteta i uspostavljanje nivoa zadovoljenja za metrike. Izabrane metrike pripadaju skupovima definisanim u ISO/IEC koje su prilagodjene konkretnom projektu. Uspostavljanje nivoa zadovoljenja za metrike je faza u kojoj su definisani prihvatljivi opsezi vrednosti i najniži nivoi, ispod kojih će se vrednosti datih metrika smatrati neprihvatljivim.

Nakon izbora metrike, izvršena je faza *merenja i planiranja evaluacije*. Elementarno merenje je aktivnost u kojoj su sakupljene i izračunate izmerene vrednosti elementarnih metrika. Definisan je kriterijum prihvatljivosti po kom su se vrednovali podaci sakupljeni posredstvom metrika. Izradjen je plan evaluacije, kojim je definisano kada se sakupljaju koje vrste podataka, ko ih sakuplja, kako se podaci agregiraju i procenjuju, u skladu sa ranije izabranim metrikama i kriterijumima. U ovoj fazi su identifikovani elementarni, parcijalni i globalni indikatori.

*Izvršavanje evaluacije* je naredna faza u kojoj je definisan agregacioni kriterijum i model izračunavanja (skorovanja) parcijalnih i globalnih indikatora i podrazumeva evaluaciju izračunate vrednosti svake metrike u odnosu na kriterijum koji je za nju određen.

*Poslednji korak je analiza rezultata i njihova procena* u kom je, na osnovu uspostavljenog kriterijuma procene, evaluiran niz izmerenih vrednosti radi davanja preporuka ili donošenja odluka.

Za obradu eksperimentalnih podataka korišćene su:

- osnovne metode statističke obrade eksperimentalnih podataka i metode komparativne analize,
- metode za određivanje važnosti atributa upotrebljivosti i njihovo kvantifikovanje,
- metode za standardizaciju metrika upotrebljivosti i izvođenje sumarne veličine upotrebljivosti.

## REZULTATI

Radni okvir za merenje i evaluaciju zasnovan je na činjenici da postoje tri pogleda na kvalitet: interni, eksterni i kvalitet u upotrebi, i da predstavljaju samo različite perspektive jedne te iste stvari ali da svaki od njih ima relaciju sa druga dva. Iz ovoga je proistekla snažna međusobna povezanost i obostrani uticaj između atributa kvaliteta i kvaliteta u upotrebi softvera i da je kvalitet u upotrebi kombinovani efekat karakteristika internog i eksternog kvaliteta na krajnjeg korisnika. U ovom istraživanju Fokus je bio na „kvalitet u upotrebi“, ali je zbog uticaja atributa „eksternog kvaliteta“ posmatran u širem kontekstu. U tom smislu, fokus obuhvata i karakteristike „eksternog kvaliteta“ koje utiču, tj. od kojih zavisi „kvalitet u upotrebi“.

Iz ugla zainteresovanih strana, a u skladu sa preporukama u ISO/IEC 25010, potencijalni korisnici web zasnovanog GIS aplikacija su klasifikovani u tri apstraktne kategorije:

- Krajnji korisnici: osobe koje su u neposrednoj interakciji sa WGIS da bi ostvarili primarne ciljeve.
- Podrška: osobe (eksperti) koje pružaju podršku (pribavljanje i ažuriranje geoprostornih podataka, administriranje sistema i održavanje geoprostornih baza podataka) i imaju GIS iskustvo.
- Rukovodioci: osobe koje ne interaguju sa sistemom, ali koriste geoprostorne podatke kao GIS proizvode u vidu vizuelnih prikaza ili štampanih izlaza.

Svaki od ovih tipova korisnika ima potrebe za kvalitetom u upotrebi u određenim kontekstima upotrebe [5]. Za prikupljanje podataka o korisnicima i zadacima, korišćena je tehnika anketiranja jer se do pojedinih podataka moglo doći jedino u neposrednom kontaktu sa korisnikom. Kao instrument za prikupljanje podataka tehnikom anketiranja korišćen je *upitnik* koji je sastavljen tako da ispitanici, svoje odgovore na ponuđena pitanja, različitog sadržaja, mogu rangirati na petostepenoj skali intervalnog tipa, pri čemu prva dva stepena u skali predstavljaju negativne vrednosti, treći je neutralni stepen, dok četvrti i peti predstavljaju dominaciju pozitivnih utisaka.

Cilj je bio da se identifikuju relevantne karakteristike nameravanog konteksta. Za prikupljanje potrebnih podataka sastavljen upitnik koji se sastoji od određenog broja pitanja koja su podeljena u tri grupe. Za kreiranje anketnih pitanja i upitnika, autor koristi okvir publikovan u [6] koji se sastoji od više dimenzija uspostavljenih za merenje više konkretnih informacija, sa aspekta korisnika i zadataka. Prva dimenzija se bavi individualnim karakteristikama korisnika koji imaju uticaj na upotrebu aplikacije. Ova dimenzija obuhvata dva parametra: demografiju i prethodno iskustvo. Prethodno iskustvo korisnika je važan faktor koji utiče na korišćenje informacionih usluga jer novi korisnici (početnici) i stručni korisnici (eksperti) obično imaju značajno različita očekivanja i rezultate učinka. Pitanjima iz ove ankete želeli smo identifikujemo demografski profil potencijalnog korisnika i saznamo pojedine podatke o statusu, obrazovanju, predznanju i iskustvu kojim raspolažu korisnici. Druga dimenzija ima nameru da razume korišćenje WebGIS iz perspektive zadatka tumačenjem motiva korisnika (informativni, sticanje znanja) i karakteristika najčešće korišćenih funkcionalnosti WebGIS aplikacije da bi dostigao ciljeve u svakodnevnom obavljanju funkcionalnih zadataka. Treća grupa pitanja iskorišćena je za procenu fizičkog i tehničkog okruženja u kome se koristi WebGIS aplikacija. Nakon prikupljanja podataka, na osnovu studije [7] izradjen je demografski profil potencijalnih korisnika WebGIS aplikacije za specijalne namene. Dobijeni podaci mogu poslužiti kod izbora reprezentativnog uzorka za testiranje upotrebljivosti. Njegovom primenom bi se obezbedila zastupljenost svake grupe korisnika u uzorku srazmerna svojoj veličini što je uslov za ponavljanost rezultata.

Kao prvi korak u proceni kvaliteta softvera neophodno je definisati ili izabrati model kvaliteta sa skupom karakteristika kvaliteta koje treba oceniti. Modeli kvaliteta obezbeđuju okvir za prikupljanje potreba zainteresovanih grupa [5]. Iako je neophodno da model kvaliteta bude zasnovan na aktuelnim ISO modelima kvaliteta, bilo je neophodno prepoznati karakteristika kvaliteta koje su važne za specifičan domen primene, što je uslovilo krojenje modela po meri i njegovu korekciju.

Da bi se definisao kvalitet softvera potrebno je meriti i vrednovati mnoge karakteristike koje nam omogućavaju utvđivanje kvaliteta softvera, pri čemu metrika kvaliteta softvera ima značajnu ulogu. Zato se moraju definisati karakteristike, koje često nisu tako eksplicitne, ali značajno utiču na performanse i kvalitet softvera.

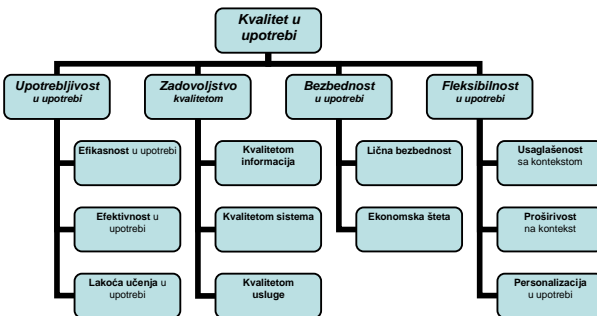
Postoje brojni, različiti pristupi u definisanju skupa karakteristika koje je potrebno meriti da bi se utvrdio kvalitet softvera, odnosno definisao modela kvaliteta. Tokom nekoliko decenija, u različitim literaturama su opisane različite definicije i atributi upotrebljivosti. Mnogi istraživači su identifikovali različite dimenzije upotrebljivosti na osnovu definicija upotrebljivosti na polju interakcije čoveka i računara. U studiji [8] pregledano je 37 formalnih definicija, izdvojeno je ukupno 152 atributa, koji su grupisani pod 22 kategorije. Oni su ustanovili da se u navedenim definicijama upotrebljivosti najčešće pojavljuju atributi: lakoća učenja, zadovoljstvo, fleksibilnost, efikasnost, efektivnost i lakoća pamćenja. Međutim, nedostatak ove studije je što su pregledane publikacije sa definicijama upotrebljivosti iz samo jednog izvora (citation index database Scopus) objavljene pre 2010. Neki istraživači na polju kvaliteta Web aplikacija [4], [9], [10] i [11] ukazuju da karakteristike kvaliteta softvera, navedene u modelima kvaliteta ISO/IEC 25010 standarda nisu dovoljne da bi opisivale kvalitet specifičnih softverskih proizvoda kao što su Web aplikacije. Upravo zbog toga, sagledane su publikacije iz više izvora objavljene 2010 i kasnije sa težištem na one koje se bave web upotrebljivošću. Razlog za ovo je da se izvrši sveobuhvatnija analiza kako bi se identifikovali atributi koji u potpunosti odlikavaju i imaju najveći uticaj na upotrebljivost web aplikacija na struktuiran i neredundantan način.

Kako bi se izolovali ključni atributi koji najviše utiču na upotrebljivost korišćen je pristup koji podrazumeva analizu sadržaja svih formalnih definicija datih u pregledanim publikacijama i razmatranje modela upotrebljivosti predloženih od strane istraživača i međunarodnih organizacija za standarde. Izvršena je analiza izdvojenih atributa i identifikacija srodnih osobina na osnovu kojih su grupisani u određene kategorije atributa upotrebljivosti. Međutim, uočeno je da su predložene definicije neformalne, suviše kratke i dvosmislene. U 46 formalnih definicija, identifikovano je 186 različitih atributa, koji su grupisani pod 22 različite kategorije. Od svih atributa, 21 se pojavljuju 2 ili više puta (ukupna frekvencija 154) i grupisani su u posebnu kategoriju dok se 32 atribut pojavljuju samo jednom i grupisani su u grupu pod zajedničkim imenom „ostali“.

Na osnovu ukupne frekvencije atributa u svim obuhvaćenim definicijama može se izvesti zaključak da atributi: lakoća učenja, zadovoljstvo, fleksibilnost, efikasnost, efektivnost i fleksibilnost imaju najviše uticaja na upotrebljivosti softverskog sistema.

Imajući u vidu prethodnu analizu, autori su zadržali tri pogleda na kvalitet, ranije usvojena u ISO/IEC 25010: interni, eksterni kvalitet i kvalitet u upotrebi, ali u skladu novim fleksibilnim kvalitativnim okvirom, redefiniše modele kvaliteta predložene u standardu ISO 25010. Prvi pogled na kvalitet u novom modelu, odnosi se na eksterni kvalitet i uključuje ranije karakteristike kvaliteta iz ISO 25010 standarda kojima je dodat kvalitet informacija, kao nova deveta karakteristika a koja predstavlja stepen u kome softver obezbeđuje informacije koje su tačne, pogodne, pristupačne i usklađene sa zakonom. Drugi pogled na kvalitet u novom modelu, odnosi se na kvalitet u upotrebi i uključuje četiri karakteristike: upotrebljivost, zadovoljstvo, bezbednost i fleksibilnost.

Model kvaliteta u upotrebi sastoji se iz četiri karakteristika kvaliteta u upotrebi, koje se dalje dele na podkarakteristike (Slika 1.). Samo se podkarakteristike zadovoljstva kvalitetom (informacijama, sistemom i uslugom) dele na attribute. Važnost pojedinih činilaca kvaliteta određuju dodeljeni brojevi koji predstavljaju fiksne težinske faktore.



Slika 1. Model kvaliteta u upotrebi za WebGIS aplikacije

U poređenju sa ISO/IEC 25010, karakteristika *kvalitet u upotrebi* uključuje tri ranije karakteristike *kvaliteta u upotrebi* (upotrebljivost, bezbednost i fleksibilnost), kojima je dodato *zadovoljstvo kvalitetom* kao posebna karakteristika kvaliteta u upotrebi, umesto kao podkarakteristika karakteristike *Upotrebljivosti u upotrebi* u standardu ISO/IEC 25010. *Kvalitet u upotrebi* predstavlja stepen u kojem određeni korisnici mogu da ostvare stvarnu upotrebljivost i bezbednost, bez komunikativnih poremećaja u određenom kontekstu korišćenja. Kvalitet u upotrebi se ocenjuje ne samo merama i indikatorima učinka korisnika nego i putem instrumenata za merenje subjektivnog zadovoljstva.

Karakteristika *Upotrebljivost u upotrebi* uključuje dve ranije karakteristike iz ISO/IEC 25010 standarda (*efikasnost i efektivnost*), kojima je dodata *Lakoća učenja* kao nova podkarakteristika. *Upotrebljivost u upotrebi* sada ima šire značenje i predstavlja stepen u kome korisnik ostvaruje određene ciljeve sa efektivnošću,

efikasnošću i lakoćom učenja u upotrebi u određenom kontekstu korišćenja. *Upotrebljivost u upotrebi* se meri i vrednuje u realnom operativnom okruženju gde pravi korisnici obavljaju stvarne određene zadatke.

Karakteristika *Zadovoljstvo* je, u odnosu na prethodni standard, sada posebna karakteristika *kvaliteta u upotrebi* i ima šire tumačenje jer integriše dimenzije upotrebljivosti i kvaliteta. Razlog za ovo je u činjenici što je kod web aplikacija dodatno je naglašena potreba pozitivnog korisničkog iskustva u interakciji s aplikacijom te zadovoljstvo i osećaj ugodnosti korisnika predstavljaju bitan uslov za zadržavanje korisnika. Aktuelni pristupi zadovoljstvu obično procenjuju prvenstveno percepciju korisnika o efektivnosti i efikasnosti, tako da ako korisnici vide proizvod kao efektivan i efikasan, podrazumeva se da oni treba da budu zadovoljni. *Zadovoljstvo* sada ima tri latentne varijable: *kvalitet informacija*, *kvalitet sistema* i *kvalitet usluge* (servisa). Sadržaj i format su atributi kvaliteta informacija. *Zadovoljstvo* kvalitetom sistema opisuju četiri atributa (tačnost, lakoća upotrebe, pravovremenost i brzina sistema). Na kraju, *zadovoljstvo* uslugom opisuje: pouzdanost sistema, vreme odziva, osiguranje i empatija.

## DISKUSIJA

Kvantitativna metodologija za evaluaciju Web zasnovane GIS aplikacije za specijalne namene predstavlja sveobuhvatni i dobro razvijeni radni okvir za realizaciju projekata merenja i evaluacije kvaliteta, koja kombinuje dimenzije upotrebljivosti sa dimenzijama kvaliteta proizvoda. Namenjena je da se na jednostavan način, bez posedovanja posebnog tehničkog ili domenskog znanja, može proveriti stepen korisničkog iskustva pri korišćenju WebGIS aplikacije.

Međutim, kako se pojedini atributi kvaliteta mere nezavisno svaka metrika se odvojenim objektivnim ili subjektivnim metodama meri na sopstvenoj skali. Pošto odvojena merenja nisu pogodna za procenu sveobuhvatne upotrebljivosti i upoređivanje rezultata, kvantitativni model skorovanja obezbeđuje agregiranje i izvodjenje jedne mere upotrebljivosti. Interpretacija upotrebljivosti preko jedne metrike upotrebljivosti obezbeđuje bolju procenu upotrebljivosti i lakše poređenje proizvoda nego razmatranje pojedinačnih komponenti metrike, što je prednost ovakvog pristupa.

Za merenje subjektivnog zadovoljstva korisnika koriste se mehanizmi upitnika, koji se zasnivaju isključivo na gledištu krajnjeg korisnika. Ovaj kvalitativni metod se svrstava u kategoriju metoda ispitivanja koji preko skupa od 67 izjava ocenjuje 10 dimenzija kvaliteta, razvrstanih u tri kategorije najvišeg nivoa: kvalitet informacija, kvalitet sistema i kvalitet usluga. Iako ova metoda podržava tezu da je korisničko zadovoljstvo izuzetno važno, ne zanemarujuju ostale, svakako bitne korisničke uloge (npr. razvoj i održavanje).

Ovaj kvalitativni metod se može svrstati u kategoriju kombinovanih metoda i predstavlja dobar kompromis

između kvalitetnog vrednovanja upotrebljivosti, potrebnog vremena i troškova izvođenja. Takođe, ovaj pristup se može koristiti za procenu postignutih ciljeva upotrebljivosti te se može svrstati u sumativne evaluacione metode.

## ZAKLJUČAK

U radu su sagledani različiti aspekti upotrebljivosti Web aplikacija i proučeni važeći standardi i preporuke iz oblasti upotrebljivosti. Shodno ranije pomenutim evaluacionim pristupima, u tezi su sagledani postojeći modeli za organizovanje faktora koji utiču na upotrebljivost, raspoložive metode za kvantifikovanje atributa upotrebljivosti i njihove prednosti i nedostaci kao i metrike upotrebljivosti i metode standardizacije. Za tu namenu, u tezi je razvijen novi kvalitativan model upotrebljivosti koji će se zasnivati na proceni značaja i izboru faktora koji utiču na upotrebljivost u kontekstu korišćenja WebGIS aplikacija za specifične namene.

U radu je istražena mogućnost primene kombinovanja metoda za merenje korisničkih performansi za vreme izvršavanja skupa unapred definisanih zadataka i subjektivnih metoda za procenu nivoa korisničkog zadovoljstva u interakciji sa korisničkim interfejsom. Kombinovanjem se postiže da do izražaja dođu prednosti pojedinih metoda, a nedostaci se smanje na najmanju moguću meru. Osnovna prednost ovakvog pristupa leži u pretpostavci dobijanja pouzdanih rezultata vrednovanja upotrebljivosti i jasnoj i razumljivoj interpretaciji rezultata, nedvosmislenog značenja. Za izvođenje sumarne veličine upotrebljivosti koriste se metode za standardizaciju i određivanje težinskih koeficijenata promenljivih.

Na kraju, kroz eksperimentalni test je ispitana praktična upotrebljivost predložene metode. Rezultati dobijeni eksperimentom pokazuju da je primena kombinovanog pristupa za evaluaciju sublimirana u novoj metodi moguća, opravdana i da utiče na objektivnost u proceni upotrebljivosti.

Osim toga, nova metoda je zasnovana na kompozitnom modelu kvaliteta koji integriše različite poglede na kvalitet (interni, eksterni i kvalitet u upotrebi) koji uključuje relevantne karakteristike kvaliteta WebGIS aplikacija i njihovu važnost u skladu sa tipom korisnika. Kvantitativni model ukupnog kvaliteta sadrži koeficijente relativnog značaja karakteristika kvaliteta u zavisnosti od domena primene. Metod je usaglašen sa važećim standardima i preporukama iz oblasti kvaliteta i upotrebljivosti i obezbeđuje objektivnost u evaluaciji upotrebljivosti WebGIS aplikacija u svim fazama životnog ciklusa. Kombinuje više poznatih evaluacionih pristupa i integriše različite podatke o atributima upotrebljivosti dobijenih od korisnika, eksperata ili merenjem performansi korisnika u toku izvršavanja skupa unapred definisanih zadataka. Interpretira upotrebljivost preko jedne metrike i omogućava jednostavno i lako poređenje konkurentskih proizvoda ili istog proizvoda u različitim fazama životnog ciklusa.

Ako se uzme u obzir da su metode za evaluaciju upotrebljivosti softverskih proizvoda relativno nove i neistražene na globalnom planu, a pogotovo na našim prostorima, onda se s pravom može očekivati da razvijena metoda može poslužiti kao formalna podrška institucijama, kako za procenu ispunjenosti ugovorenih zahteva tako i predviđanje upotrebljivosti u svim fazama razvoja, a naročito u fazi prijema gotovog softverskog proizvoda od strane isporučioaca pre uvođenja u operativnu upotrebu.

## LITERATURA

- [1] Eernisse M., *Build Your Own Ajax Web Applications*, SitePoint, 2006.
- [2] ISO/IEC 14598-1: 1999, *Information Technology—Software Product Evaluation—Part 1: General Overview*, ISO/IEC, Geneva, Switzerland, 1999.
- [3] ISO/IEC CD 25010.3: 2011, "Systems and software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Software product quality and system quality in use models",. ISO (2011).
- [4] Becker, P. and Olsina, L., "Towards Support Processes for Web Projects," *GIDIS\_Web*, Engineering School, UNLPam, La Pampa, Argentina, 2010.
- [5] Cockton, G. "Putting Value into E-valuation," in *Maturing Usability: Quality in Software, Interaction and Value*, eds. E. Law, E.Hvannberg.,and G. Cockton, 287-317, Springer, 2008.
- [6] Chang, K. (Grace), *An Analytic Characterization Of Webgis Utilization In Recreation And Tourism Information Search*, *Dissertation Abstracts International*, Volume: 70-09, Section: A, page: 3635, 2009.
- [7] Calisir, F., Gumussoy, C. A., Bayraktaroglu, A.E., and E. Saygivar (2011). *Usability and Functionality: A Comparison of Key Project Personnel's and Potential Users' Evaluations*. *Proceedings of the International Conference on Computer, Electrical, and Systems Sciences, and Engineering*, November 14-16, Paris-France, pp. 204-208.
- [8] Dubey, S.K. and Rana, A., "Analytical Roadmap to Usability Definitions and Decompositions," vol. 2, no. 9, pp. 4723–4729, 2010.
- [9] Bublione, L., Gasparro, F., Giacobbe, E. and Grande, C., "A Quality Model for Web-based Environments: GUFPI-ISMA Viewpoint," *GUFPIISMA*, Rome, 2002.
- [10] Olsina L., Papa F. and Molina, H., "How To Measure And Evaluate Web Applications In A Consistent Way," in *Web Engineering – Modelling and Implementing Web Applications*, Gustavo Rossi et al., Eds. London: Springer, ch. 8, pp. 385-420, 2008.
- [11] Lew, P. and Olsina, L., "Instantiating Web Quality Models in a Purposeful Way," in *11th Int'l Conference on Web Engineering (ICWE2011)*, Paphos, Cyprus, 2011, Volume 6757, pp. 214-229.



# IMPLEMENTACIJA PODLOGE ZA SARADNJU KROKI ALATA SA ALATIMA ZA UML MODELOVANJE OPŠTE NAMENE

## IMPLEMENTATION OF BASIS FOR COOPERATION BETWEEN KROKI TOOL AND UML MODELING TOOLS

Željko Ivković, Renata Vaderna, Milorad Filipović, Gordana Milosavljević, Igor Dejanović

*Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

{zeljkoi, vrenata, mfili, grist, igord}@uns.ac.rs

**Sadržaj** – U radu je prikazana implementacija import i export funkcija za Kroki alat za skiciranje poslovnih aplikacija. Opisan je postupak mapiranja metamodela Kroki alata na Eclipse UML2 metamodel. Eclipse UML2 biblioteka omogućava snimanje i učitavanje UML modela u različitim standardnim formatima koji su podržavani od strane većine UML alata za modelovanje.

**Abstract** – The paper presents implementation of import and export functions for Kroki mockup tool and describes the process of mapping Kroki's metamodel to Eclipse UML2 metamodel. Eclipse UML2 metamodel is a java library that provides save and load of UML models using different standard formats supported by most modeling tools.

### 1. UVOD

U ovom radu je opisana implementacija podloge za dvosmernu komunikaciju (import i eksport) Kroki alata za skiciranje poslovnih aplikacija sa UML alatima za modelovanje opšte namene. Kroki alat omogućava skiciranje aplikacija poslovnih sistema korišćenjem grafičkog editora formi, na način koji je blizak krajnjem korisniku [1]. Implementiranjem import i export funkcionalnosti biće omogućeno projektantima da koriste alate sa kojima su već upoznati za kreiranje modela poslovnih sistema, a zatim da prebacivanjem tih modela u Kroki alat dobiju inicijalnu specifikaciju korisničkog interfejsa koju odmah mogu da isprobaju sa krajnjim korisnikom. Export funkcionalnost treba da omogući da se elementi poslovnog sistema koje je kreirao korisnik u Kroki alatu mapiraju na elemente modela koji se može sačuvati u nekom od standardnih formata za razmenu između alata za modelovanje. Import funkcionalnost treba da omogući import modela iz nekog standardnog formata i mapiranje njegovih elemenata na elemente koje koristi Kroki alat.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način. U poglavlju 2 je dat kratak opis Kroki alata. U poglavlju 3 je opisana Eclipse UML2 biblioteka koja je iskorišćena za implementaciju import i export funkcionalnosti. Poglavlje 4 sadrži opis mapiranja elemenata metamodela Kroki alata na elemente metamodela Eclipse UML2 biblioteke. Poglavlje 5 sadrži zaključak i pravce daljeg razvoja.

### 2. KROKI ALAT

Kroki alat namenjen je za skiciranje formi i njihovih međusobnih veza.

Na slici 2.1. prikazan je izgled glavnog prozora Kroki alata. Kao što je navedeno u [1], sastoji se od:

- Komponente tipa stabla za kreiranje i prikaz hijerarhijske strukture poslovnih sistema i podsistema i njihovog sadržaja (gornji levi ugao)
- Prostora za skiciranje ekranskih formi, podeljenog u jezičke – tabove (centralni deo alata). Svakoj formi koja je u datom trenutku otvorena dodeljuje se jedan tab.
- Palete komponenti koje se mogu smeštati na formu (desna strana alata)
- Panela za podešavanje osobina selektovane forme ili neke njene komponente (donji levi ugao).
- Konzole za brzo kreiranje formi korišćenjem komandnog jezika

Kroki alat je skoncentrisan na specifikaciju „krupnih“ (course-grained) gradivnih elemenata aplikacije (formi, podsistema, izveštaja i sl) [1]. Zahvaljujući ovome, omogućen je razvoj modela na visokom nivou apstrakcije, što doprinosi bržem razvoju i lakšoj čitljivosti modela. U fazi specifikacije, kreiranje i pokretanje skica se koristi u funkciji smanjivanja neodređenosti i savlađivanja barijera u komunikaciji sa korisnikom. Elementi koji se koriste za kreiranje skica odgovaraju no izgledu elementima u izgenerisanoj aplikaciji poslovnog sistema i zato korisnici mogu brže da nauče da koriste Kroki alat.

Kroki alat implementira konkretnu sintaksu EUIS (*Enterprise User Interface Specification*) DSL-a (*Domain Specific Language*) [1]. EUIS DSL je jezik za specifikaciju korisničkog interfejsa poslovnih aplikacija na visokom nivou apstrakcije. U Kroki alatu EUIS DSL je implementiran kao UML profil u kojem su proširene metaklase *Element*, *Class*, *Property*, *Operation*, *Parameter*, *Constraint* i *Package*.

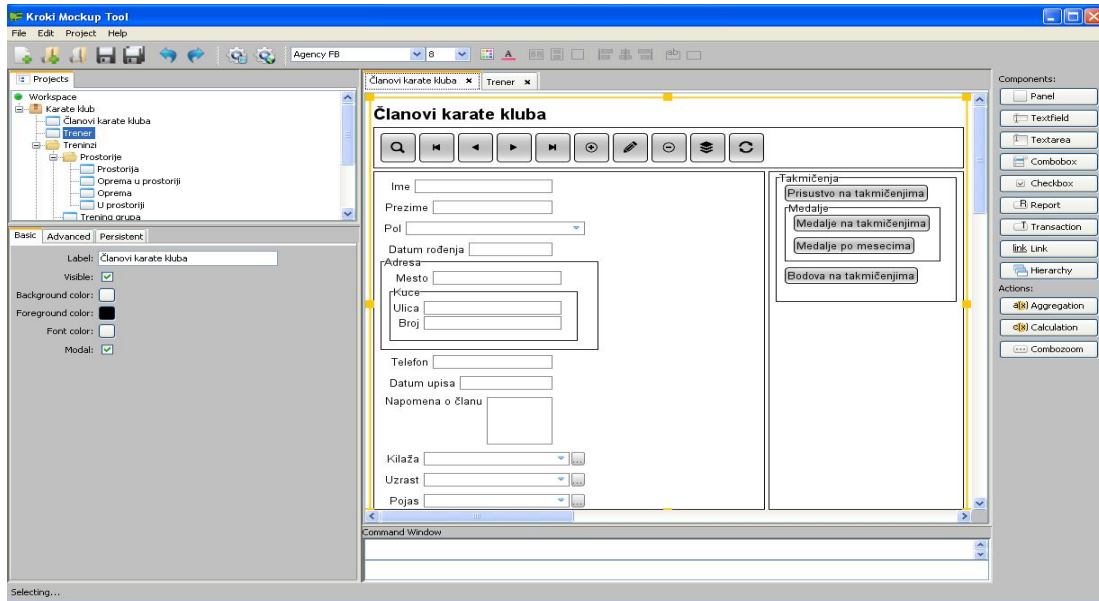
Elementi KROKI alata koji su korišćeni prilikom implementacije import i export funkcionalnosti su: podsistemi, standardne forme, izveštaji i zoom mehanizam.

### 2.1 STANDARDNA FORMA

Standardna forma predstavlja formu za prikaz podataka, prikaz polja za unos podataka i dodatnih akcija koje se mogu izvršiti nad podacima.

Na slici 2.1. dat je primer skiciranja standardne forme *Članovi karate kluba* u okviru Kroki alata.

standarda za modelovanje softverskih sistema, kao što je UML standard [4].



Slika 2.1. Izgled Kroki alata

Standardna forma sadrži tri grupe elemenata:

1. toolbar elemente - opcije zajedničke za sve standardne forme.
2. polja za unos i zoom polja.
3. dodatne akcije koje se mogu izvršiti za datu standardnu formu. To mogu da budu akcije koje pokreću kreiranje i prikaz izveštaja ili definisanih transakcija.

## 2.2 ZOOM MEHANIZAM

Zoom mehanizam omogućava da se iz jedne standardne forme referencira podatak iz druge standardne forme. Zoom mehanizam je realizovan kao combo-box koji sadrži vrednosti koje se mogu izabrati. Ako se odgovarajuća vrednost ne nalazi među ponudjenim vrednostima, pored njega se nalazi i dugme sa tri tačke kojim se otvara druga forma iz koje može da se izabere vrednost čiji identifikator se prenosi u polje za unos prve standardne forme. Na slici 2.1. to su polja Kilaža, Uzrast i Pojas.

## 3. ECLIPSE UML2

Eclipse je besplatan alat koji omogućava razvoj softverskih aplikacija. Podržava različite vrste programskih jezika. EMF (*Eclipse Modeling Framework*) je deo Eclipse alata koji omogućava kreiranje modela softverskih aplikacija i generisanje koda na osnovu kreiranih modela. Za modelovanje se koriste elementi Eclipse UML2 metamodela.

Eclipse UML2 je EMF bazirana implementacija UML 2.x OMG (*Object Management Group*) metamodela, kao što je navedeno u [2].

OMG grupa [3] je internacionalni neprofitni konzorcijum za kompjutersku industriju, koji se bavi utvrđivanjem

Eclipse biblioteka koja sadrži Eclipse UML2 metamodel, omogućava snimanje i učitavanje UML modela u različitim formatima.

Za implementaciju import i export funkcionalnosti korišćen je samo podskup elemenata Eclipse UML2 metamodela, i to su: *Model*, *Package*, *Class*, *Property*, *Operation*, *Association* i *Stereotype*.

## 3.1 CAMEL CASE NOTACIJA

Camel case notacija, kao što je navedeno u [5], predstavlja pisanje rečenica tako što se reči u rečenici ne razdvajaju praznim mestima, već se pišu spojene jedna sa drugom. Da bi se razlikovale različite reči u rečenici, prvo slovo svake reči počinje velikim slovom, a sva ostala slova reči se pišu malim slovima.

Camel case notacija se koristi za davanje naziva elemenata Eclipse UML2 modela. Za nazive instanci *Model*, *Package* i *Class* elemenata prvo slovo prve reči u nazivu se prebacuje u odgovarajuće veliko slovo, dok se za nazive instanci *Attribute*, *Operation* i *Property* elemenata prvo slovo prve reči prebacuje u odgovarajuće malo slovo, a ostale reči u nazivu prate camel case notaciju.

U Kroki alatu nazivi elemenata koriste notaciju gde je svaka reč u rečenici razdvojena praznim mestom. Iz ovog razloga prilikom mapiranja elemenata nazivi se moraju transformisati u odgovarajuću notaciju.

## 4. MAPIRANJE ELEMENATA

Za realizaciju import i export funkcionalnosti korišćen je podskup elemenata EUIS metamodela koji koristi Kroki alat i Eclipse UML2 metamodela. Mapiranja metaklasa EUIS DSL-a u okviru Kroki alata na odgovarajuće

metaklase Eclipse UML2 metamodela, prikazana su u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Mapiranja za realizaciju import i export funkcionalnosti

Elementi Kroki alata	Eclipse elementi	UML2
<i>BussinesSubsystem</i>	<i>Model</i>	
<i>BussinesSubsystem</i>	<i>Package</i>	
<i>StandardPanel</i>	<i>Class</i>	
<i>VisibleProperty</i>	<i>Property</i>	
<i>VisibleOperation</i>	<i>Operation</i>	
<i>Zoom</i>	<i>Association</i>	
<i>ElementsGroup</i>	<i>Property</i> <i>Operation</i>	

#### 4.1 KORIŠĆENJE STEREOTIPA

UML profil predstavlja specijalizaciju UML-a kao jezika za modelovanje opšte namene u cilju prilagodavanja nekom specifičnom domenu primene, platformi ili metodologiji [4]. Specijalizacija putem profila se ogleda u definisanju stereotipa koji predstavljaju proširenja postojećih metaklasa UML-a, kreiranju njihovih atributa (tagova) i ograničenja.

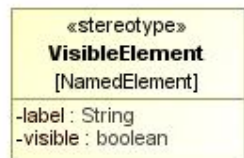
EUIS UML profil poseduje stereotipe koji predstavljaju proširenja metaklasa *Element*, *Class*, *Property*, *Operation* i *Package*, u cilju kreiranja podrške za modelovanje poslovnih aplikacija u okviru UML alata opšte namene. Prilikom implementacije exporta iz Kroki alata, potrebno je izvršiti mapiranje EUIS DSL metaklase na odgovarajuću UML metaklasu proširenu stereotipom, radi dobijanja što približnije specifikacija sistema kakva postoji u Kroki alatu.

Prilikom aktiviranja export-a, može se birati da li se želi export sa stereotipima ili bez njih, pošto postoje alati za modelovanje koji ne podržavaju UML profile.

Prilikom implementacije import funkcionalnosti nije neophodno da svi elementi UML2 modela imaju dodeljene stereotipove. Za elemente koji nemaju dodeljen stereotip biće kreirani odgovarajući Kroki elementi sa unapred definisanim vrednostima.

#### 4.2 STEREOTIP VISIBLEELEMENT

Stereotip *VisibleElement*, koji je prikazan na slici 4.1., proširuje UML2 metaklasu *NamedElement*. Metaklase *Class*, *Operation* i *Property* su samo neki od elemenata u UML2 metamodelu koji nasleđuju *NamedElement*.



Slika 4.1 Stereotip *VisibleElement*

Na slici 4.1 se vidi da stereotip *VisibleElement* poseduje dva taga: *label* i *visible*, a koja služe za čuvanje naziva koji nije u camel case notaciji i vrednosti kojom se određuje da li element treba da bude vidljiv na korisničkom interfejsu aplikacije.

Ovaj stereotip se koristi prilikom izvršavanja import i export funkcionalnosti kod *StandardPanel*, *VisibleProperty*, *VisibleOperation* i *Zoom* elemenata.

#### 4.3 MAPIRANJE IZMEĐU ELEMENTA BUSSINESSSUBSYSTEM I ELEMENTA TIPAA MODEL

Element *BussinesSubsystem* u Kroki alatu se koristi za predstavljanje korenskog elementa za ostale podelemente.

Element *Model* odgovara korenskom elementu Eclipse UML2 diagrama i sadrži sve ostale elemente Eclipse UML2 metamodela.

Prilikom implementacije import funkcionalnosti za odgovarajući element tipa *Model* kreira se odgovarajući element tipa *BussinesSubsystem*, a tokom implementacije export funkcionalnosti za element tipa *BussinesSubsystem* kreira se odgovarajući element tipa *Model*.

#### 4.4 MAPIRANJE IZMEĐU ELEMENTA BUSSINESSSUBSYSTEM I ELEMENTA TIPAA PACKAGE

Element tipa *Model* u okviru UML2 biblioteke sadrži podelemente tipa *Package*, koji takođe mogu da sadrže podelemente koji su tipa *Package*, čime je omogućeno kreiranje hijerarhije paketa.

Element tipa *BussinesSubsystem* koji predstavlja korenski element projekta u Kroki alatu sadrži podelemente koji su takođe tipa *BussinesSubsystem* i time je omogućeno kreiranje hijerarhija i podsistema kao logičkih celina u poslovnom sistemu.

Prilikom implementacije import funkcionalnosti se za odgovarajući element tipa *Package* kreira odgovarajući element tipa *BussinesSubsystem*, a zatim se pristupa njegovim paketima i tako rekurzivno sve dok se ne stigne do paketa koji ne sadrži druge pakete. Kreirani *BussinesSubsystem* elementi po hijerarhiji odgovaraju hijerarhiji *Package* elemenata.

Tokom implementacije export funkcionalnosti se za odgovarajući element tipa *BussinesSubsystem* kreira odgovarajući element tipa *Package*. Za svaki *BussinesSubsystem* element se rekurzivno prolazi kroz njegove podelemente tipa *BussinesSubsystem* i tako sve dok se ne stigne do elementa koji nema podelemente tipa *BussinesSubsystem*. Kreirani *Package* elementi po hijerarhiji odgovaraju hijerarhiji *BussinesSubsystem* elemenata.

#### 4.5 MAPIRANJE IZMEĐU ELEMENTA STANDARDPANEL I ELEMENTA TIPAA CLASS

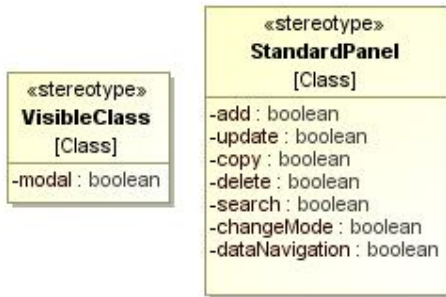
Metaklasa *StandardPanel* u okviru Kroki alata predstavlja panel namenjen za pregled i ažuriranje podataka iz jedne tabele, kao što je objašnjeno u Poglavlju 2. Ona se mapira na metaklasu *Class* u okviru Eclipse UML2 metamodela.

Instance metaklase *StandardPanel* mogu biti podelementi instanci metaklase *BussinesSubsystem* u okviru Kroki alata. Instance metaklase *Class* mogu biti podelementi instanci metaklase *Model* i *Package*.

Prilikom implementacije import funkcionalnosti za element tipa *Class* se kreira odgovarajući element tipa *StandardPanel*, a tokom implementacije export funkcionalnosti se za element tipa *StandardPanel* kreira odgovarajući element tipa *Class*.

#### 4.6 STEREOTIPOVI STANDARDPANEL I VISIBLECLASS

Stereotipovi *StandardPanel* i *VisibleClass* su proširenja UML2 metaklase *Class* i koriste se za čuvanje vrednosti atributa metaklase *StandardPanel* u Kroki alatu.



Slika 4.2. Stereotipovi *StandardPanel* i *VisibleClass*

Na slici 4.2 prikazani su tagovi koje poseduju stereotipovi *StandardPanel* i *VisibleClass*. Stereotip *VisibleClass* čuva vrednost da li odgovarajući Kroki element *StandardPanel* treba da bude modalan dijalog, a *StandardPanel* stereotip određuje koje operacije je dozvoljeno da se izvrše nad podacima u dijalogu.

#### 4.7 MAPIRANJE IZMEĐU ELEMENTA VISIBLEPROPERTY I ELEMENTA TIPA PROPERTY

Elementi tipa *VisibleProperty* predstavljaju polja za unos u okviru standardnih formi Kroki alata (instanci klase *StandardPanel*). Elementi tipa *VisibleProperty* su podelementi instanci *StandardPanel* klase. Mapiraju se na obeležja klase u okviru UML2 biblioteke. Obeležja klase su elementi tipa *Property*, koji su podelementi instance klase *Class*.

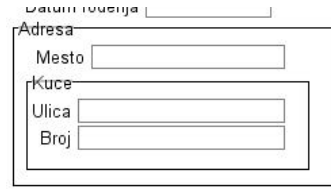


Slika 4.3. Stereotip *VisibleProperty*

Stereotip koji proširuje *Property* metaklasu je *VisibleProperty*, koji je prikazan na slici 4.3. Njegovi tagovi odgovaraju atributima polja za unos u okviru Kroki alata.

Prilikom implementacije import funkcionalnosti, za odgovarajući element tipa *Property* kreira se odgovarajući element tipa *VisibleProperty*, a tokom implementacije export funkcionalnosti se za element tipa *VisibleProperty*

kreira odgovarajući element tipa *Property*. U okviru standardnih formi Kroki alata moguće je kreirati grupe i podgrupe polja za unos koristeći elemente tipa *ElementsGroup*, kao što je prikazano na slici 4.4.



Slika 4.4. Hijerarhija polja za unos

U slučaju kad se izabere opcija za export kad se ne dodeljuju stereotipovi elementima UML2 modela, za kreirani *Property* element, naziv se sastoji od naziva *VisibleProperty* elementa i naziva svih *ElementsGroup* elemenata u hijerarhiji u kojima se nalazi *VisibleProperty* element.

U slučaju kada se dodaju stereotipovi elementima, za naziv *Property* elementa se postavlja naziv odgovarajućeg *VisibleProperty* elementa, a za svaki *ElementsGroup* element kreira se poseban *Property* element kojem se dodeli stereotip *ElementsGroupProperty*, koji je prikazan na slici 4.5. Ovaj stereotip dodaje vrednost, *Property* elementu, pomoću koje se odrede svi *Property* elementi koji pripadaju grupi elemenata, koja je određena *ElementsGroup* elementom.



Slika 4.5. Stereotip *ElementsGroupProperty*

Prilikom izvršavanja import funkcionalnosti za *Property* element kojem je dodeljen *ElementsGroupProperty* stereotip, kreira se *ElementsGroup* element umesto *VisibleProperty* elementa.

U Kroki alatu podržani su različiti tipovi polja za unos u zavisnosti od vrednosti koja se može uneti u odgovarajuće polje, takođe i obeležja klase mogu imati postavljen tip vrednosti koja odgovara obeležju.

Za tip vrednosti obeležja može da bude postavljen element tipa *Enumeration*. Ovaj element predstavlja definisane vrednosti koje obeležje može da sadrži. Definisane vrednosti odgovaraju elementima *EnumerationLiteral* koji su podelementi instance *Enumeration* klase. Prilikom implementacije import funkcionalnosti kreira se odgovarajuće polje za unos kojem se određuju definisane vrednosti koje odgovaraju *EnumerationLiteral* podelementima. Prilikom implementacije export funkcionalnosti, za polje za unos koje ima definisane vrednosti kreira se odgovarajući *Enumeration* objekat sa *EnumerationLiteral* podelementima. Za sve ostale tipove polja za unos postavlja se tip vrednosti koji je već definisan u UML2 metamodelu. Ako ne postoji odgovarajući tip u UML2

metamodelu kreira se objekat tipa *PrimitiveType* koji se postavlja kao tip vrednosti za obeležje klase.

#### 4.8 MAPIRANJE IZMEĐU ELEMENTA *VISIBLEOPERATION* I ELEMENTA TIP *OPERATION*

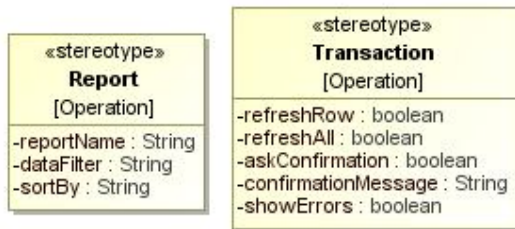
Elementi tipa *VisibleOperation* predstavljaju dodatne akcije u okviru standardnih formi Kroki alata (instanci klase *StandardPanel*). Klase *Report* i *Transaction* odgovaraju određenom tipu dodatne akcije i to su izveštaji i transakcije. Elementi tipa *VisibleOperation* su podelementi instanci *StandardPanel* klase. Mapiraju se na metode klase u okviru UML2 biblioteke. Metode klase su elementi tipa *Operation*, koji su podelementi instance klase *Class*.



Slika 4.6. Stereotip *BusinessOperation*

Stereotip koji proširuje *Operation* metaklasu je *BusinessOperation*, koji je prikazan na slici 4.6. Ovaj stereotip sadrži tagove koji su zajednički za različite tipove akcija.

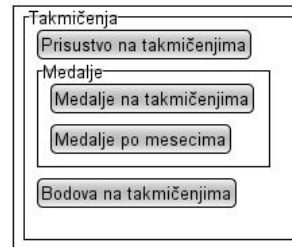
Prilikom implementacije import funkcionalnosti, ako za *Operation* element nije postavljen jedan od stereotipova *Report* ili *Transaction*, biće prikazan dijalog na kojem treba da se izabere koji tip dodatne akcije za *Operation* element treba da se kreira. Na slici 4.7. prikazani su stereotipovi *Report* i *Transaction* koji proširuju *Operation* metaklasu, a pomoću kojih se direktno u UML2 modelu određuje koji tip dodatne akcije da se kreira tokom izvršavanja import funkcionalnosti.



Slika 4.7. Stereotipovi *Report* i *Transaction*

Stereotipovi *Report* i *Transaction* poseduju tagove koji su specifični za odgovarajući tip dodatne akcije.

Tokom implementacije export funkcionalnosti se za element tipa *VisibleOperation* kreira odgovarajući element tipa *Operation* i postavlja se odgovarajući stereotip u zavisnosti od tipa dodatne akcije. U okviru standardnih formi Kroki alata moguće je kreirati hijerarhije dodatnih akcija koristeći elemente tipa *ElementsGroup*, kao što je prikazano na slici 4.8.



Slika 4.8. Hijerarhija dodatnih akcija

U slučaju exporta bez dodele stereotipova elementima UML2 modela, za kreirani *Operation* element naziv se sastoji od naziva *VisibleOperation* elementa i naziva svih *ElementsGroup* elemenata u hijerarhiji u kojima se nalazi *VisibleOperation* element.

U slučaju kada se dodaju stereotipovi *Operation* elementima, za naziv elementa se postavlja naziv odgovarajućeg *VisibleOperation* elementa, a za svaki *ElementsGroup* element kreira se poseban *Operation* element kojem se dodeljuje stereotip *ElementsGroupOperation*, koji je prikazan na slici 4.9.



Slika 4.9. Stereotip *ElementsGroupOperation*

Ovaj stereotip dodaje vrednost *Operation* elementu, pomoću koje se odrede svi *Operation* elementi koji pripadaju grupi elemenata, koja je određena *ElementsGroup* elementom.

Prilikom izvršavanja import funkcionalnosti, za *Operation* element kojem je dodeljen *ElementsGroupOperation* stereotip kreira se *ElementsGroup* element umesto dodatne akcije.

#### 4.9 MAPIRANJE IZMEĐU ELEMENTA *ZOOM* I ELEMENTA TIP *ASSOCIATION*

*Zoom* element predstavlja zoom polje, koje implementira zoom mehanizam kao što je objašnjeno u poglavlju 2.2. *Zoom* element je podelement *StandardPanel* elementa.

Element tipa *Association* predstavljaju vezu asocijacije između elemenata tipa *Class*. Može biti podelement instanci klasa *Model*, *Package* i *Class*. Element tipa *Association* je preko instance *Property* klase povezan na *Class* elemente koje povezuje.

Prilikom implementacije import funkcionalnosti za *Association* elemente koji predstavljaju One-To-Many vezu kreira se odgovarajući *Zoom* element. Da bi *Association* element predstavljao One-To-Many vezu, jedan kraj asocijacije mora za gornju granicu kardinaliteta imati postavljenu vrednost 1, a drugi kraj asocijacije mora imati postavljenu vrednost n (koja označava proizvoljan broj). Koju standardnu formu referencira zoom polje određuje se na osnovu tipa vrednosti koja je postavljena za element tipa *Property* kojem je za gornju granicu kardinaliteta postavljena vrednost 1. Kao tip vrednosti

postavljena je instanca *Class* elementa koju povezuje asocijacija, a za koju je već kreirana odgovarajuća instanca klase *StandardPanel*.

Zoom polje će biti podelement standardne forme koja odgovara klasi koja je postavljena za tip vrednosti *Property* elementa drugog kraja asocijacije.

Prilikom implementacije export funkcionalnosti, za *Zoom* element kreira se odgovarajući *Association* element koji povezuje klase koje odgovaraju: standardnoj formi koja sadrži zoom polje i standardnoj formi koju referencira zoom polje. Za kraj asocijacije koji povezuje klasu koja odgovara standardnoj formi koju referencira zoom polje za gornju granicu kardinaliteta postavlja se vrednost *n*, a za drugi kraj asocijacije postavlja se vrednost 1.

#### 4.10 STEREOTIP *VISIBLEASSOCIATIONEND*

Stereotip *VisibleAssociationEnd* proširuje UML2 metaklasu *Property*, kao što se vidi na slici 4.10.



Slika 4.10. Stereotip *VisibleAssociationEnd*

Za *Property* element koji predstavlja kraj *Association* elementa i koji ima maksimalni kardinalitet postavljen na vrednost 1, postavlja se stereotip *VisibleAssociationEnd* sa vrednostima tagova koji odgovaraju vrednostima *Zoom* elementa Kroki alata.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu implementirana je razmena modela između Kroki alata za skiciranje poslovnih aplikacija i UML alata opšte namene. Prikazano je mapiranje elemenata Kroki modela na elemente Eclipse UML2 modela. Eclipse UML2 model se može sačuvati u različitim formatima i mogu se učítavati različiti formati podržani od UML alata za modelovanje.

Realizovana je import funkcionalnost koja omogućava korisnicima da kreirane modele u drugim alatima mogu da učítaju u Kroki alat i time dobiju inicijalni predlog korisničkog interfejsa aplikacije, ako u modelu nisu korišćeni stereotipovi ili da korišćenjem stereotipova dobiju korisnički interfejs koji bez dodatnih izmena mogu da isprobaju sa korisnicima.

Realizovana je export funkcionalnost kojom je omogućeno da se poslovni sistemi kreirani u Kroki alatu učítaju u alat za modelovanje i nad tim modelom koriste već poznate mogućnosti alata za modelovanje.

Dalji razvoj predviđa da se, prilikom importa, kreiranjem složenih, parent-child formi, u situacijama gde za to postoje uslovi (asocijacija između klasa sa kardinalitetom 1..n), pokriju i dodatne mogućnosti koje nudi Kroki alat. Na ovaj način bi predložena specifikacija korisničkog interfejsa aplikacije čiji se model importuje bila još bliža finalnom rešenju.

## LITERATURA

[1] Milorad Filipović, Vladan Marsenić, Gordana Milosavljević, Igor Dejanović, KROKI: Alat za interaktivni razvoj poslovnih aplikacija baziran na skicama, YuInfo, Kopaonik, 2013

[2] MDT/UML2/UML2 4.0 Migration Guide, [http://wiki.eclipse.org/MDT/UML2/UML2\\_4.0\\_Migration\\_Guide](http://wiki.eclipse.org/MDT/UML2/UML2_4.0_Migration_Guide)

[3] Object Management Group, [http://en.wikipedia.org/wiki/Object\\_Management\\_Group](http://en.wikipedia.org/wiki/Object_Management_Group)

[4] Unified Modeling Language™ (UML®), <http://www.omg.org/spec/UML/>

[5] Camel case, <http://en.wikipedia.org/wiki/CamelCase>

# ITERATIVNI POSTUPAK ADAPTACIJE OPSEGA KVANTIZERA U OKVIRU DPCM SISTEMA

## ITERATIVE PROCEDURE FOR QUANTIZER RANGE ADAPTATION WITHIN DPCM SYSTEM

Aleksandar Jocić, Zoran Perić, Jelena Nikolić, Aleksandra Jovanović, Dragan Denić, Goran Miljković  
*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet*

**Sadržaj** – U ovom radu je razmatran postupak adaptacije opsega uniformnog kvantizera primenjenog u okviru DPCM sistema za kompresiju ECG signala. Obrada signala je izvršena na principu frejm po frejm. Dugoročnom adaptacijom u okviru frejma se određuju optimalne vrednosti opsega kvantizera. Kratkoročnom adaptacijom u okviru podfrejma se vrši izbor jednog od dva kvantizera u zavisnosti od dinamike signala razlike. Izvršeno je poređenje predložene metode sa nedavno predloženom metodom.

**Abstract** – In this paper procedure for uniform quantizer range adaptation applied within DPCM system for ECG signal compression is discussed. Signal processing is done on the principle frame by frame. Long-term adaptation is used for determining the optimal values of the quantizer range within the frame. Short-term adaptation is used for selecting one of the two quantizers depending on the dynamics of the signal difference within the subframe. A comparison of the proposed method with the recently proposed method is performed.

### 1. UVOD

Metodi za kompresiju signala imaju sve veći značaj i u oblasti medicine kao što je telemedicina. U slučajevima kada je neophodno u dužem vremenskom periodu daljinski pratiti vitalne parametre funkcionisanja čovečjeg organizma, dolazimo i do potrebe za kompresijom izmerenih veličina. Ako se uzme u obzir da količina podataka pri takvim merenjima može biti relativno velika, da su resursi memorije za čuvanje, a naročito prenosnih puteva ograničeni, kao i da mobilni uređaji u telemedicinskom sistemu, koji imaju sopstveno napajanje, troše dosta energije za slanje tih podataka, jasna je potreba za kompresijom tj. smanjenjem količine podataka za prenos informacije [1]-[4].

Najvažnije karakteristike metoda za kompresiju signala su mera kompresije, greška rekonstruisanog signala u odnosu na originalni i kompleksnost same metode [1]-[6]. Iako su u literaturi do sada predloženi brojni algoritmi kompresije, malo njih se sada koristi u monitoring sistemima i telemedicini. Osnovni cilj kome se teži pri kompresiji ECG signala je ostvariti porast stepena kompresije uz očuvanje kvaliteta rekonstruisanog signala. Cena koja se pri tom najčešće plaća je povećanje kompleksnosti sistema za kompresiju signala.

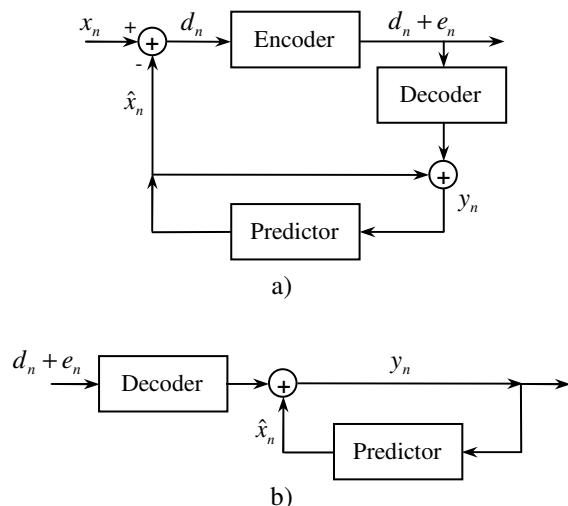
U literaturi su predloženi metodi za kompresiju ECG signala bazirani na korišćenju tehnika delta modulacije (DM) i diferencijalno impulsno kodovane modulacije (DPCM) [4]. U cilju povećanja stepena kompresije, uz održavanje kvaliteta kompresovanog signala, ali i

smanjenja kompleksnosti sistema, u ovom radu predlažemo model sistema za kompresiju baziran na primeni samo DPCM tehnike niske složenosti. Dakle, predloženi DPCM sistem se sastoji od linearnog prediktora prvog reda i uniformnog kvantizera male bitske brzine. U cilju optimizacije predloženog DPCM sistema, tj. uniformnog kvantizera signala razlike, proučili smo prirodu ECG signala. Uočivši da su kod ECG signala vrednosti amplitude u periodu depolarizacije ćelija srca (QRS kompleks), pa i u periodu repolarizacije ćelija (T segment), višestruko veće nego u ostalom periodu [7], došli smo na ideju da je neophodno prilagoditi model kvantizera ovim kratkim segmentima signala, tj. uvesti tzv. „kratkoročnu adaptaciju“ [6]. Da ne bi došlo do degradacije kvaliteta prenetog ECG signala, u ovim brzo promenjivim segmentima velike amplitudske dinamike, predlažemo korišćenje uniformnog kvantizera sa većim brojem izlaznih nivoa od kvantizera koji je namenjen za obradu sporo promenjivih segmenata male amplitudske dinamike. Bliže rečeno, koristi se prekidačka kvantizacija prilikom izbora jednog od dva uniformna kvantizera koji su projektovani za segmente signala velike odnosno male amplitudske dinamike. Cilj je da se na ovaj način postigne veći stepen kompresije u segmentima male dinamike a da se pri tom očuva visok kvalitet reprodukovanog ECG signala. Kako kompresiju ECG signala treba izvršiti tako da je informacija i posle kompresije pouzdana, pri čemu nije od važnosti obrada u realnom vremenu, pored kratkoročne adaptacije kvantizera vrši se i njegova "dugoročna adaptacija" [6], odnosno dodatno se adaptiraju opsezi ova dva kvantizera na osnovu vrednosti odmeraka signala razlike. Kako vrednosti odmeraka signala razlike zavise od načinjene greške pri kvantizaciji, koja opet zavisi od veličine kvanta, odnosno opsega uniformnog kvantizera, nameće se ideja da se adaptacija opsega kvantizera treba obaviti kroz više iteracija. Na ovaj način se unosi kašnjenje pri obradi ECG signala, međutim, kako je primarni cilj kompresija uz dobar kvalitet, kod koje kašnjenje nije ograničavajući faktor, to je u ovom slučaju uvođenje iterativnog postupka za poboljšavanje kvaliteta reprodukovanog signala opravdano.

Dobitak ostvarene kompresije sagledan je određivanjem odnosa kompresije  $CR$  (compression ratio). Takođe, sagledana je distorzija rekonstruisanog signala u odnosu na originalni određivanjem parametra  $PRD$  (percentage root-mean-square difference), kao i  $SQNR$  (Signal to Quantization Noise Ratio) [5],[6] koji su od posebnog značaja pri obradi biomedicinskih signala, kao što je elektrokardiogram (ECG), kod kojih zanemarivanje gubitaka (distorzije) pri kompresiji može dovesti do pogrešne dijagnoze bolesti od strane lekara.

## 2. DPCM TEHNIKA

Tehnikom diferencijalno impulsno kodovane modulacije (DPCM) [4],[6] koduje se signal razlike odmerene trenutne vrednosti analognog signala  $x_n$  i njene procenjene vrednosti  $\hat{x}_n$  (Sl. 1.). Procena ili predikcija tekuće vrednosti ulaznog signala  $\hat{x}_n$  ostvaruje se prediktorom u kolu povratne sprege na osnovu poznavanja vrednosti prethodnih odmeraka signala i međukorelacije između odmeraka. U ovom radu korišćen je fiksni prediktor prvog reda tj.  $\hat{x}_n = \rho \cdot y_{n-1}$ , gde je  $\rho$  koeficijent prediktora.



Slika 1. DPCM sistem, a) predajnik, b) prijemnik.

Kako se kvantovanjem signala razlike  $d_n$  ( $d_n = x_n - \hat{x}_n$ ) unosi greška koju ćemo predstaviti sa  $e_n$ , očigledno je da se ona dalje odražava na rekonstruisani odmerak  $y_n$  ( $y_n = d_n + e_n + \hat{x}_n = x_n + e_n$ ) u povratnoj petlji predajnika, kao i na samom izlazu prijemnika. Pri ovome treba naglasiti da je zanemaren kanalni šum jer nije od interesa pri analizi problema u oblasti izvornog kodovanja. Iako se nedostatak DPCM tehnike ogleda u pomenutoj propagaciji greške kvantizacije, njena važna prednost u odnosu na PCM tehniku bazira se na činjenici da se umesto kodovanja trenutnih vrednosti odmeraka koduje signal razlike koji uzima znatno užu opseg mogućih vrednosti. Time se postiže da se uz jednaku veličinu amplitudskih kvantata, kao kod PCM tehnike, koristi manji broj kvantnih nivoa, odnosno da se fiksiranjem broja kvantnih nivoa postiže finije kvantovanje. Prema tome, DPCM tehnika, u poređenju sa PCM tehnikom, pruža mogućnost kompresije odnosno smanjenja snage šuma kvantizacije.

## 3. POSTUPAK ADAPTACIJE UNIFORMNOG KVANTIZERA U OKVIRU DPCM SISTEMA

Ovo poglavlje sadrži detaljan opis postupka kompresije ECG signala koji se bazira na adaptaciji kvantizera u okviru DPCM sistema. Korišćen je uniformni kvantizer signala razlike koji sa prediktorom prvog reda čini DPCM sistem (Slika 1.) koji ćemo optimizovati u cilju efikasne

kompresije ECG signala. Kako se kod ECG signala smenjuju sporopromenjivi segmenti malih amplituda i segmenti velikih amplituda, u novom sistemu koji predlažemo za kompresiju ECG signala implementirana su zapravo dva DPCM kvantizera namenjena upravo obradi segmenata signala male odnosno velike amplitudske dinamike. Grupisanjem odmeraka ECG signala u frejmove (dužine  $L$ ) koji su dalje podeljeni na podfrejmove (dužine  $M$ ) moguće je izvesti obradu ECG signala na principu frejm po frejm. Kratkoročnom adaptacijom se podfrejmovi tekućeg frejma klasifikuju u dve grupe znatno različite amplitudske dinamike. Klasifikacija se izvodi na osnovu izračunatog  $PRD$ -a za svaki podfrejm:

$$PRD[\%] = 100 \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^M (x_n - \hat{x}_n)^2}{\sum_{n=1}^M x_n^2}}, \quad (1)$$

koji se određuje nakon paralelne obrade odmeraka tekućeg podfrejma ulaznog signala od strane oba DPCM kvantizera. Izbor jednog od dva DPCM kvantizera, a time i grupe kojoj pripada podfrejm, predlažemo na osnovu manje vrednosti  $PRD$ -a. U cilju što efikasnije kompresije ECG signala, odlučili smo se da za kvantovanje segmenata signala razlike male amplitudske dinamike, koji pripadaju prvoj grupi podfrejmova, koristimo DPCM kvantizer sa manjim opsegom i dva amplitudska nivoa, dok za kvantovanje segmenata signala velike amplitudske dinamike, koji pripadaju drugoj grupi podfrejmova, predlažemo korišćenje DPCM kvantizera sa većim opsegom i osam amplitudska nivoa.

Kao što je već rečeno pored kratkoročne predloženo je i uvođenje dugoročne adaptacije kojom se za svaki frejm na osnovu statističkih karakteristika odgovarajuće grupe podfrejmova iterativno određuju adaptirani opsezi oba DPCM kvantizera. Kako frejm objedinjuje više kratkih podfrejmova, ovakav način adaptacije podrazumeva neminovan neznatan porast brzine prenosa usled prenosa tzv. sporedne informacije. Sporedna informacija sadrži podatak o tome koji kvantizer razlike se koristi za svaku grupu podfrejmova, kao i vrednosti optimalnih opsega kvantizera signala razlike korišćenih u okviru grupa. Uz pretpostavku da se ove vrednosti opsega kvantizera predstavljaju sa po 8 bita, može se odrediti i bitska brzina predloženog kompresionog sistema:

$$R = \frac{n_1 + 3n_2}{n_1 + n_2} + \frac{n_q}{M} + \frac{8n_o}{I}, \quad (2)$$

pri čemu je  $n_1$  broj podfrejmova kod kojih se odmerci signala razlike koduju jednim bitom (dva,  $n_2$  broj podfrejmova kod kojih se odmerci signala razlike koduju sa 3 bita,  $n_q$  broj bita koji nose informaciju o tome koji je kvantizer korišćen u okviru podfrejma dužine  $M$ , odnosno informaciju o broju raspoloživih opsega selektovanog kvantizera, a  $n_o$  je broj opsega kvantizera koje treba preneti u svakom frejmu dužine  $I$ . U našem slučaju  $n_q = 1$ , a  $n_o = 2$ .

Radi sagledavanja efekata postignute kompresije najčešće se definiše odnos kompresije CR (Compression Ratio),



koji se određuje na osnovu broja bita po odmerku potrebnih za predstavljane originalnog signala  $R_0$  i rekonstruisanog signala  $R$  [5], [6]:

$$CR = \frac{R_0}{R}. \quad (3)$$

U nastavku je predstavljen iterativni postupak dugoročne adaptacije opsega DPCM kvantizera koji je unapređen u odnosu na postupak predstavljen u [4] u kriterijumu adaptacije opsega kvantizera na osnovu maksimalnih vrednosti signala razlike po podfrejmovima. Ovde treba ukazati na međusobnu zavisnost signala razlike, opsega kvantizera i učinjene greške pri kvantizaciji, koja u potpunosti opravdava uvođenje iterativnog pristupa dugoročne adaptacije opsega DPCM kvantizera.

Adaptacija opsega DPCM kvantizera signala razlike vrši na osnovu utvrđenih maksimalnih vrednosti signala razlike po podfrejmovima tekućeg frejma. Izabrane inicijalne vrednosti opsega DPCM kvantizera proglašavaju se optimalnim,  $x_{m1}^{opt}$ ,  $x_{m2}^{opt}$ , a zatim se adaptiraju iterativnim postupkom. Opsezi pomenuta dva kvantizera signala razlike inicijalizuju se vrednostima opsega određenih dugoročnom adaptacijom prethodnog frejma, dok se za prvi frejm ovi opsezi inicijalizuju empirijski određenim vrednostima. Kasnije ćemo pokazati da izbor inicijalnih vrednosti pri obradi prvog frejma ne utiče bitno na brzinu konvergencije iterativnog postupka. Iterativni postupak adaptacije opsega DPCM kvantizera, tj. svaka iteracija ovog postupka se sastoji od sledećih koraka:

**Korak 1.** Kvantovanje odmeraka signala razlike u okviru podfrejmova odgovarajućim DPCM kvantizerima. Za kvantovanje odmeraka signala razlike u okviru podfrejma koristi se jedan od dva kvantizera čiji su opsezi  $x_{m1}$  (ako podfrejm pripada prvoj grupi) i  $x_{m2}$  (ako podfrejm pripada drugoj grupi).

**Korak 2.** Određivanje maksimalnih vrednosti kvantovanih odmeraka signala razlike za svaki podfrejm, za obe grupe podfrejmova  $d_{ij}^{max}$   $i=1,2$ ,  $j=1,\dots,n_i$ , gde je  $n_i$  broj podfrejmova u  $i$ -toj grupi.

**Korak 3.** Određivanje maksimalnih vrednosti signala razlike po podfrejmovima za obe grupe podfrejmova:

$$d_{ij}^{max} = \max(d_{ij}), i=1,2, j=1,2,\dots,n_i, \quad (4)$$

kao i određivanje aritmetičkih sredina ovako određenih maksimalnih vrednosti signala razlike:

$$d_i^{avmax} = \frac{1}{n_i} \sum_1^{n_i} d_{ij}^{max}, i=1,2, j=1,2,\dots,n_i. \quad (5)$$

**Korak 4.** Adaptacija opsega DPCM kvantizera razlike  $x_{m1}$  i  $x_{m2}$  na osnovu usrednjenih maksimalnih vrednosti signala razlike određenih u koraku 3:

$$x_{m_i} = d_i^{avmax}, i=1,2. \quad (6)$$

**Korak 5.** Izračunavanje brzine DPCM kodera  $R$ :

$$R = \frac{n_1 + 3n_2}{n_1 + n_2} + \frac{1}{M} + \frac{16}{I}, \quad (7)$$

odnosa kompresije  $CR$  (3), mere distorzije  $PRD$  (1) kao i odnosa signal-šum kvantizacije

$$SQNR = -20 \log \left( \frac{PRD}{100} \right). \quad (8)$$

**Korak 6.** Sagledavanje dobitka u pogledu kvaliteta i kompresije ostvarenih u tekućoj iteraciji u odnosu na prethodne na osnovu analize ispunjenosti kriterijuma:

$$\frac{SQNR - SQNR^{opt}}{R - R^{opt}} > 6. \quad (9)$$

Ukoliko je kriterijum zadovoljen par vrednosti ( $SQNR^{opt}$ ,  $R^{opt}$ ) određen za vrednosti opsega kvantizera  $x_{m1}^{opt}$  i  $x_{m2}^{opt}$  zamenjuje se novim parom vrednosti ( $SQNR$ ,  $R$ ) određenim u tekućoj iteraciji. Takođe usvaja se par novih optimalnih vrednosti  $x_{m1}^{opt}=x_{m1}$ ,  $x_{m2}^{opt}=x_{m2}$ . Ukoliko uvedeni kriterijum nije ispunjen ne dolazi do promene optimalnih vrednosti.

**Korak 7.** Provera konvergencije iterativnog postupka. Kada su vrednosti opsega kvantizera razlike  $x_{m1}$  i  $x_{m2}$ , određene u tekućoj iteraciji, jednake vrednostima iz neke od prethodnih iteracija uslov konvergencije je ispunjen i iterativni postupak se prekida, a za vrednosti opsega kvantizera za dati frejm se uzimaju vrednosti  $x_{m1}^{opt}$  i  $x_{m2}^{opt}$ . Ukoliko uslov konvergencije nije ispunjen, prelazi se na Korak 1. tj. počinje nova iteracija.

Iterativnim pristupom koji je ovde predstavljen se postiže poboljšanje performansi sistema, ali uvodi i neznatno kašnjenje prenosa signala u trajanju jednog frejma.

#### 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Testiranje predloženog metoda, odnosno poređenje sa nedavno predloženim metodom je izvedeno nakon obrade realnog ECG signala iz referentne MIT-BIH baze [8]. Za veličinu frejma odabrano je  $I=3600$  odmeraka (segment trajanja 10s). Veličina podfrejma određena je trajanjem intervala velike amplitudske dinamike kako bi odmerci iz tih intervala bili obuhvaćeni u jednu statističku grupu. Tako smo obradom raspoloživog ECG signala ustanovili da optimalna dužina podfrejma iznosi  $M=20$ . Pritom se najbolji kvalitet rekonstruisanog signala postiže kada je koeficijent linearnog prediktora  $\rho=0.98$ . Usvajanjem tako određenih vrednosti u nastavku ćemo izvesti analizu odnosa kvalitet-kompresija koji se postiže predloženim pristupom.

U Tabelama 1 i 2 prikazane su vrednosti parametara od značaja za svaku iteraciju predloženog pristupa:  $x_{m1}$  i  $x_{m2}$  - opsezi oba DPCM kvantizera (6),  $R$  (7),  $PRD$  (1) i  $SQNR$  (8), koji su dobijeni u okviru jednog frejma. Za prvu iteraciju su proizvoljno izabrane vrednosti opsega kvantizera - inicijalne vrednosti. Istaknimo da su tendenciozno odabrane različite inicijalne vrednosti opsega kvantizera sa ciljem da se pokaže da rezultat iterativnog postupka, odnosno određivanje para optimalnih vrednosti podvučenih u Tabelama 1 i 2 ( $x_{m1}^{opt}$ ,  $x_{m2}^{opt}$ ) ne zavisi od izbora inicijalnih vrednosti. Primitimo jedino da izbor inicijalnih vrednosti neznatno utiče na dužinu trajanja iterativnog postupka za koji smo ranije definisali da se zaustavlja kada su vrednosti opsega

DPCM kvantizera  $x_{m1}$  i  $x_{m2}$ , određene u tekućoj iteraciji, jednake vrednostima iz neke od prethodnih iteracija.

Tabela 1.

	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$R$	$PRD$	$SQNR$
1.	0.01	0.10	3.06	45.46	6.85
2.	0.11	1.99	1.35	7.88	22.07
3.	0.29	1.05	2.85	8.27	21.65
4.	0.22	0.92	1.90	6.76	23.41
5.	0.17	0.98	1.48	5.84	24.67
6.	0.16	0.91	1.45	5.59	24.96
7.	<b>0.19</b>	<b>0.93</b>	<b>1.40</b>	<b>6.07</b>	<b>24.34</b>
8.	<b>0.17</b>	<b>0.89</b>	<b>1.47</b>	<b>5.71</b>	<b>24.86</b>
9.	<b>0.15</b>	<b>0.97</b>	<b>1.44</b>	<b>5.50</b>	<b>25.19</b>
10.	<b>0.17</b>	<b>0.94</b>	<b>1.42</b>	<b>5.80</b>	<b>24.73</b>
11.	<u><b>0.16</b></u>	<u><b>0.94</b></u>	<u><b>1.42</b></u>	<u><b>5.61</b></u>	<u><b>25.02</b></u>
12.	<b>0.18</b>	<b>0.96</b>	<b>1.37</b>	<b>5.94</b>	<b>24.53</b>
13.	0.19	0.93	1.40	6.07	24.34

Tabela 2.

	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$R$	$PRD$	$SQNR$
1.	0.80	2.80	3.05	22.14	13.10
2.	0.36	0.96	3.06	7.57	22.41
3.	0.34	0.90	3.06	7.07	23.01
4.	0.23	0.96	1.83	6.97	23.14
5.	<b>0.17</b>	<b>0.89</b>	<b>1.47</b>	<b>5.71</b>	<b>24.86</b>
6.	<b>0.15</b>	<b>0.97</b>	<b>1.44</b>	<b>5.50</b>	<b>25.19</b>
7.	<b>0.17</b>	<b>0.94</b>	<b>1.42</b>	<b>5.80</b>	<b>24.73</b>
8.	<u><b>0.16</b></u>	<u><b>0.94</b></u>	<u><b>1.42</b></u>	<u><b>5.61</b></u>	<u><b>25.02</b></u>
9.	<b>0.18</b>	<b>0.96</b>	<b>1.37</b>	<b>5.94</b>	<b>24.53</b>
10.	<b>0.19</b>	<b>0.93</b>	<b>1.40</b>	<b>6.07</b>	<b>24.34</b>
11.	0.17	0.89	1.47	5.71	24.86

Na osnovu Tabela 1 i 2 može se uočiti da je uslov konvergencije zadovoljen u dvanaestoj odnosno desetoj iteraciji obzirom da je ponovno dobijen par vrednosti iz sedme odnosno pete iteracije, respektivno. Rezultat predloženog iterativnog postupka je par optimalnih vrednosti  $(x_{m1}^{opt}, x_{m2}^{opt}) = (0.16, 0.94)$  opsega dva DPCM kvantizera korišćena pri kodovanju raspoloživog ECG signala. Kako je izbor ovih optimalnih vrednosti izveden na osnovu kriterijuma (9), na ovaj način je određen optimalan odnos kvalitet-brzina ( $SQNR^{opt}, R^{opt}$ ) = (25.02 dB, 1.42 bit/sample) odnosno ( $PRD^{opt}, CR^{opt}$ ) = (5.61%, 7.75).

U cilju ocene ove metode u tabeli 3 smo izvršili poređenje rezultata sa metodom predloženom u [4].

Tabela 3.

	Predloženi metod	Referenca [4]
$R^{opt}$	1.42	1.42
$CR^{opt}$	7.75	8.45
$PRD^{opt}$	5.61	8.26
$SQNR^{opt}$	25.02	21.66

Radi uporedivosti performansi ovih metoda posmatrane su iste bitske brzine, tako da su vrednosti parametara iz [4] preračunate na osnovu kriterijuma da se povećanjem brzine za 1bit/sample povećava SQNR za 6dB [6]. U

tabeli 3 se uočava nešto lošija vrednost  $CR$  predloženog metoda, što je posledica toga da je u [4] je korišćen signal kodovan sa  $R_0 = 12$  bit/sample, dok je signal korišćen u ovom radu kodovan sa  $R_0 = 11$  bit/sample [8]. Očigledan je dobitak u kvalitetu kompresovanog signala koji se ogleda u poboljšanju SQNR-a za 3,36dB, odnosno  $PRD$ -a za 2,65%.

## 5. ZAKLJUČAK

Primenom kratkoročne i dugoročne adaptacije opsega DPCM kvantizera izvedene kroz iterativni postupak moguće je postići vrlo visok kvalitet kodovanog signala uz vrlo visoku kompresiju. Metodom predloženom u ovom radu ostvaruje se poboljšanje u odnosu na nedavno predloženu sličnu metodu.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati istraživanja predstavljeni u ovom radu podržani su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta „Inteligentne energetske mreže“, III42009.

## LITERATURA

- [1] C. Fira and L. Goras, "An ECG signals compression method and its validation using NNs," IEEE Trans. Biomed. Eng. 55, 1319–1326, 2008.
- [2] H. Bahar and Y. Khiabani, "Optimal design of DPCM scheme for ECG signal handling," in Proc. 6th WSEAS Int. Conf. Signal, Speech Image Processing, Lisbon, Portugal, pp. 156–161, 2006.
- [3] J. Chen, F. Wang, Y. Zhang, and X. Shi, "ECG compression using uniform scalar dead\_zone quantization and conditional entropy coding," Med. Eng. Phys. 30, 523–530, 2008.
- [4] Z. Peric, D. Denic, J. Nikolic, A. Jovic, and A. Jovanovic "DPCM Quantizer Adaptation Method for Efficient ECG Signal Compression", Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 58, No. 12, pp. 1241–1250. © Pleiades Publishing, Inc., 2013.
- [5] M. Velasco, F. Roldan, J. Llorente, J. Velasco, C. Aparicio, and F. Ferreras, "On the use of PRD and CR parameters for ECG compression," Med. Eng. Phys. 27, 798–802, 2005.
- [6] N. Jayant and P. Noll, „Digital Coding of Waveforms, Principles and Applications to Speech and Video“, Prentice\_Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 115–251, 1984.
- [7] Malcolm S. Thaler, "The Only EKG Book You'll Ever Need", Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- [8] <http://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/>

# IMPLEMENTACIJA EMC DOCUMENTUM-a U PORESKU UPRAVU SRBIJE

## IMPLEMENTATION OF EMC DOCUMENTUM IN TAX ADMINISTRATION OF SERBIA

Aleksandar Milovanović, Ivana Rakić, Miloš Nikolić  
Ministarstvo finansija, Poreska uprava

**Sadržaj:** Upravljanje dokumentima predstavlja izazov u javnoj upravi, a posebno u Poreskoj upravi. Rešenje za upravljanje dokumentima (Document Management System) treba da omogući svim servisima Poreske uprave da poboljšaju efikasnost izvršavanja poslovnih procesa, smanje operativne troškove, poboljšaju servise prema klijentima i implementiraju pouzdanu arhitekturu koja će omogućiti Poreskoj upravi da odgovori na sve zahteve i regulatorne promene.

**Abstract:** Document management is a challenge in public administration, particularly in the Tax Office. Solution for Document Management (Document Management System) is to provide all services of the Tax Administration to improve the efficiency of the execution of business processes, reduce operating costs, improve services to customers and implement a reliable architecture that will enable the Tax Office to respond to the demands and regulatory changes.

### 1. UVOD

Zakonom o poreskom postupku i poreskoj administraciji, konstituisana je Poreska uprava kao organ uprave u sastavu Ministarstva finansija. Poreska uprava je organ uprave koji obavlja upravne i druge stručne poslove. Vršiti registraciju poreskih obveznika i vodi jedinstveni registar poreskih obveznika. Vršiti utvrđivanje poreza i obavlja poresku kontrolu i otkriva poreska krivična dela i njihove izvršioce i u vezi sa tim preduzima zakonom propisane mere. Obavlja poslove koji se odnose na obračun, naplatu i prinudnu naplatu obaveznih doprinosa, kao i podnošenje prekršajnih prijava i vođenje prekršajnog postupka zbog povrede propisa o plaćanju obaveznih doprinosa. Odlučuje o žalbama izjavljenim protiv rešenja donetih u poreskom postupku. Poreska uprava prikuplja i obrađuje podatke o utvrđenim i naplaćenim porezima i obaveznim doprinosima i predlaže izmene poreske politike i poreskih propisa, kao i drugih propisa u cilju unapređenja poreskog sistema i delotvornije naplate poreza i obaveznih doprinosa. Stara se o primeni međunarodnih ugovora o izbegavanju dvostrukog oporezivanja, vodi poresko knjigovodstvo, pruža stručnu pomoć poreskim obveznicima u primeni poreskih propisa, u skladu sa kodeksom ponašanja zaposlenih. Poreska uprava obavlja i druge poslove u skladu sa zakonom.

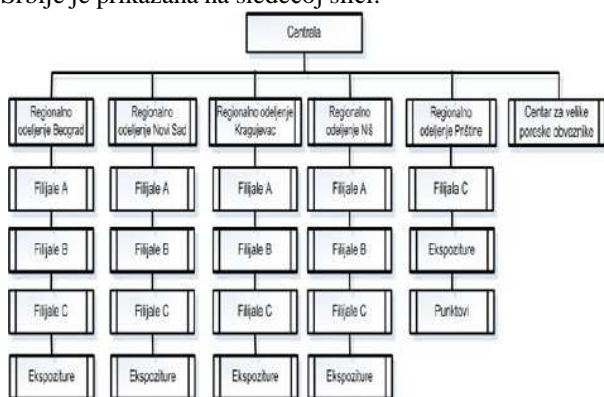
Među najvećim izazovima koji imaju veze sa upravljanjem dokumentima sa kojima se suočavala Poreska uprava su:

- Nemogućnost dostizanja operativne efikasnosti u izvršavanju poslovnih procesa: Među najbitnijim izazovima poslovnih procesa zasnovanih na papirnoj dokumentaciji je osobina papira da se može naći samo na jednom mestu u određenom momentu i biti korišćen od strane jedne osobe. Tu se može uključiti i ograničen pristup dokumentu u toku njegovog korišćenja, što otežava praćenje toka dokumenta i njegovog statusa. Kada su dokumenti ključni činioici inicijacije ili završetka poslovnog procesa, kao što je slučaj u Poreskoj upravi, navedeni problemi korišćenja dokumenta u papirnom obliku postaju prepreke za efikasno izvršavanje procesa. Na kraju, korišćenje papira košta.
- Neprihvatljiv nivo rizika: U procesima koji se odvijaju u Poreskoj upravi, trajni i poverljivi dokumenti su u papirnom obliku, bez obzira da li se nalaze u ormanu ili sefu. Suočena sa mogućim scenarijima uništenja papira, Poreska uprava postaje ranjiva, s obzirom da ne postoji brz i lak način oporavka ili ponovnog izvršenja operacija čiji je rezultat bio uništeni papir.
- Nemogućnost brzog i lakog pristupa informacijama: Za Poresku upravu veliki problem može da predstavlja i samo izvršavanje procesa, s obzirom da informacija koja je neophodna da bi se neki proces izvršio nije lako dostupna. Bez obzira da li je pomenuta informacija u papirnom obliku ili u formi elektronskog dokumenta, ako nije unutar sistema za upravljanje dokumentacijom, njeno pronalaženje u relativno kratkom roku može biti veliki izazov.
- Nemogućnost sticanja kompletne slike o klijentu: Koliko je bitno da Poreska uprava dostavi u kratkom roku informaciju zahtevanu od strane klijenta, toliko je bitno i da Poreska uprava ima kompletnu sliku o konkretnom korisniku. U većini slučajeva, administracija ima sve neophodne informacije, ali problem je u tome što su te informacije pohranjene u raznovrsnim sistemima, bez mogućnosti uniformnog pristupa.
- Nemogućnost brzog prilagođavanja promenljivim regulatornim zahtevima: Sve javne kompanije svoje poslovanje vrše pod budnim okom regulatornih tela i odgovornih agencija, pa u tom smislu, ni Poreska uprava ne predstavlja izuzetak. S obzirom na

poslovanje Poreske uprave koje se zasniva na papirnim dokumentima, i dodatnih zahteva regulatornih tela – takođe u papiru, stanje se dodatno komplikuje.

## 2. PORESKA UPRAVA SRBIJE

Poreska uprava Republike Srbije je organizovana na sledeći način: postoji Centrala, Centar za velike poreske obveznike i mreža filijala (80) – veličine A, B i C, a dalje pojedine filijale imaju svoje ekspoziture (92) i punktove (2). Organizacionih jedinica ima ukupno 174 (filijala 80 + ekspozitura 92 + punkta 2). Veličina filijale (A, B i C) zavisi od broja poreskih obveznika koja ta filijala ima i broja zaposlenih: filijale A imaju preko 90 zaposlenih, filijale B imaju od 51 do 90 zaposlenih, a filijale C imaju do 50 zaposlenih. Organizacija Poreske uprave Republike Srbije je prikazana na sledećoj slici:



Slika 1. Organizacija Poreske uprave

## 3. PROJEKAT ePISARNICE I eARHIVE U PORESKOJ UPRAVI SRBIJE

Uvodjenje Enterprise Document Management System-a u Poreskoj upravi Srbije ima zadatak da obezbedi jedinstveno i jednoobrazno sistemsko rešenje, zasnovano na primeni savremenih informaciono tehničkih tehnologija i dostignuća. Jedna od polaznih tačaka i ideja implementacije bilo je smanjenje obimne dokumentacije, brži protok informacija i saradnja sa poreskim obveznicima, kao i integracija Elektronske arhive sa drugim aplikacijama i web servisima Poreske uprave.

Osnovni cilj implementacije Enterprise Document Management System-a je:

- Jedinstveno elektronsko zavođenje svih primljenih dokumenata;
- Povećana upotrebljivost i sigurnost informacija;
- Povećana produktivnost zaposlenih;
- Povećanje zadovoljstva poreskih obveznika;
- Smanjenje troškova Poreske uprave;
- Jedinstvena centralna elektronska arhiva.

U pitanju je izuzetno kompleksan, dugotrajan, zahtevan projekat, koji je u potpunosti promenio poslovne procese u Poreskoj upravi, koji utiče na organizaciju poslovanja,

način rada svakog poreskog službenika, na komunikaciju između zaposlenih u Poreskoj upravi, kao i sa poreskim obveznicima. Projekat je zahtevan tehnički, organizaciono, finansijski i kadrovski.

Ovim idejnim projektom se predviđa da bi projektno rešenje trebalo da obuhvati upravljanje dokumentima u elektronskom obliku, kao i skeniranim slikama papirnih dokumenata, odnosno svim nestrukturiranim informacijama u obliku tekstualnih dokumenata, tabela, slika, audio i video zapisa.

Sistem obuhvata sledeće komponente Sistema za upravljanje dokumentima:

I Upravljanje dokumentima u užem smislu, a koje obuhvata sledeće servise:

- Servis za unos dokumenata (Data Entry services);
- Servis za smeštanje dokumenata (Storage services);
- Servis za pretraživanje dokumenata (Retrieving services);
- Sistem za arhiviranje dokumenata (Archive management).

**Servis za unos dokumenata:** Kompletno rešenje za unos dokumenata, podrazumeva efektivne načine poslovanja i upravljanja različitim tipovima dolaznih informacija. Takvo rešenje obezbeđuje Poreskoj upravi efikasnije i sigurnije servise kako prema klijentima, tako i unutar same uprave. Osnovni cilj je brz i efektivan pristup dokumentaciji u elektronskom obliku, bez obzira na mesto njenog ulaska u Poresku upravu. Suočena sa stalno rastućom količinom dolazne dokumentacije Poreska uprava je uočila potrebu da uvede nove standarde u svoj način poslovanja. Ključni deo ove inicijative treba da predstavlja procesiranje dolazne dokumentacije i dokumentacije koja se generiše u svakodnevnom radu Poreske uprave. To pre svega podrazumeva da platforma obezbeđuje najviši stepen automatizacije poslovanja. U delu koji se odnosi na Input Management to se pre svega odnosi na automatsko preusmeravanje skenirane dokumentacije kroz poslovne procese u skladu sa tipom dokumenta.

**Servis za smeštanje dokumenata:** Preduslov za uspešnu implementaciju rešenja za upravljanje dokumentacijom u poslovanju je sistematizacija informacija u okviru poslovnog sistema. Pod tim se podrazumeva detaljna analiza toka i životnog ciklusa informacije, kao i uloge svakog zaposlenog prema različitim informacijama. Na taj način vrši se neophodno razvrstavanje dokumenata po tipovima, otkrivanje praznog hoda u radnim procesima i uspostavlja se, kao krajnji rezultat, efikasniji i pregledniji rad, sa mogućnostima složenih ekonomskih i statističkih analiza.

**Servis za pretraživanje dokumenata:** Primenjeno rešenje omogućava pretragu po ključnim rečima uz upotrebu džoker znaka, za zamenu jednog slova ili dela reči. Treba da se vrši logička kontrola i provera valjanosti indeksnih termina prilikom svakog pronalaženja

dokumenta. Rešenje obezbeđuje unos termina za pretragu preko dijaloga-polja. Omogućava još složene pretrage uz pomoć relacionih i logičkih operatora (manje, veće, jednako, i, ili) i prikaz rezultata po azbučnom redu pojmova u pojedinačnom polju. Omogućena je i pretraga i prikaz na određenom nivou u hijerarhijskoj strukturi. Rešenje obezbeđuje izbor koja polja arhive koju pretražujemo će činiti listu rezultata.

**Sistem za arhiviranje dokumenata:** Rešenje omogućava jedinstvenu platformu za unos, skladištenje, pristup, organizaciju, kontrolisanje, dostupnost i arhiviranje bilo kog tipa informacija unutar poslovnog okruženja. Ono je transparentno povezano sa storage infrastrukturom, koja se sastoji od različitih diskova i različitih uređaja za masovno skladištenje podataka (storage). Storage infrastruktura je dizajnirana da ispuni specifične zahteve po pitanju pouzdanosti, sigurnosti, polisa, cene i operativnih zahteva. Sistem ne pravi razliku između sadržaja koji se skladišti u različitim okruženjima, već vrši komunikaciju sa interfejsom sistema za skladištenje sadržaja. Podržava bilo koji tip storage sistema - od hard diskova lokalnog servera i RAID sistema do network-attached storage (NAS) ili kompleksnih storage mreža (SAN) - od bilo kog proizvođača storage sistema. Storage sistemi su transparentni za ponuđenu platformu.

**II Upravljanje sadržajima, uključujući i web sadržaje,** koje obuhvata:

- Upravljanje procesima kreiranja, pregleda, revizije, odobravanja internih dokumenata, a u skladu sa predefinisanim poslovnim pravilima i radnim tokovima
- Sistem za održavanje, publikovanje i korišćenje kataloga internih dokumenata na intranetu Poreske uprave, a koji obuhvataju:
  - opšta metodološka uputstva,
  - uputstva za poreske postupke i poreske oblike,
  - naredbe,
  - korisnička uputstva za softverske aplikacije,
  - Sistem za održavanje sadržaja „Pomoći“ u softverskim aplikacijama;
  - Sistem za spregu sa bazom znanja Kontakt centra Poreske uprave;
  - Sistem za spregu sa web sajtom Poreske uprave;
  - Upravljanje elektronskom poštom odnosno sistem za integrisanje dokumenata koji stižu e-mailom ili faksom;
  - Sistem za slanje važnih obaveštenja.

**III Upravljanje radnim tokovima**

Definisanje i potpuno praćenje radnih tokova u skladu sa svim relevantnim poslovnim pravilima, a koji se odnose na:

- Upravljanje tokovima dokumenta u upravnim postupcima;
- Upravljanje radnim tokovima prijema i obrade poreskih prijava;
- Praćenje predmeta Poreske policije;
- Praćenje predmeta terenske i kancelarijske kontrole;

- Upravljanje radnim tokovima za redovnu i prinudnu naplatu;
- Upravljanje tokovima dokumentacije vezane za zaplenjenu robu;
- Upravljanje tokovima finansijske dokumentacije (računi, ugovori, ...);
- Upravljanje tokovima dokumenata iz oblasti radnih odnosa, itd.

Projektno rešenje vrši integraciju resursa, informacija, procesa rada i dokumentacije na svim lokacijama Poreske uprave, u jedinstven dokumentacioni sistem na nivou poslovnog sistema cele Poreske uprave.

Softver obuhvata podršku za:

- Izradu i implementiranje aplikacije za upravljanje dokumentima u elektronskoj formi, koja podrazumeva uspostavljanje uređene centralne arhive svih dokumenata;
- Centralno arhiviranje i efikasno pretraživanje arhive dokumenata u elektronskom obliku;
- Procene verifikacije i kontrole dokumenata u skladu sa pravima svih učesnika – autorizovanih korisnika sistema;
- Upravljanje određenim radnim tokovima – potupcima;
- Publikovanje, čuvanje, pretraživanje i preuzimanje relevantnih dokumenata na intranetu Poreske uprave;
- Autorizovan pristup sistemu;
- Statistiku korišćenja: prikupljanje i prikaz podataka o broju pristupa pojedinom dokumentu;
- Arhiviranje dokumenata koja više ne važe i mogućnost njihovog pretraživanja.

#### 4. FAZE IMPLEMENTACIJE

U početnoj fazi izvođač je ozvaničio početak projekta potpisivanjem ugovora i obaveštavanjem odgovornih o nameni i ciljevima projekta, predstavio koncept rešenja svim članovima stručnog tima Poreske uprave. Poreska uprava je imenovala:

- Sponzora projekta (član uprave koji imenuje koordinatora projekta i obezbeđuje uslove za aktivno učešće zaposlenih);
- Koordinatora projekta (internog vođu projekta koji: aktivno učestvuje u svim fazama projekta, obezbeđuje uslove za učešće odgovornih osoba, pruža pomoć pri rešavanju tekućih i organizacionih problema tokom projekta, izveštava o statusu i realizaciji projekta sponzora projekta, verifikuje kontrolne tačke projekta);
- Članove stručnog tima (iz navedenih poslovnih oblasti).

Izvođač je imenovao:

- Vođu projekta i
- Stručne saradnike (konsultanti, analitičari, administratori, programeri).

Pre samog početka implementacije, koji se odvijao u nekoliko faza, krenulo se od sagledavanja trenutnog stanja aplikacija koje postoje u Poreskoj upravi, njihovim tehnologijama, budućim potrebama i iskustvima korisnika. Prilikom analize postojećeg stanja, došlo se do podataka koji su umnogome pomogli pri izradi projekta u svim fazama, kao i samoj impementaciji sistema:

RB	Period posmatranja	Broj predmeta
1	dnevni	7.000
2	nedeljni	37.000
3	mesečni	200.000
4	kvartalni	500.000
5	polu godine	1.050.000

Tabela1. Analiza zavedenih predmeta

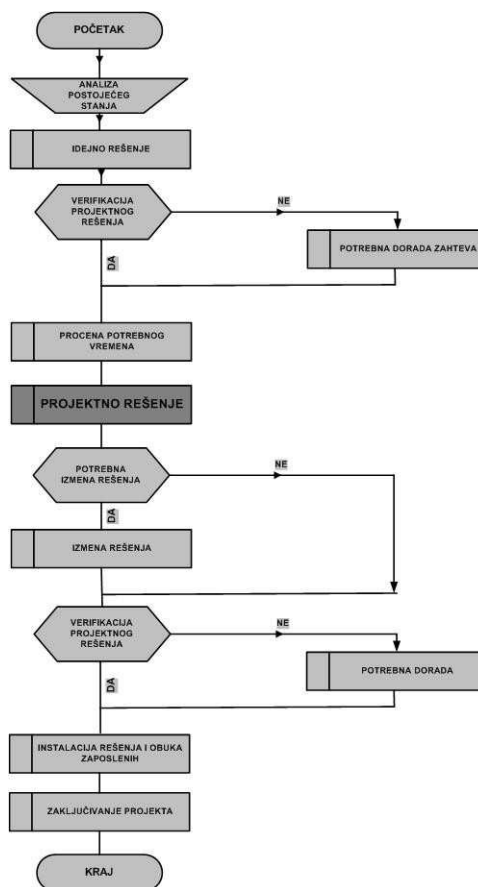
Na dnevnom nivou posmatranja, u Poreskoj upravi se u proseku zavede 7.000 predmeta, nedeljno 37.000, mesečno 200.000, kvartalno 500.000, a polugodišnje 1.050.000 predmeta i zahteva.

Aktivnosti koje su preduzete u okviru implementacije sistema za elektronsko upravljanje dokumentima:

1. *Detaljna analiza projektnih zahteva i izrada idejnog rešenja od strane izvođača:* Namena aktivnosti je prikupljanje i razrada detaljnih poslovnih zahteva, izrada adekvatne projektne specifikacije. Rezultat je izvršena i verifikovana detaljna analiza i specifikacija projektnih zahteva i izraženo idejno rešenje.
2. *Verifikacija projektnih zahteva (Kontrolna tačka):* Sponzor projekta je verifikovao detaljno specifičan projektni zahtev. Rezultat je verifikovano kompletno projektno (poslovno) rešenje, napravio se zapisnik o verifikaciji i predložio se precizan termin - plan narednih aktivnosti. Izrada i dorada aplikacije prema usvojenim zahtevima Poreske uprave. U okviru ove aktivnosti je izvođač izradio aplikativno rešenje u skladu sa projektnim zahtevima. Rezultat je izražena aplikacija u skladu sa projektnim zahtevima.
3. *Verifikacija dizajna projektnog rešenja – Simulacija 1 (Kontrolna tačka):* U okviru ove aktivnosti izvođač je predstavio kompletno funkcionisanje rešenja na izabranim realnim podacima sa realnim ulogama – u potpunosti. Poreska uprava je verifikovala kompletno rešenje, dala primedbe na eventualne neusaglašenosti.
4. *Popravka dizajna i usaglašavanje:* Izvođač je sproveo i usaglasio sve zahteve i primedbe koji su proistekli posle Simulacije 1, odnosno posle verifikacije. Rezultat je potpuno završena i usaglašena aplikacija prema zahtevima Poreske uprave.
5. *Obuka korisnika:* Izvođač je izvršiti obuku administratora aplikacije i jednog dela korisnika za rad sa aplikacijom i izradio detaljna uputstva za rad. Nakon toga, administratori su obučavali sve ostale ključne korisnike. Rezultat ove kontrolne tačke su obučeni korisnici i sva potrebna dokumentacija za rad.
6. *Verifikacija projektnog rešenja:* Korisnici predstavljaju kompletan rad sistema na izabranom poslovnom primeru potpuno samostalno (simulacija 2)

u određenom vremenskom periodu. Ova aktivnost se može nazvati i generalna proba ili test period. Rezultat ove aktivnosti je puna osposobljenost korisnika za samostalan rad.

7. *Instalacija projektnog rešenja, podešavanja, na radnim mestima:* Izvođač je instalirao aplikativno rešenje na serverima i nekoliko radnih mesta, a administratori na ostalim radnim mestima. Zajedno sa koordinatorom i članovima stručnog tima, izvođač je izvršio unos svih potrebnih podataka, šifarnika, organizacije i prava na rad svih korisnika koji su predviđeni da rade sa aplikativnim rešenjem. Rezultat ove aktivnosti je potpuno spremno radno okruženje za početak faze eksploatacije aplikativnog rešenja.
8. *Primopredaja poslovnog rešenja za upravljanje dokumentima - zaključivanje projekta (kontrolna tačka):* Poreska uprava je potpisom primopredaje zapisnika verifikovala i potvrdila kraj projekta.
9. *Procena potrebnog vremena:* Uz maksimalno angažovanje kadrova iz angažovanog softverskog preduzeća i uz adekvatno angažovanje naših stručnih saradnika, projekat od uvođenja do potpune funkcionalnosti sistema za elektronsko upravljanje dokumentima (na bazi parametarski definisanih radnih tokova) se realizovao u roku od šest kalendarska meseca.



Slika 2. Algoritam aktivnosti

Tok uvođenja sistema za upravljanje dokumentima obuhvata:

- Rešenja dokument menadžment sistema, za upravljanje dokumentima, podrazumeva svu navedenu funkcionalnost napred definisanu, kao i eventualnu nadgradnju za specifične potrebe korisnika. Arhivi pristupaju sve grupe korisnika koristeći web browser ili klijent aplikaciju.
- Integracija sa ostalim informacionim sistemima organizacije, u zavisnosti od potreba. Mesta i nivo integracije se detaljno određuju tokom implemetacije projekta.
- Implementacija dokument menadžment rešenja, koja predstavlja uvođenje rešenja u jedinstveni poslovni sistem – analizu poslovnih procesa, klasifikaciju dokumenata, identifikaciju i postavku poslovnih pravila i obuku svih tipova korisnika.
- Aplikacioni server je tehnološka osnova na kojoj je dokument menadžment rešenje. Navedena platforma omogućava pristup definisanom broju korisnika dokument menadžment sistema.
- Klijentska radna mesta, pristupaju serveru preko web pregledača (browsera).
- Skenirna radna mesta, na kojima se vršiti skeniranje (imaging) dokumenata u papirnom obliku i njihov obuhvat u dokument menadžment sistemu.
- Proširivost i nadogradivost: Implementacija dokument menadžment sistema omogućava fazno podizanje funkcionalnosti kompletnog sistema, uz racionalan i optimalan nivo investicija. Na ovaj način su se veoma brzo kvantifikovali efekti implementacije dokument menadžment sistema. Pristup je koncipiran tako da je u ranim fazama eksploatacije u potpunosti zadovoljio određene potrebe korisnika, a da se kasnije kako se bude povećavao obim podataka i broj korisnika, pridodaju određeni moduli i podiže opšta funkcionalnost sistema. Sistem je tako koncipiran da je otvoren za uvođenje radnih tokova (workflow), implementaciju poslovnih pravila, proširenje funkcionalnosti prema specifičnim zahtevima korisnika, kao i integraciju sa ostalim delovima (poslovnim sistemima) informacionog sistema.

Posmatrajući broj predmeta čiji se unos vrši kroz aplikaciju, kao i broj dokumenata koji se u tom slučaju pojavljuju, u 2014-oj godini implementirane su dve nove funkcionalnosti a to su: Popisi akata i Captiva-skeniranje prijemne dokumentacije.

Popisi akata će omogućiti znatno smanjenje dokumentacije i papirnih dokumenata, skratiti rokove čuvanja i doprineti lakšem i bržem izlučivanju registraturskog materijala. Popisi akata se odnose na zavodjenje i kreiranje masovnih predmeta, odnosno predmeta iste materije a koji imaju manji stepen važnosti. Na osnovu internog uputstva, svaka lokacija mora kreirati minimum 15 popisa akata, u okviru kojih će zavoditi akte na dnevnom nivou, tako da posmatrajući broj od 174 lokacije, minimlan broj popisa akata i očekivani broj kreiranih akata, pretpostavka je da će na godišnjem nivou

broj zavedenih akata biti oko 400.000, što iznosi oko 20% procenata od ukupnog broja zavedenih predmeta u 2013-oj godini.

Druga funkcionalnost odnosi se na digitalizovanje odnosno skeniranje prijemne dokumentacije i dokumentacije koja nastaje u kasnijem radu, putem EMC Captiva rešenja. Za sam proces skeniranja koriste se skeneri koji imaju mogućnost dupleks skeniranja i mogu skenirati i do 30 stranica u minuti. Prilikom svakog skeniranja, postupak je da se ono pokreće na već skeniranom i zavedenom predmetu, nakon čega se vrši proces skeniranja dokumenta, izmena potrebnih stavki, indeksiranje i slanje paketa. Prilikom indeksiranja dokumenata unosi se naziv dokumenta i njegov tip, i vrši se optičko prepoznavanje skeniranog dokumenta (OCR), koje nam omogućava da sadržaj svakog skeniranog dokumenta možemo koristiti u daljem radu za neke druge poslovne potrebe, pretragu svih dokumenata po ključnim rečima bez uticaja na skenirani dokument. Optičko prepoznavanje teksta vrši se pomoću NuanceOCR endžina, a skenirani dokumenti se čuvaju u PDF fajl formatu.

Prednosti digitalizacije papirne dokumentacije korišćenjem ovog rešenja ogledaju se u smanjenju obima papirnih dokumenata, lakšoj pretrazi sadržaja dokumenata po ključnim rečima i smanjenju prostora za fizičko arhiviranje predmeta. Pretpostavka je da će broj skeniranih dokumenata, odnosno stranica u 2014-oj godini biti oko dva miliona.

Postignuti rezultati u prvoj godini korišćenja nove elektronske pisarnice u Poreskoj upravi je 2.200.000 zavedenih predmeta, što je više od očekivanog. Nakon deset godina postojanja Poreske uprave Srbije, ovo je prvi projekat koji je jednobrazan za sve organizacione jedinice Poreske uprave, savremeno rešenje koje zadovoljava potrebe svih struktura bez obzira na nivo odlučivanja.

## 5. ZAKLJUČAK

Sistemi upravljanja dokumentima su se nametnuli kao potreba da se izvrši potpuna automatizacija poslovanja jedne poslovne organizacije. Zameniti papirnu dokumentaciju dokumentima u elektronskoj formi nije ni malo jednostavan posao, a kada se uzme u obzir da sa takvim dokumentima treba dalje upravljati i održavati ih, shvatamo da je takav sistem jako teško razviti i pribegavamo rešenjima velikih softverskih firmi. U pitanju je izuzetno kompleksan, dugotrajan, zahtevan projekat, koji u potpunosti treba da promeni poslovne procese u Poreskoj upravi, koji utiče na organizaciju poslovanja, način rada svakog poreskog službenika, na komunikaciju između zaposlenih u Poreskoj upravi, kao i sa poreskim obveznicima. Uštede primenom sistema upravljanja dokumentacijom su brojne i očigledne, od potrebnog fizičkog prostora, koji je na elektronskim medijima nebrojeno puta manji, do raznoraznog

kancelarijskog materijala. Najveće uštede se ipak postižu u brzom i pravovremenom donošenju poslovnih odluka. Nije zanemarljiva ni mogućnost izrade rezervnih kopija dokumentacije, čime se firma obezbeđuje od eventualnog fizičkog uništenja, gubitka ili krađe podataka značajnih za poslovanje. Poreska uprava, kao institucija koja teži savremenom načinu poslovanja, na vreme je uočila važnost sigurno sačuvane informacije, uvek dostupne na brz i efikasan način. Zato je odluka da se pristupi uvođenju sistema elektronskog upravljanja dokumentima izuzetno značajna i u skladu sa svim modernim trendovima i standardima.

## 6. LITERATURA

- [1] ComTrade IT Solutions and Services, IISPU – eArhiva i ePisarnica - hardverska i softverka specifikacija radnih stanica v. 1.0, 2011. g.
- [2] ComTrade IT Solutions and Services, Sistem za upravljanje sadržajima sa modulom ePisarnica - KORISNIČKO UPUTSTVO - v. 1.3, 2011. g.
- [3] Grupa autora Poreska uprava, Kratak pregled projekta Poreska uprava Document Management sistem, 2010. g.
- [4] Grupa autora Poreska uprava, Modul 3 - Sistem upravljanja dokumentacijom, 2010. g.
- [5] Grupa autora Poreska uprava, Idejni projekat DMS, 2010.g.
- [6] Grupa autora, Kancelarijsko poslovanje, Službeni glasnik, 2012. g.
- [7] Grupa autora, Primer informacionog sistema, Vodoprivreda Srbije – VIS, 2010. g.
- [8] <http://technet.microsoft.com/>, Document management overview, SharePoint Server 2010, 2010. g.
- [9] <http://technet.microsoft.com/>, Document management overview, SharePoint Server 2013, 2013. g.
- [10] Milovanović A., Predlog rešenja aplikacije Pisarnica Poreske uprave, 2010. g.
- [11] Rakić I., Dubajić O., Dopuna dokumenta Idejni projekat „Document management system”, 2010. g.
- [12] Veljović A., Modeliranje informacionih sistema, Megatrend Univerzitet primenjenih nauka Beograd, 2003
- [13] Veljović A., Radojičić M., Vesić, J., Menadžment Informacioni Sistemi, Tehnički Fakultet Čačak, 2011.



# PROŠIRENJE KROKI ALATA GRAFIČKIM UML EDITOROM

## ENHANCING KROKI TOOL BY PROVIDING A GRAPHICAL UML EDITOR

Renata Vaderna, Gordana Milosavljević, Igor Dejanović, Milorad Filipović, Željko Ivković  
*Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Kratak sadržaj** – U radu je opisano proširenje Kroki alata za skiciranje poslovnih aplikacija grafičkim UML editorom, radi dobijanja još jednog pogleda na skiciranu aplikaciju u vidu UML dijagrama klasa. Zahvaljujući ovom proširenju, korisnik može da bira da li će aplikaciju modelovati korišćenjem editora klasa ili skiciranjem formi.

**Abstract** – This paper describes an extension of Kroki, a tool for participatory development of business applications based on mockups, which adds another way to observe the sketched application - as UML class diagrams. Because of this extension, the user can choose between modeling the application using the class editor or by sketching forms.

### 1. UVOD

Kroki (fr. croquis – skica) je alat namenjen za interaktivni razvoj poslovnih aplikacija baziran na skicama formi. Skice se kreiraju korišćenjem dizajnera formi koji implementira konkretnu sintaksu EUIS (*Enterprise User Interface Specification*) DSL-a (*Domain Specific Language*), koja je projektovana tako da omogući modelovanje korisničkog interfejsa na „prirodan“ način (crtanjem formi i njenih elemenata). Kroki omogućava skiciranje ekranskih formi različitih vrsta, poštujući naš standard korisničkog interfejsa koji definiše njihov izgled i funkcionalnost (više detalja o standardu se može naći u [1]).

Kroki je namenjen kako projektantima, tako i korisnicima različitih struka i nivoa znanja, te je postojanje više pogleda na skiciranu aplikaciju od izuzetne važnosti. Pogled na aplikaciju sa stanovišta njenog korisničkog interfejsa je pogodan za korisnika, dok projektantima obično više pogoduje model aplikacije u vidu dijagrama klasa ili modela podataka. Proširenje alata grafičkim UML editorom uvedeno je upravo radi pružanja ove dodatne alternative, prvenstveno imajući u vidu projektante. Akcenat je stavljen na specifikaciju aplikacije (korisnički interfejs i perzistentni sloj) uz oslonac na UML dijagram klasa i EUIS UML profil (EUIS UML profil predstavlja implementaciju EUIS DSL-a za potrebe modelovanja poslovnih aplikacija u okviru UML editora opšte namene) [1].

Nezavisno od načina na koji se aplikacija modeluje (korišćenjem dizajnera formi, UML editora ili komandne konzole koja takođe postoji u okviru Kroki

alata) ideja je da se u modelu aplikacije uvek kreiraju informacije koje su potrebne za sve navedene poglede. Pojedine akcije nad elementima dijagrama u UML editoru, poput kreiranja paketa ili klase, uspostavljanja ili raskidanja veza između klasa, dodavanja ili uklanjanja atributa i metoda klase, rezultuju promenom skica kao i nizom odgovarajućih akcija sprovedenih u okviru dizajnera formi. Takođe, skice kreirane u okviru dizajnera formi se uvek mogu pregledati i editovati u okviru UML editora klasa. Elementi se inicijalno raspoređuju tako da dijagram odnosno skica budu što pregledniji, ali je dopuštena naknadna ručna izmena, pri čemu se sve promene u UML modelu direktno reflektuju na skice i obrnuto. Na ovaj način, svaki korisnik može izabrati način rada koji mu više odgovara, umanjujući tako mogućnost greške i povećavajući brzinu rada.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način. U sekciji 2 je dat pregled Kroki alata. U sekciji 3 je opisan editor dijagrama UML klasa i njegova integracija sa Kroki alatom. U sekciji 4 nalazi se nekoliko primera upotrebe editora radi skiciranja i pregleda skica. Sekcija 5 sadrži zaključak i pravce daljeg razvoja.

### 2. PREGLED KROKI ALATA

U predstojećoj sekciji biće dat pregled EUIS DSL-a i Kroki alata uz stavljanje akcenta na elemente bitne za razumevanje načina integracije sa editorom dijagrama klasa, bez ulaženja u detalje.

#### 2.1 Implementacija EUIS DSL-a

EUIS DSL je implementiran u vidu UML profila [2], koji je dalje korišćen pri izradi Kroki alata. Profil poseduje brojne stereotipove koji predstavljaju proširenje metaklasa *Element*, *Class*, *Property*, *Operation*, *Parameter*, *Constraint* i *Package* iz paketa `UML::Kernel` [1]. Osnovni element korisničkog interfejsa predstavlja stereotip *VisibleElement* (element modela vidljiv na korisničkom interfejsu aplikacije), koji proširuje metaklasu *Element*. Vidljivim elementima pridružuje se komponenta (tekstualno polje, dugme, *comboBox* itd.) i natpis. Vidljive klase (*VisibleClass*) proširuju metaklasu *Class*, reprezentujući klase iz modela koje se preslikavaju na panele različite vrste (*StandardPanel*, *ParentChild*, *ManyToMany*). Standardni panel uvek se pridružuje nekoj perzistentnoj klasi, dok *ParentChild* omogućuje

hijerarhijsku organizaciju drugih standardnih i *ParentChild* panela.

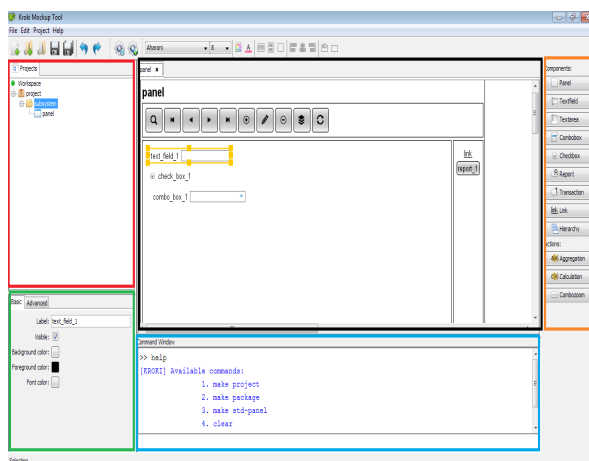
Vidljiva obeležja (*VisibleProperty*) proširuju metaklasu *Property*, omogućavajući preslikavanje atributa vidljivih klasa na komponente korisničkog interfejsa. Vidljivi krajevi asocijacije (*VisibleAssociationEnd*) takođe proširuju metaklasu *Property* i mogu se primeniti na vidljivo navigabilno obeležje koje pripada binarnoj asocijaciji uspostavljenoj između dve vidljive klase. Definiše odnos između panela pridruženog klasi koja je vlasnik obeležja i panela koji pripada klasi na drugom kraju asocijacije. Konkretna priroda odnosa između panela definisana je vrstom primenjenog stereotipa - *Next*, *Zoom* ili *Hierarchy*. Sve klase koje implementiraju vidljive krajeve asocijacije poseduju obeležja koja određuju aktivacioni i ciljni panel, na osnovu čega se može zaključiti o tome koji su paneli povezani.

Vidljive metode (*VisibleOperation*) jesu proširenje metaklase *Operation* i označavaju metode kojima se pridružuje komponenta korisničkog interfejsa, u vidu dugmeta ili stavke menija, i mogu se aktivirati sa forme od strane korisnika. Metode mogu omogućiti aktiviranje pridružene perzistentne metode, koja poseduju semantiku iz poslovnog domena, poput knjiženja i drugih složenih poslovnih transakcija ili prikaza izveštaja.

Poslovni podsistem (*BusinessSubsystem*) proširuje metaklasu *Package* i koristi se za definisanje poslovnih podsistema i referata.

## 2.2 Prikaz Kroki alata za skiciranje formi

Glavni prozor alata prikazan je na slici 2.1, gde su različitim bojama zaokružene celine od posebnog značaja.

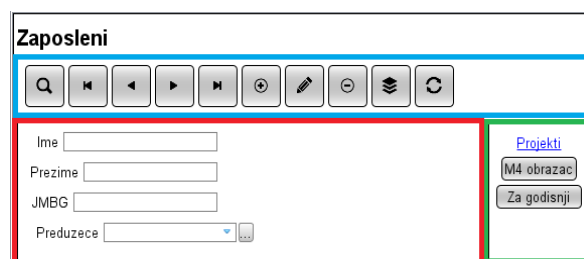


Slika 2.1 Glavni prozor Kroki alata

Kao centralni element prozora izdvaja se prostor za skiciranje ekranskih formi, zaokružen crnim okvirom na slici 2.1. Skiciranje se vrši dodavanjem komponenti sa palete, zaokružene narandžastom bojom, na ovu

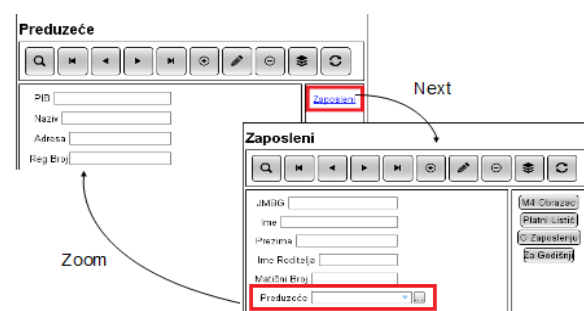
površinu, nakon čega se preko panela naznačenog zelenom bojom podešavaju osobine selektovane forme ili neke njoj pripadajuće komponente (osnovne, poput boje, ili napredne, koje uključuju i informacije potrebne za kreiranje nižih slojeva aplikacija). Crvenom bojom na slici 2.1 izdvojeno je stablo za kreiranje i prikaz hijerarhijske strukture poslovnih sistema i podsistema, kao i njihovog sadržaja, a plavom konzola za kreiranje sistema, podsistema i standardnih panela tekstualnim putem. Naime, EUIS DSL poseduje i tekstualnu sintaksu, koja upravo omogućava rad u okviru konzole.

Tekuća verzija alata omogućava skiciranje i povezivanje standardnih i *parent-child* formi, a jedan primer standardne forme prikazan je na slici 2.2. Uočava se da je ispoštovan standard opisanim u [1], podelom forme na tri dela naznačena različitim bojama na slici.



Slika 2.2 Primer skicirane standardne forme

Prikazana forma omogućava unos podataka o zaposlenima u preduzećima, koje odlikuje JMBG, ime, prezime i samo preduzeće. Primećuje se da se na *toolbar*-u nalaze standardne operacije koje karakterišu svaku standardnu formu, dok se sa desne strane nalazi niz komponenti, koje predstavljaju specifične operacije - transakcije, pozivanje izveštaja i aktiviranje vezanih formi. Na slici 2.3 prikazane su dve forme povezane preko *Zoom* i *Next* mehanizama.

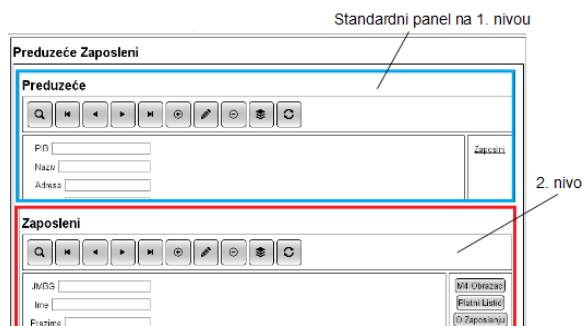


Slika 2.3 Dve forme povezane preko zoom i next mehanizama

Forme sa primera pridružene su entitetima "Preduzeće" i "Zaposleni", između kojih je uspostavljena *one-to-many* veza. Dakle, iz forme "Preduzeće", putem *next* mehanizma može se preći u formu "Zaposleni", gde se vrši filtriranje i prikazuju samo radnici datog preduzeća, dok se iz forme "Zaposleni" putem *zoom* mehanizma može preći na

“Preduzeće”, radi izbora preduzeća u kome je dotični zaposlen. *Next* mehanizam realizovan je preko *link*, a *zoom* preko *comboBox* komponente koja se, izborom odgovarajućeg dugmeta na paleti alatki, transformiše u *combzoom*. Za obe komponente potrebno je specificirati posebno obeležje, *target panel*, kako bi se zadalo koja se forma otvara pri njihovoj aktivaciji.

Prethodno kreirani standardni paneli mogu se uvezati u hijerarhijsku strukturu kreiranjem *parent-child* forme. Primer je prikazan na slici 2.4. U konkretnom primeru se radi o dvonivovskoj hijerarhiji, gde se panel “Preduzeće” nalazi na prvom, a “Zaposleni” na dugom nivou. Kako se prvopomenuti panel nalazi na vrhu hijerarhije, on nema roditelja, dok drugi panel, “Zaposleni” ima. U pitanju je, naravno, panel “Preduzeće”, što se automatski postavlja pri dodavanju panela na nivo u hijerarhiji nakon korenskog.



Slika 2.4 Primer skicirane *parent-child* forme

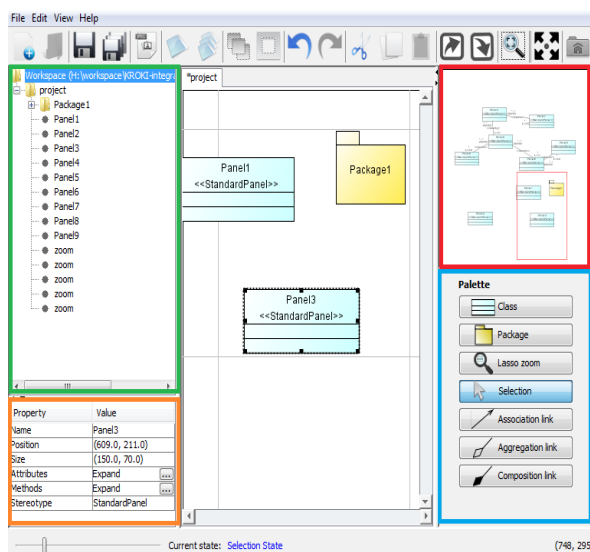
### 3. GRAFIČKI EDITOR DIJAGRAMA KLASA I INTEGRACIJA SA KROKI ALATOM

Grafički editor dijagrama klasa o kome će u nastavku biti više reči predstavlja proširenje rešenja [3]. Omogućava kreiranje dijagrama dodavanjem željenih elemenata na radnu površinu, uspostavljanjem veza između njih, te izmenom njihovih osobina. Glavni prozor editora prikazan je na slici 3.1.

Prozor se sastoji od sledećih celina:

- Komponente tipa stabla, naznačene zelenom bojom na slici, za kreiranje i prikaz hijerarhijske strukture projekata i paketa
- Prostora za podešavanja osobina elemenata i veza, označenog narandžastom bojom
- Prostora za prikaz dijagrama podeljenog u jezičke, koji zauzima centralni deo prozora. Svakom paketu i projektu pridružen je jedan dijagram, što dalje znači da im se dodeljuje jedan jezičak, čiji se naslov poklapa sa nazivom paketa, odnosno, projekta.
- Paleta elemenata, zaokružene plavom bojom na slici
- Komponente za navigaciju, označene crvenom bojom, koja pokazuje koji deo dijagrama je trenutno vidljiv i omogućava pozicioniranje na njegov proizvoljni deo

- *Zoom* klizača i statusne linije, lociranih pri samom dnu prozora



Slika 3.1 Glavni prozor grafičkog editora

Editor podržava i niz naprednijih funkcionalnosti, poput kopiranja i lepljenja elemenata, uključujući i čitave pakete, kao i eksportovanje dijagrama u .png ili .jpg format. Takođe, omogućeno je i kreiranje prečica na željene elemente. Pored toga što se mogu koristiti za povećanje preglednosti velikih dijagrama, prečice su od ključnog značaja za uspostavljanje veza između elemenata različitih paketa, kojima se dodeljuju zasebni dijagrami, što isključuje mogućnost direktnog povezivanja.

#### 3.1 Integracija Kroki alata i editora dijagrama klasa

U tekućoj verziji, editor je prvenstveno namenjen za kreiranje skica formi kao i pregled postojećih skica, ali je postavljena podloga za kasnije proširivanje funkcionalnosti radi podrške projektovanja perzistentnog sloja.

##### 3.1.1 Režimi rada editora

Pri pravljenju dijagrama radi skiciranja poslovnih aplikacija moraju se ispoštovati određena ograničenja, poput zadavanja tipa atributa ili stereotipa klasa i metoda iz limitarnog skupa mogućih vrednosti definisanih EUIS DSL-om. Međutim, upotreba editora za neku drugu namenu donela bi neka druga ograničenja ili ukinulo postojeća. Da bi editor mogao ostati upotrebljiv i u drugim situacijama, ograničenja moraju biti fleksibilna.

Iz pomenutog razloga uvedeni su režimi rada editora. Za potrebe Kroki alata, radi se o dva režima, koji odgovaraju dvema primenama editora – modelovanju korisničkog interfejsa i perzistentnog sloja. Za svaki je specificirano koje funkcionalnosti su dostupne, kao i početni nazivi klasa, vrednosti njihovih stereotipa i sl.

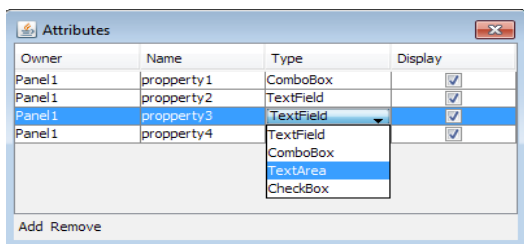
UI (*User Interface*) režim podrazumeva poštovanje određenih pravila, a elementi dijagrama i veze između njih imaju posebnu semantiku, navedenu u tabeli 3.1.

Element dijagrama klasa	Element skice
Klasa sa stereotipom <i>StandardPanel</i>	Standardni panel
Klasa sa stereotipom <i>ParentChild</i>	<i>Parent-child</i> panel
Paket	Poslovni podsistem
Atribut	Vidljivo obeležje
Metoda sa stereotipom <i>Transaction</i>	Transakcija
Metoda sa stereotipom <i>Report</i>	Izveštaj
Veza asocijacije između dve klase sa <i>StandardPanel</i> stereotipom	<i>Next</i> i <i>Zoom</i> mehanizmi
Uloga na krajevima asocijacije	Labele komponenti
Veza asocijacije između klase sa <i>ParentChild</i> stereotipom i druge klase	Uspostavljanje hijerarhijske strukture

Tabela 3.1 Mapiranje elemenata dijagrama klasa na elemente skice

Formiranje skica na navedeni način obuhvata dodavanje i povezivanje panela (standardnih ili *parent-child*), predstavljenih klasama sa odgovarajućim stereotipovima. Drugi elementi, dostupni u punom režimu editora, kao što je interfejs ili bilo koja veza izuzev asocijacije, ne bi smeli biti na raspolaganju korisniku. Imajući spomenuto u vidu, svi nepotrebni elementi su uklonjeni sa palete u ovom režimu rada editora.

Klase pri kreiranju dobijaju nazive koji odgovaraju njihovoj semantici - sa prefiksom "Panel". Takođe, menjanje svojstava elemenata i veza ne može se vršiti potpuno slobodno. Svako obeležje koje može dobiti samo vrednost iz nekog ograničenog skupa se podešava izborom putem *comboBox*-a. Osobine elementata koje imaju unapred poznate vrednosti se uopšte ni ne mogu specificirati. Radi se o, recimo, vidljivosti atributa ili metode. Radi demonstracije pomenutog, na slici 3.2 je prikazan dijalog za unos atributa.



Slika 3.12 Dijalog za unos atributa

### 3.1.2 Skiciranje upotrebom editora klasa

Editor se, u UI režimu rada, može koristiti radi skiciranja na još jedan, potencijalno brži način. Kreiranje paketa može se vršiti ne samo akcijama nad stablom, nego i dodavanjem odgovarajućih elemenata na dijagram. Na ovaj način se struktura poslovnog sistema može definisati znatno brže. Naime, svaki paket dobija pridruženi dijagram, čijim punjenjem se ažurira njegov sadržaj.

Klase odgovaraju panelima, dok je stereotipovima definisano o kojoj se tačno vrsti radi. Atributi klasa mogu se posmatrati kao elementi korisničkog interfejsa, gde tip definiše tip komponente, a naziv labelu. Metode, u zavisnosti od svog stereotipa, odgovaraju pozivima izveštaja i transakcija, a ukoliko poseduju parametre, prilikom njihovog poziva se vrši prikaz forme za unos parametara.

Između klasa mogu se uspostavljati veze, što odgovara inicijalizaciji *Zoom* i *Next* mehanizama ili uspostavljanju hijerarhije. Dva standardna panela mogu biti povezana samo *one-to-many* vezama, pri čemu se na osnovu kardinaliteta na krajevima asocijacije određuje mehanizam (*Next* ili *Zoom*), za svaki od učesnika, te se na panele dodaju odgovarajuće komponente (*link* na jedan i *comboBox* sa primenjenom *combozoom* transformacijom na drugi), a njihova obeležja relevantna za povezivanje automatski podešavaju. Uloge u okviru veze definišu labelu odgovarajućih komponenta korisničkog interfejsa, a ciljni paneli se postavljaju na osnovu povezanih klasa. Kardinalitet se sme menjati, ali se forsira zadržavanje iste vrste veze. Raskidanjem veze između klasa uklanja se i svaki trag njihovog postojanja na panelima, čime se dobija kako na brzini rada, tako i smanjenju rizika od pravljenja greške. Brisanje klase dovodi do brisanja odgovarajućeg panela, ali i do raskidanja svih postojećih veza. Dakle, ne može se desiti ni da zaostane komponenta koja bi aktivirala nepostojeći panel i slično.

*Parent-child* paneli mogu imati učešće samo u *one-to-one* vazama sa drugim *parent-child* ili standardnim panelima, pri čemu se formira hijerarhijska struktura. Kao i kada je reč o vezama između dva standardna panela, vrednosti relevantnih obeležja, u ovom slučaju svojstava hijerarhije, se automatski postavljaju i korisnik je rasterećen te brige. Radi se o ciljnom panelu, koji zavisi od panela na drugoj strani veze, kao i roditeljskoj hijerarhiji u slučaju da je u pitanju panel koji se nalazi na višem nivou u hijerarhiji. Takođe, stereotip veze se automatski postavlja tako da jasno ukazuje na nivo hijerarhije na kom se dati panel nalazi. Prvopovezani će biti na prvom nivou, drugi na drugom itd.

### 3.2 Prikaz dijagrama skiciranih poslovnih sistema

Svaka skica se, bez obzira na način kreiranja, može prikazati u okviru editora dijagrama klasa. Tom prilikom se vrši automatsko raspoređivanje elemenata, kako bi rezultujući dijagram bio što pregledniji. Trenutno je podržan samo jedan algoritam, ali je u narednim verzijama editora planirana implementacija novih, uz eventualno nuđenje korisniku više alternativa. Nakon otvaranja, dijagram je moguće menjati na istovetan način kao i pri kreiranju. Omogućen je prikaz čitavog sadržaja *workspace*-a, kao i pojedinačnih projekata.

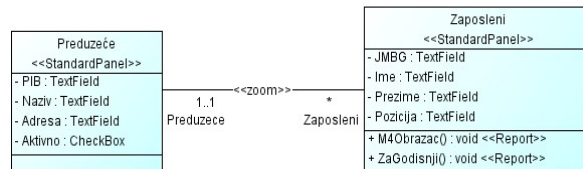
Pre samog raspoređivanja, neophodno je kreirati odgovarajuće elemente dijagrama i uspostaviti veze između njih. Nazivi i stereotipovi klasa, kao i atributi i metode koje sadrže se izvode na osnovu elemenata UML profila koji se is crtavaju, dok se veze formiraju pronalazanjem i analiziranjem *Zoom*, *Next* i *Hierarchy* obeležja. Da bi se između dva standardna panela uspostavila bidirekciona veza, potrebno je da jedan poseduje *Zoom* čiji je aktivacioni panel jednak odredišnom za *Next* drugog panela.

Po kreiranju, elementi se raspoređuju u stabla, uz oslonac na *open source* projekat *abego TreeLayout* [4]. Algoritam koji se koristi jeste proširenje *Walker*-ovog algoritma za crtanje stabala proizvoljne veličine. Optimalne pozicije čvorova stabla izračunavaju se na osnovu njihovih veličina i veza u kojima učestvuju, pri čemu se garantuje da se veze neće presecati, da će čvorovi na istom nivou biti na minimalnom horizontalnom rastojanju, te da će stabla biti simetrična [5]. Projekat *abego TreeLayout* dozvoljava i specificiranje više aspekata raspoređivanja, poput razmaka između redova ili minimalnog rastojanja elemenata, pozicije korenskog čvora i poravnanje manjih čvorova u okviru nivoa (na sredini, vrhu ili pri dnu). Na osnovu izračunatih optimalnih pozicija koje se preuzimaju kao rezultat rada algoritma se dalje postavljaju lokacije elemenata na dijagramu. Na jednom dijagramu može se nalaziti više stabala, ukoliko nisu između svih panela uspostavljene veze, kada se i ona sama raspoređuju prema definisanim kriterijumima (prvo veća i sl.).

Algoriam ima izuzetno dobre performanse, ali se izbegavanje presecanja komplikuje ako postoje veze između elemenata koji se ne nalaze na susednim nivoima u hijerarhiji. Naime, jedan element se može nalaziti na samo jednom mestu na dijagramu, te se ne može uvek jednoznačno mapirati na jedan čvor stabla. Presecanje veza izazvano opisanim problemom se, međutim, može prevazići upotrebom prečica, posredstvom kojih se elementi mogu višestruko javiti unutar jednog dijagrama. Brisanjem prečica se ne raskidaju veze, već samo prevezuju na drugu, tako da korisnik pri eventualnom kasnijem samostalnom organizovanju dijagrama nije ni na koji način sputan.

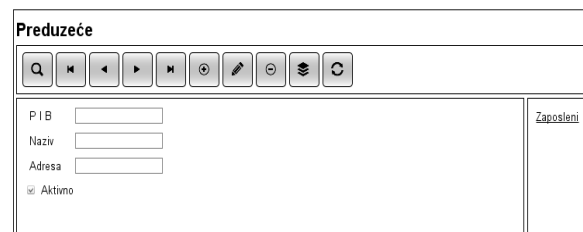
### 4. PRIMERI SKICIRANJA I AUTOMATSKOG RASPOREĐIVANJA

U predstojećoj sekciji biće demonstrirano kreiranje panela preko dijagrama klasa, kako standardnih, tako i *parent-child*, ali i prikazan dijagram dobijen nakon kreiranja skica na neki od drugih raspoloživih načina. Na slici 4.1 prikazan je dijagram koji obuhvata dve povezane klase - "Preduzeće" i "Zaposleni".



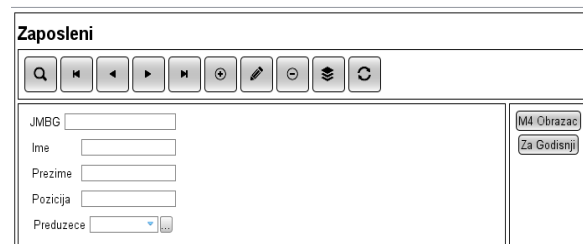
Slika 4.1 Primer jednostavnog dijagrama klasa korisničkog interfejsa

Primećuje se da obe klase imaju stereotip *StandardPanel*, čime je označeno da reprezentuju standardne panele. Uočava se da su krajevi asocijacije imenovani, i radi se o nazivima "Preduzeće" i "Zaposleni". Na slici 4.2 prikazana je standardna forma koja je kreirana na osnovu klase "Preduzeće".



Slika 4.2 Standardna forma "Preduzeće"

Klasa "Preduzeće" ima tri atributa čiji je tip *TextField*, koji označava tekstualno polje. Na slici 4.2 uočavaju se upravo tri komponente odgovarajućeg tipa, čije se labelle poklapaju sa nazivima atributa. Četvrti atribut je tipa *CheckBox*, koji označava polje za čekiranje, koje se takođe nalazi na panelu. Posmatrana klasa se nalazi na 1..1 strani veze, te rezultujuća forma ima i *link* komponentu, preko koje je povezana sa formom "Zaposleni", koja je prikazana na slici 4.3. Labela komponente je dobijena na osnovu naziva kraja asocijacije.

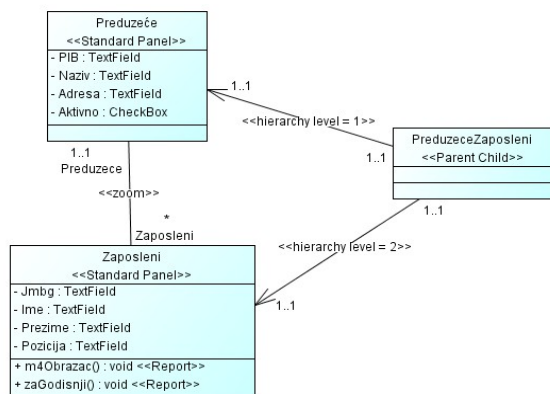


Slika 4.3 Standardna forma "Zaposleni"

Forma ima četiri tekstualna polja, ali i *combozoom* komponentu koja je nastala kao posledica nalaženja odgovarajuće klase na "više" strani asocijacije, gde se

na drugoj strani nalazi klasa “Preduzeće”. Labela komponente je i u ovom slučaju dobijena na osnovu naziva kraja asocijacije. Specifičnost ove klase jesu i dve metode, sa stereotipom *Report*. Posledica njihovog kreiranja jeste dodavanje komponenata tipa *Report* (izveštaj) na panel, čije su labela izvedene na osnovu naziva odgovarajućih metoda.

Na slici 4.4 je prikazan dijagram korisničkog interfejsa u kome se javlja jedan *parent-child* panel, povezan sa dva prethodno definisana standardna, a na slici 4.5 rezultujuća forma.

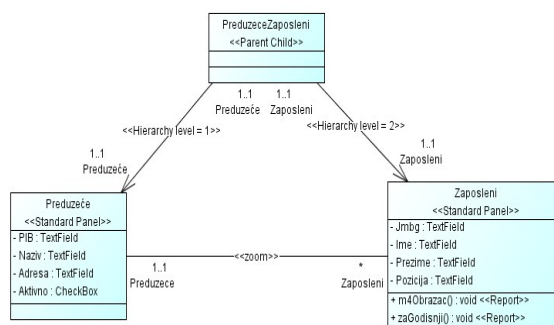


Slika 4.4 Dijagram korisničkog interfejsa u kome se javlja jedan *parent-child* panel

Slika 4.5 *Parent-child* forma “Preduzeće Zaposleni”

Klasa “PreduzećeZaposleni” sa stereotipom *ParentChild*, povezana je sa dva standardna panela, koja su već bile analizirana. Na osnovu stereotipa veze se može videti na kom se nivou hijerarhije nalazi svaki od dva panela. Dakle, “Preduzeće” se nalazi na prvom, a “Zaposleni” na drugom.

Na slici 4.6 prikazan je dijagram klasa nastao na osnovu skice kreirane preko Kroki editora formi koja obuhvata *parent-child* formu “Preduzeće Zaposleni” sa dvonivovskom hijerarhijom.



Slika 4.6 Dijagram korisničkog interfejsa u kome se javlja jedna *parent-child* panel

## 5. ZAKLJUČAK

Kroki alat za skiciranje poslovnih aplikacija namenjen je korisnicima različitih nivoa znanja i uloga u izradi projekata, pa je bitno postojanje više pogleda na skiciranu aplikaciju. Proširenjem alata grafičkim UML editorom uveden je jedan novi pogled, nudeći alternativni, potencijalno brži način rada stručnim korisnicima. Zahvaljujući različitim režimima rada editora, olakšano je modelovanje korisničkog interfejsa i smanjena verovatnoća pravljenja grešaka. Skice formi kreirane u okviru dizajnera formi se mogu prikazati i menjati u okviru implementiranog UML editora (i obrnuto), pri čemu se elementi raspoređuju na način pogodan za korisnika, uz oslonac na algoritme za automatsko raspoređivanje.

Prilikom razvoja, vođeno je računa i o postavljanju podloge za naknadna proširenja:

- Za modelovanje perzistentnog sloja,
- Za podršku drugih načina automatskog raspoređivanja elemenata dijagrama.

## 5. LITERATURA

- [1] G. Milosavljević, Prilog metodama brzog razvoja adaptivnih poslovnih informacionih sistema, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2010.
- [2] B. Perišić, G. Milosavljević, I. Dejanović, B. Milosavljević, UML Profile for Specifying User Interfaces of Business Applications. Computer Science and Information Systems, Vol. 8, No. 2, 405-426. (2011)
- [3] I. Cverdelj – Fogaraši, R. Vaderma, M. Jokić, R. Molnar. Projekat iz predmeta Projektovanje softvera, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2012
- [4] Udo Borkowski *abego TreeLayout - Efficient and Customizable Tree Layout Algorithm in Java* <http://code.google.com/p/treelayout/>
- [5] Buchheim C, Jünger M, Leipert S. Drawing rooted trees in linear time. Software—Practice and Experience 2006; 36(6):651–665

# SISTEM INTEGRACIJA PRIMENOM APACHE CAMEL PLATFORME

## SYSTEM INTEGRATION USING APACHE CAMEL PLATFORM

Željko Vuković<sup>1</sup>, Nikola Milanović<sup>1</sup>, Dušan Okanović<sup>1</sup>  
*Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Obimne promene poslovnih sistema koje uključuju pojavu novih poslovnih funkcija ili čak novih delatnosti, praćene su pribavljanjem novih softverskih rešenja. Vremenom delovi informacionog sistema mogu postati međusobno nekonzistentni. Njihova integracija je proces koji zahteva premošćavanje tehničkih i semantičkih razlika. Razvoj integracionih rešenja može se osloniti na ustaljene integracione šablone, a praktična realizacija olakšana je primenom gotovih alata.

**Abstract** - Large changes of an enterprise that include introduction of new business functions are followed by acquisition of new software solutions. In time, parts of the enterprise information systems may become inconsistent with each other. Their integration is a process that requires overcoming of technical and semantic differences. When developing integration solutions, one can rely on common integration patterns, while implementation is aided by use of available tools.

### 1. UVOD

Informacioni sistemi rastu prateći razvoj poslovnog sistema ili institucije koji podržavaju. Uz otvaranje novih organizacionih struktura i kreiranje novih poslovnih funkcija dolaze i nova softverska rešenja koja čine njihov rad efikasnijim. Problem nastaje kada novi delovi informacionih sistema nisu sinhronizovani sa postojećim. Na primer, može se desiti da neki podaci moraju biti ručno uneti na više mesta u sistemu. Naknadne izmene tih podataka u nekom delu sistema mogu dovesti do toga da podaci u različitim softverskim paketima ne budu međusobno konzistentni. Posledice ovakvih problema mogu biti katastrofalne – od gubitka profita do ozbiljnog narušavanja zdravstvenog stanja ukoliko se radi o medicinskim ustanovama (to je jedan od razloga zašto će vas lekari svaki put iznova pitati na koje ste lekove alergični, iako na prvoj stranici vašeg kartona piše velikim crvenim slovima nešto poput “CAVE BACTRIM!”), ili zašto se krvna grupa proverava nakon svakog davanja u zavodu za transfuziju).

Ovakvi problemi mogu se rešiti na više načina. Sistemi sa niskim nivoom razvijenosti mogu izabrati da ih ignorišu i prihvate eventualne posledice. Sa druge strane, sistemi koji imaju želju za rastom i napretkom, moraju naći načina da prevaziđu ove probleme, a da to ne uključuje potrebu da, na primer, prilikom svake narudžbine tri različita službenika iz tri sektora tog preduzeća zovu klijenta kako bi proverili da li je u međuvremenu promenio adresu.

Druga mogućnost je pribavljanje ili razvijanje sveobuhvatnog softverskog rešenja, uz napuštanje svih postojećih. Postavlja se, međutim, pitanje ekonomske isplativosti

takvog postupka, naročito ukoliko su prethodna ulaganja u delove informacionog sistema značajna. Možda još važnija je činjenica da je postojeći softver u upotrebi godinama, čime je maksimalno testiran, rukovodioci su sigurni u njegovu pouzdanost, a korisnici efikasni u njegovom korišćenju. Pred razvojni tim novog, sveobuhvatnog rešenja, stavlja se težak zadatak, jer je neophodno parirati ili nadmašiti performansu svakog od postojećih delova, od kojih je svaki usko specijalizovan za jednu oblast. Iz ovih razloga, veliki poslovni sistemi se retko odlučuju da napuste postojeća, oprobana softverska rešenja.

Umesto toga, moguće je sprovesti proces integracije poslovnog informacionog sistema. Cilj ovakve integracije je da omogući da različita postojeća softverska rešenja mogu da funkcionišu kao celina. Pretpostavka je da delove sistema koji se integrišu nije moguće menjati, da su oni heterogeni i disparatni. Očekivani rezultat je interoperabilnost različitih delova sistema, deljenje podataka bez gubitka integriteta i odavanje utiska korisniku da se radi o celovitom rešenju. Dodatna pogodnost je što integracija ne mora biti ograničena na unutrašnju organizaciju poslovnog subjekta, već kao ravnopravni delovi u njoj mogu učestvovati i softverski sistemi organizacija sa kojima on saraduje.

Poslovna integracija omogućava primenu strategije slabe povezanosti (loose coupling) informacionog sistema i na najvišem nivou. Time se dobija mogućnost izbora komponenti koje najviše odgovaraju datim zahtevima, kao i njihovog kasnijeg održavanja ili zamene drugom komponentom, bez uticaja na ostatak sistema. Sve što je neophodno je podržati pogodan interfejs date komponente na mestu njene integracije. Osim povezivanja i deljenja podataka, integracija omogućava i deljenje poslovnih procesa i njihovo izvršavanje na onom delu sistema koji je najpogodniji za to.

Iako donosi mnoge pogodnosti, integracija nije jednostavan proces i nosi sa sobom niz novih problema, koji zahtevaju rešavanje. Različiti softverski paketi mogu čuvati podatke na različit način i u različitim formatima. Uzmimo za primer sinhronizaciju podataka o nekom radniku. Na jednoj strani, sistem za upravljanje resursima kompanija je zakupila kao servis u oblaku. Na drugoj strani, imamo softver za obradu ličnih dohodaka. Prvi zadatak je dobiti podatke sa ove dve strane, od kojih ih jedna čuva u NoSQL bazi podataka i nudi kao web servis, a druga je razvijena na COBOL-u i čuva ih u datoteci. Prva čuva tekstualne vrednosti kao UTF-8, a druga kao EBCDIC. Pored ovakvih, tehničkih razlika, javljaju se i semantičke. Prva strana čuva ime, prezime, devojačko prezime, srednje slovo i titulu kao odvojena polja, dok druga sve ovo objedinjuje u jedno polje. Navedeni primer

semantičkog konflikta samo je jedan u nizu razlika koje se javljaju pri čuvanju podataka o istim osobinama entiteta, a još neki su: reprezentacija vremenskih odrednica, raspoloživi identifikatori, itd. Neki semantički konflikti proizlaze i kao posledica kulturoloških razlika, različitih poslovnih politika, navika i drugih faktora.

Takođe, neophodno je da integraciono rešenje zadovolji i sve nefunkcionalne zahteve, kao i da ne naruši ispunjavanje nefunkcionalnih zahteva pojedinačnih komponenta.

## 2. INTEGRACIONI STILOVI

Postoji više načina na koji integracija može biti izvršena. Koji od raspoloživih stilova će biti primenjen zavisi od toga koliko konkretan integracioni scenario odgovara prednostima i manama koje neki stil nosi. Ukoliko problem to zahteva, stilovi se mogu i kombinovati. Grubo se mogu podeliti na sledeći način:

**Deljene datoteke** – dve ili više aplikacija koriste istu datoteku u koju će pisati i iz koje će čitati. Uspostavlja se protokol o tome kada koja aplikacija piše u koju datoteku, kada koja čita i koja aplikacija je odgovorna za eventualno brisanje privremenih datoteka.

**Deljena baza podataka** – aplikacije koriste istu bazu podataka i na taj način poseduju identične podatke, ili se baze podataka svake od aplikacija nekim drugim putem usklađuju, uz vođenje računa o očuvanju integriteta.

**Udaljeni pozivi** – aplikacije omogućavaju pozivanje određenih svojih funkcija od strane drugih aplikacija, pri čemu ti pozivi mogu teći preko mreže. Time ostvaruju sinhronu komunikaciju u realnom vremenu.

**Razmena poruka** – aplikacija šalje poruku na određenom komunikacionom kanalu. Druge aplikacije mogu primiti tu poruku osluškujući kanal. Komunikacija može teći asinhrono. Između zainteresovanih strana može postojati kompleksna infrastruktura koja omogućava preusmeravanje, transformaciju i upravljanje porukama.

**Semantička integracija** – na osnovu meta-podataka o sistemima (dobijenih direktnim publikovanjem od strane tih sistema, anotiranjem modela sistema, leksičkom analizom artifakata sistema) moguće je izgraditi ontologije koje omogućavaju u manjoj i ili većoj meri automatizovano sprovođenje integracije.

## 3. INTEGRACIONI ŠABLONI

Prilikom dizajniranja integracionih rešenja, od velike pomoći su znanja sakupljena i dokumentovana u integracionim šablonima. Kolekcija od 65 šablona, koji formiraju jezik šablona, publikovana u [1] predstavlja odlično polazište, ali i industrijski standard na ovom polju. Primer grafičke notacije za predstavljanje ovih šablona dat je na Slici 1. Fokus šablona je na rešenjima koja se realizuju asinhronom razmenom poruka. Svaki šablon praćen je primerom, obično u .NET, JMS ili Microsoft BizTalk okruženju, čija je svrha lakše i potpunije razumevanje izloženog rešenja. Pored samih šablona, knjiga obiluje korisnim savetima iz prakse.

Šabloni mogu biti podeljeni na one koji se bave komunikacionim kanalima, konstrukcijom poruka, rutiranjem poruka, njihovoj transformaciji, one koji određuju na koji način se aplikacije uvezuju u integraciono rešenje (messaging endpoints), uključujući omogućavanja učešća u integracionom rešenju aplikacija koje nisu predviđene za razmenu poruka i one koji se bave upravljanjem integracionim rešenjem u eksploataciji.

**Message Endpoint** predstavlja mesto na kom se aplikacija povezuje sa komunikacionim kanalom putem kojeg može da šalje i prima poruke.

**Message Router** omogućava da pristigle poruke budu prosledene različitim filterima, tj. komponentama u zavisnosti od nekog uslova (sadržaja poruke, vremena pristizanja, ...)

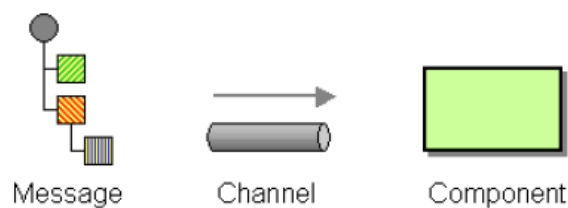
**Message Translator** šablon omogućava ostvarivanje komunikacije između sistema koji koriste različite formate podataka.

**Request-reply** šablon bavi se načinima na koji aplikacija može dobiti odgovor na poslatu poruku, ukoliko se između nje i primaoca nalazi kompleksna infrastruktura.

**Aggregator** omogućava objedinjavanje poruka primljenih iz različitih izvora.

**Resequencer** ponovo uspostavlja redosled poruka koji je narušen tokom obrade (zbog problema sa mrežom, različite dužine obrade i slično).

**Normalizer** je kompozitni šablon koji primljene poruke velikog broja različitih formata prevodi u jedan format. Sastoji se od Content-based Router-a, koji svaku poruku šalje na pogodan Translator.



Slika 1. Osnovna grafička notacija korišćena u [1]

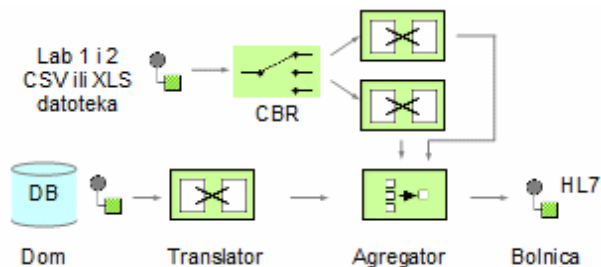
## 4. PRIMER INTEGRACIONOG REŠENJA

### 4.1 Integracioni scenario

Dom za negu starih lica poseduje informacioni sistem zasnovan na komercijalno raspoloživom softverskom paketu. Klijenti ove ustanove upućuju se u lokalnu bolnicu na redovan godišnji pregled. Za potrebe pregleda urađene su analize krvi u dve različite laboratorije. Jedna je rezultate poslala kao CSV, a druga kao XLS datoteke. Podatke o svakoj osobi, koji se nalazi u bazi podataka potrebno je spojiti sa rezultatima analiza i poslati bolnici



u obliku HL7 poruka (HL7 je standard u domenu informacionih sistema zdravstvene zaštite), poput one koja je prikazana na Listingu 4. Podaci se šalju bolnici samo ukoliko rezultati analiza sadrže abnormalne vrednosti za koje je potrebna analiza specijaliste. Šema scenarija prikazana je na slici 2.



Slika 2. Integracioni scenario sa korišćenim šablonima

## 4.2 Apache Camel kao korišćeni alat

Apache Camel je framework namenjen integraciji, koji velikim delom predstavlja implementaciju integracionih šablona. Jezik šablona koji je oformljen u [1] formalizovan je u Camel-u. Framework je modularan, plagabilan, otvoren (pod Apache licencom), sa dobrom podrškom aktivnih korisnika i dobrim resursima za učenje, poput [2]. Može raditi samostalno, biti ugrađen u druge aplikacije ili framework-e, izvršavati se u okviru aplikativnih servera ili koristiti njihove usluge (JBoss, Tomcat, Spring, MINA, ...). Camel nije zamišljen kao Enterprise Integration Bus.

Razvoj integracionog rešenja u Camel-u sastoji se od izgradnje ruta koje povezuju različite Camel komponente: Endpoint, Processor, Producer, Consumer, Message Translator, itd. Rute se specificiraju u jednom od raspoloživih internih DSL-ova: Java, Spring, Blueprint, Groovy, Scala. Usvojeno je načelo *konvencija umesto konfiguracije* – za svaku komponentu podrazumevana su podešavanja koja odgovaraju najvećem broju slučajeva korišćenja. Ukoliko je potrebno promeniti neke od parametara, to se može učiniti u okviru URI-ja kojim se komponenta i identifikuje.

Za velik broj formata na raspolaganju su komponente koje vrše konverziju iz jednog formata u drugi kada je to potrebno. Za formate koji nisu podržani, kao i za podržavanje poslovne logike koja se ne može drugačije realizovati, moguće je razviti potrebne komponente koje se zatim lako koriste u okviru integracionog rešenja. Komponente mogu implementirati neki od Camel interfejsa ili biti realizovane kao bean-ovi, kako bi mogle biti korišćene i van Camel-a. U drugom slučaju, ponekad je potrebno poštovati određene konvencije.

Camel poseduje sopstveno okruženje za testiranje razvijenih rešenja, bazirano na JUnit. Ono uključuje i gotove mockup komponente, logere, kao i alate za praćenje i

presretanje poruka. Na raspolaganju su i alati za upravljanje radom rešenja u eksploataciji.

## 4.3 Implementacija

Rešenje je implementirano upotrebom Java DSL-a. Podaci dobijeni od laboratorija stižu kao datoteke CSV ili XLS formata u RESULTS\_INBOX direktorijum. Za njihovo čitanje koristi se File komponenta Camel-a. Čim neka datoteka pristigne u navedeni direktorijum, ona biva pročitana i pretvorena u Camel poruku. File komponenta zatim premešta datoteku u drugi folder i označava je kao obrađenu. Zatim se upotrebljava Content-based Router i na osnovu tipa datoteka (koji se utvrđuje iz zaglavlja poruke), poruka se dalje šalje na rutu za obradu datog tipa. Deo Camel rute za čitanje datoteka i rutiranje na osnovu tipa prikazan je na listingu 1.

```

1 from("file:" + RESULTS_INBOX)
2 .routeId("file")
3   .choice()
4     .when(header("CamelFileName")
5       .endsWith(".xls"))
6       .to("direct:XLSTestResults")
7     .when(header("CamelFileName")
8       .endsWith(".csv"))
9       .to("direct:CSVTestResults");
    
```

Listing 1. Čitanje datoteka i prosleđivanje na obradu

Za čitanje iz baze podataka korišćena je SQL Camel komponenta, kao što je prikazano na Listingu 2. Prilikom zadavanja upita za SQL komponentu, moguće je koristiti imenovane parametre. Naziv imenovanog parametra navodi se iza kombinacije znakova #, a njegova vrednost biće pronađena u zaglavlju poruke. Potrebno je prvo na osnovu imena, prezimena i datuma rođenja (što su podaci raspoloživi u laboratorijskim rezultatima) pronaći primarni ključ *Z\_PF* u tabeli *PFLEGEBED*. Vrednost ovog ključa postavlja se u zaglavlje poruke upotrebom procesora *MapBodyToHeader*. Svrha ovog procesora je da jedan red tabele dobijen od SQL komponente mapira u zaglavlje tako što će kreirati parametar zaglavlja sa nazivom jednakim nazivu kolone i vrednošću jednakoj vrednosti u bazi. Vrednost ključa *Z\_PF* prosleđuje se uskladištenoj proceduri koja prikuplja podatke o pacijentu iz raznih tabela i smešta ih u jedan red tabele *Export*.

```

1 from("direct:loadDb").routeId("Database")
2 .process(new PatientHeaders())
3 .to("sql:" + makePatientQuery())
4 .process(new FirstItemToBody())
5 .process(new MapBodyToHeader())
6 .to("sql:exec [dbo].[ExportiereDebitor_Event]
7   :#Z_PF ?dataSource=db")
7 .setBody(simple(""))
8 .to("sql:select top(1) * from
9   [DemoDBVivAmbulant].[dbo].[Export] where
10  Pflgebed_Z_PF = :#Z_PF ?dataSource=db")
9 .process(sqlToBean);
    
```

Listing 2. Pronalazak i čitanje iz baze podataka

Dobijeni podaci pretvoreni su u objektni model upotrebom za tu namenu izrađenog procesora. Podaci iz laboratorije i opšti podaci o klijentu spajaju se primenom agregatora, kao što je prikazano na Listingu 3. i zatim (ukoliko postoje rezultati sa vrednostima koje su van normalnih) prosleđuju komponenti koja dobijene POJO klase pretvara u HL7 objektni model, a zatim ga korišćenjem HAPI biblioteke konstruiše string u HL7 *pipe-and-hat* formatu i šalje ga bolnici.

```

1 from("direct:aggregate").routeId("aggregator")
2 .to("log:test?level=DEBUG&showHeaders=true")
3 .aggregate(header("idString"),
4   new EnrichPatientResults()).completionSize(2)
5 .process(new ResultsAlertToHeader())
6 .choice()
7   .when(header(ResultsAlertToHeader.HAS_ALERTS)
8     .isEqualTo(true))
9     .to(DIRECT_HOSPITAL);
10
11 from(DIRECT_HOSPITAL)
12 .process(new PatientBeanToHL7())
13 .to("mina2:tcp://localhost:333?sync=true
14   &codec=#hl7codec");

```

Listing 3. Agregacija i prosleđivanje ukoliko su rezultati abnormalni

Rešenje je razvijeno sa ciljem da prikaže jedan primer konkretne implementacije, ali i da omogući sagledavanje eventualnih mogućnosti za mesta čiji razvoj može biti automatizovan primenom neke od metoda inženjerstva upravljanog modelima u daljem istraživanju.

### 5. ARHITEKTURA ZA AUTOMATIZACIJU INTEGRACIJE

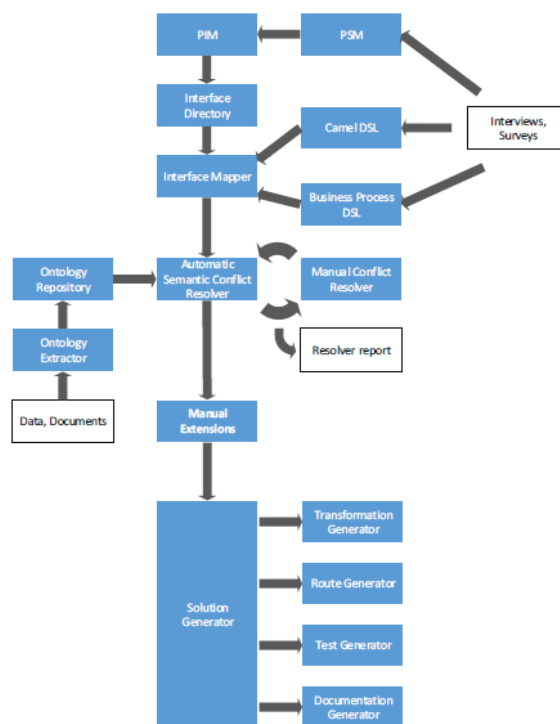
Izrada integracionog rešenja je kompleksan zadatak, koji je zahteva dug vremenski period i podložan je greškama. Ovo je potvrđeno i tokom izrade prikazanog primera, koji je relativno jednostavan i sadrži svega tri interfejsa. Kao i svako softversko rešenje, proces integracije počinje prikupljanjem zahteva od klijenata, koji su podložni promenama čak i u toku samog razvoja. Korišćenje inženjerstva vođenog modelima (Model Driven Engineering) moglo bi pomoći u ovim problemima. Dajemo jedan predlog arhitekture za automatizaciju integracije, prikazan na Slici 3. Arhitektura je data u idejnom obliku, bez konkretne implementacije.

Proces počinje prikupljanjem trenutnog stanja i na osnovu njega izgradnjom PSM (Platform Specific Model), inicijalne rute i modela poslovnih procesa. Jezici ja modelovanje korišćeni u ovoj fazi moraju biti razumljivi za ljude bliske domenu. Treba skrenuti pažnju na to da se ovde odstupa od uobičajene sekvence modela (CIM u PIM u PSM), obzirom da se kreće od već postojeće konkretne implementacije, koja se modeluje, a zatim se njen nivo apstrakcije podiže do CIM (Computational Independent Model) nivoa.

Anotirani CIM, definicije poslovnih procesa i opisi ruta prosleđuju se Interface Mapper-u, koji gradi inicijalno mapiranje interfejsa. Prilikom ovog mapiranja, neminov-

no će doći do semantičkih konflikata. Njihovo automatsko razrešavanje je zadatak Automatic Semantic Conflict Resolver (ASCR) komponente. Konflikti čije je razrešavanje neuspešno ostavljaju se za ručno razrešavanje. Nakon ručnog razrešavanja, ASCR će proveriti da time nisu izazvani novi konflikti. Nakon što se svi konflikti razreše, generiše se integraciono rešenje, praćeno dokumentacijom i testovima.

Za realizaciju ovog rešenja, mogao bi se upotrebiti EMF (Eclipse Modeling Framework). Apstraktna sintaksa Camel DSL-ova je već raspoloživa. Za konkretnu sintaksu, može se odabrati jedan od ranije pomenutih raspoloživih DSL-ova, pri čemu je za SpringDSL na raspolaganju i vizualizator koji koristi grafičku EIP notaciju. Za opis poslovnih procesa, mogao bi se koristiti BPMN (Businesses Process Modeling Notation).



Slika 3. Arhitektura za automatizaciju integracije

### 6. ZAKLJUČAK

Integracija poslovnih informacionih sistema je oblast koja zahteva veliku širinu znanja o najrazličitijim tehnologijama koje se mogu javiti kao primenljivane u razvoju strana koje se integrišu. Sama integracija je dobro razvijena oblast, sa velikim brojem raspoloživih tehnika, tehnologija i stilova. Takođe, ona je oblast koja je još uvek u razvoju i nudi velike mogućnosti u naučnoistraživačkom radu. Istražene su i predstavljene neke metodologije koje se koriste prilikom integracije poslovnih informacionih sistema, sa naglaskom na integraciju putem razmena poruka, uz korišćenje integracionih šablona (Enterprise Integration Patterns) Razvijeno je jedno rešenje koje se može koristiti kao primer za razumevanje konkretnog procesa integracije i koje je omogućilo da se uvide neki od problema koji se tom prilikom javljaju. Prikazano

rešenje takođe predstavlja osnovu za razmatranje mogućnosti unapređenja metodologije.

Od velikog značaja je nastavak razvoja na polju automatizacije procesa integracije primenom semantičkih metoda i inženjerstva upravljanog modelima. Veliki napredak na ovom polju prikazan je u radovima poput [3] i [4], ali potreban je dalji rad na automatskoj ekstrakciji znanja u obliku domenski specifičnih ontologija, kao i automatske analize kompozicionih konflikata i generacije integracionog koda, u koju svrhu već postoji naučno-istraživački projekat na Fakultetu tehničkih nauka.

```
1 MSH|^~\&|HCM|SAP|MedFolio|Nexus|
  20130218080959||MFN^M05|01166422|P|2.3||
  NP97I0|
2 MFI|LOC||||NE|
3 MFE|||||
4 LOC||||Martin-Luther-Krankenhaus^^
  0000010133|Casper-Theyß-Str.27-29^^
  Berlin^^14193^DE|030/8955-0~030/8955-
  5055|
5 MFE|||||
6 LOC||||Rettungsstelle^^0000010047|
  Stadtrandstr.555-
  662^^Berlin^^13589^DE|030/3702-
  0~030/3702-2000|
```

#### Odgovor:

```
1 MSH|^~\&|MedFolio|Nexus|HCM|SAP|
  20130826233743.528+0200||ACK^M05|501|P|
  2.3|
2 MSA|AA|01166422|
```

Listing 4. HL7 poruka i odgovor

## LITERATURA

- [1] Hophe G, Woolf B, „Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions“, Pearson Education, 2012.
- [2] Ibsen C, Anstey J, „Camel in Action“, Manning, 2011.
- [3] Agt H, Bauhoff G, Carlsburg M, Kumpe D, Kutsche R, Milanović N, „Metamodeling Foundation for Software and Data Integration“, 2010.
- [4] Agt H, Bauhoff G, Carlsburg M, Kumpe D, Kutsche R, Milanović N, Shtelma M, Widiker J, „Metamodels and Transformations for Software and Data Integration“, Technische Universität Berlin, 2010.

# UPOREDNI PRIKAZ TEHNOLOGIJA ZA PUSH NOTIFIKACIJE KORIŠĆENIH KOD ANDROID „PAMETNIH“ UREĐAJA COMPARATIVE REVIEW OF PUSH NOTIFICATION TECHNOLOGIES USED WITH ANDROID SMART DEVICES

Eleonora Milić, Milena Stanković, Dušan Jevtić

*Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu*

*Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu*

*Fazi D.O.O*

**Sadržaj** - U ovom radu predstavljena su istraživanja u oblasti tehnologija za implementaciju Push notifikacija kod Android „pametnih“ uređaja. Za upoređivanje korišćene su Android klijentske aplikacije i serverske aplikacije specijalizovane za dve različite tehnologije. Kao rezultat istraživanja predložena su rešenja u zavisnosti od potreba i mogućnosti sistema koji se realizuje. Napravljen je osvrt na konkretnu primenu rešenja kroz razvoj prototipa aplikacija, a prikazane su i prednosti i mane korišćenih tehnologija koje su otkrivene tokom realizacije.

**Abstract** - This paper presents the research in the field of technologies for implementation of Push notifications in Android "smart" devices. For comparison purposes were used the Android client applications and server applications specialized for two different technologies. As a result of the research are proposed solutions depending on the needs and capabilities of the system that is being implemented. It's made reference to a specific application of solution through the development of prototype applications, and there are shown the advantages and disadvantages of the technologies that were discovered during the implementation.

## 1. UVOD

*Push*, ili server *push*, opisuje jedan od načina komunikacije preko Internet-a gde je zahtev za transakciju iniciran od strane servera (dobavljača informacija). *Push* tehnologija predstavlja suprotnost u odnosu na *Poll* tehnologiju, gde je zahtev za komunikaciju iniciran od strane klijenta (primaoca informacija).

*Push* servisi funkcionišu tako što se klijent prepíše na informacione kanale obezbeđene od strane servera. Uvek kada je novi sadržaj dostupan na tim kanalima server „pogura“ te informacije klijentima.

*Email*, Sinhrono konferencije i *Instant messaging* su tipični primeri *push* servisa. *Chat* poruke i ponekad fajlovi šalju se korisniku čim dođu do *messaging* servisa.

*Long polling* sam po sebi nije pravi *push*. Predstavlja varijaciju tradicionalne *polling* tehnologije, ali omogućava emulaciju *push* mehanizma pod okolnostima gde pravi *push* nije moguć. Takva situacija je recimo kod sajtova gde bezbedonosne polise zahtevaju odbijanje dolaznih *HTTP/S* zahteva. Kod *Long polling*-a klijent zahteva informacije od servera isto kao kod normalnog *polling*-a, sem što šalje svoje *HTTP/S* zahteve u puno dužim vremenskim intervalima. Ukoliko server nema ni jednu novu informaciju za klijenta kada je *poll* primljen,

umesto da šalje prazan odgovor, server zadržava zahtev „otvorenim“ i čeka da informacija za odgovor postane dostupna. Kada se to desi server momentalno šalje odgovor klijentu i kompletira zahtev. Ovim putem uobičajno vreme koje treba da prođe između slanja zahteva i dobijanja odgovora je maksimalno umanjeno. Jedna od takvi tehnologija je i *XMPP* o kojoj će biti reči u nastavku [1].

*Push* notifikacije su veliku primenu našle kod mobilnih klijenata. One omogućavaju aplikaciji da obavesti korisnika o novim porukama ili događajima kada aplikacija nije aktivna na uređaju. Notifikacije mogu biti emitovane svim korisnicima, ako je u pitanju neka marketing kampanja, ili nekoj grupi korisnika u slučaju personalizovanih informacije [2]. Prednosti korišćenja *push* tehnologije u odnosu na *poll* kod mobilnih klijenata su brojne. Najbitnije su: ušteda baterije, smanjeno korišćenje Internet konekcije, mogućnost prijema poruke kada korisnik ponovo upali telefon, a poruka je poslata kada je on bio ugašen, itd. Naravno, vreme od slanja do prijema *push* notifikacije može varirati, u zavisnosti od serverske pozadine [3].

Tri najveća operativna sistema, specijalizovana za „pametne“ uređaje, koji imaju najbitniji udeo na tržištu „pametnih“ uređaja koriste *push* tehnologiju. *Google*-ov *Android* najviše upotrebljava *GCM* i *XMPP* (*Google Cloud Messaging* i *eXtensible Messaging and Presence Protocol*) za implementiranje *push* notifikacija. Odmah za *Android*-om procentualno najzastupljeniji je *Apple*-ov *iOS* i *APNS* (*Apple Push Notification Service*) notifikacije, dok *Microsoft*-ov *Windows Phone* koristi *MPNS* (*Microsoft Push Notification Service*) servis.

Problem na koji je orjentisan ovaj rad je kako napraviti serversku i klijentsku stranu za implementaciju i korišćenje *Push* notifikacija. Za klijenta je odabran *Android* uređaj, a na serverskoj strani je *ASP.NET MVC framework*. Potrebno je pronaći koji od dostupnih protokola, servisa, *cloud* servera, *RTC* servera i tehnologija pružaju najbolje performanse, najmanje opterećuju sam *Android* uređaj, najjednostavnije su za implementaciju i obezbeđuju notifikacije klijentima u što realnijem vremenu.

## 2. PREDLOŽENO REŠENJE

Na Kako bi se našlo najoptimalnije rešenje za implementiranje *real time Push* notifikacija na *Android* uređajima poredene su dve tehnologije. Jedna varijanta bila je implementiranje *Push* notifikacija pomoću *GCM*-a (*Google Cloud Messaging*) , a druga varijanta

korišćenjem *XMPP*-a (*eXtensible Messaging and Presence Protocol*).

### **GCM**

Po *Google*-ovoj dokumentaciji *GCM* je servis koji pomaže softverskim inženjerima prilikom slanja podataka sa servera *Android* aplikacijama i uređajima. Korišćenjem ovog servisa moguće je poslati podatke aplikaciji uvek kada su novi podaci dostupni, umesto stalnog slanja zahteva serveru i proveravanja da li ima novih podataka. Integrisanje *GCM*-a u aplikaciju poboljšava korisnikovo iskustvo i štedi bateriju na uređaju [4]. Notifikacije koje dobija *Android* uređaj najčešće su malog formata koje obaveštavaju uređaj da na serveru ima novih podataka za njega (npr. novi *email*), ili su to poruke do 4kb i nose konkretnu informaciju (recimo poruke koje razmenjuju korisnici kod *Instant messaging*-a). *GCM* servis opslužuje sve aspekte ubacivanja poruka u red i dostavljanja željenoj *Android* aplikaciji. Njegova implemenacija uključuje *Google provided connection* server, *cloud* server koji opslužuje željenu *Android* aplikaciju i klijentsku aplikaciju na *Android* uređaju na kojoj je dozvoljen *GCM* i korišćenje *Push* notifikacija [5].

Osnovne karakteristike *Google Cloud Messaging*-a (*GCM*) su:

- Omogućava serveru slanje poruka *Android* aplikacijama.
- Korišćenjem *GCM Cloud Connection Server*-a moguće je vršiti razmenu poruka između *Android* uređaja.
- Aplikacija na *Android* uređaju ne mora biti aktivna da bi notifikacije pristizale.
- Aplikacija ima punu kontrolu nad pristiglom notifikacijom i sama bira kako će da je obradi.
- Notifikacije funkcionišu na uređajima počevši od *Android 2.2*, koji u sebi imaju instaliranu *Google Play Store* aplikaciju.
- Koristi postojeću konekciju ka *Google* servisima. Na uređajima pre verzije *Android*-a 3.0 korisnici moraju imati podešen *Google* nalog na uređajima, od *Android*-a 4.0.4 to više nije potrebno.

### **XMPP**

Predstavlja skraćenicu od *Extensible Messaging and Presence Protocol*-a, koji je protokol za komunikaciju slanjem poruka u *XML* formi. Njegovo originalno ime bilo je *Jabber*, jer je razvijen od strane *Jabber open-source community*-a za *Instant messaging*. Prednost *XMPP*-a je ta što je decentralizovan i njegova arhitektura je slična *email*-u, u smislu što svako može da pokrene svoj *XMPP* server i ne postoji neki centralni, master server [6]. Implementacija *Push* notifikacija preko *XMPP*-a zahteva klijentsku aplikaciju na *Android* uređaju sa bibliotekom za *XMPP* konekciju, server koji opslužuje *Android* aplikaciju i *real time collaboration* server koji vrši razmenu poruka i može se izvršavati na bilo kom računaru.

Osnovne karakteristike *XMPP*-a su:

- Ostvaruje bidirekcionu vezu između *Android* klijenta i servera korišćenjem *real time collaboration* servera, u ovom slučaju *open source* rešenja koje pruža *Openfire* server.
- Kada se korisnik nalazi u *offline* modu poruke se čuvaju na *Openfire* serveru dok korisnik ne postane dostupan i tada se isporučuju *Android* uređaju na kome je prijavljen.
- Nije potrebno da *Android* uređaj ima instaliranu ni jednu dodatnu aplikaciju.
- *Android* uređaj se povezuje samo sa *Openfire* serverom, i nije potrebno povezivanje sa *Google*-ovim ili neki drugim servisima.
- *Push* notifikacije preko *XMPP*-a mogu biti implementirane na svim *Android* uređajima počev od *Android*-a 1.5 i naviše.

### **3. PRILAGOĐAVANJE REŠENJA KONKRETNIM POTREBAMA**

Iako najkorišćenija varijanta komuniciranja sa serverom, *Poll* sa svojim *HTTP request/response* stilom komunikacije nije optimalno rešenje kada treba da se poziva u kratkim intervalima kako bi se proverilo da li ima novih podataka i notifikacija. Potrebno je implementirati neko *data driven* rešenje, koje bi funkcionisalo u što realnijem vremenu i bilo skalabilno sa serverske strane gledano (u smislu da je moguće poslati notifikacije hiljadama instanci *Android* aplikacije za vreme mereno u sekundama).

Prvo pitanje koje se postavlja je kako se osnovi održava veza između klijenta i servera koji klijentu šalje *Push* notifikacije? *Android* ima mehanizam kojim šalje mali paket preko mreže (zvan „*heartbeat*“) na svakih *n* minuta kako bi izbegao *TCP connection timeout* i proveravao da li je konekcija i dalje aktivna. Ukoliko konekcija nije aktivna ona tim putem biva ponovo uspostavljena i *Android* uređaj je opet spreman za prijem notifikacija.

#### **GCM push notifikacije**

Kod implemenacije *Push* notifikacija korišćenjem *GCM*-a neophodno je realizovati serversku stranu aplikacije, klijentsku stranu na *Android* uređaju i povezati klijente i server sa *GCM connection* serverom. Prvi korak u kreiranju veze sa *GCM connection* serverom registrovanje aplikacije za korišćenje *GCM*-a pomoću *Google Cloud Console*-e. Za tako nešto neophodno je da se: kreira *Google API* projekat, dozvoli korišćenje *GCM* servisa za taj projekat i preuzme *API* ključ (*application id*) koji će se koristiti na serverskoj i klijentskoj strani za povezivanje sa *GCM connection* serverom [7].

Slanje *Push* notifikacija na serverskoj strani urađeno je pomoću *ASP.NET MVC Web API*-a, u programskom jeziku *C#*. Za prosleđivanje notifikacija *Android* klijentima i povezivanje sa *GCM connection* serverom na serverskoj strani aplikacije je korišćena *PushSharp server-side* biblioteka [8].

Za povezivanje sa *GCM cloud* serverom i prijem notifikacija na *Android* klijentu koristi se *gcm.jar* biblioteka. Što se tiče *Android* aplikacije ona mora da

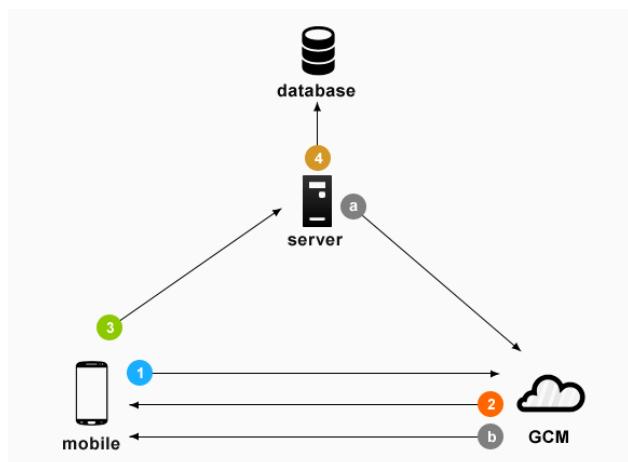
poseduje sledeće dozvole kako bi neometano komunicirala sa *GCM connection* serverom:

- *INTERNET* - za korišćenje Internet servisa.
- *ACCESS\_NETWORK\_STATE* - za detektovanje stanja mreže i Internet statusa.
- *GET\_ACCOUNTS* – *GCM-u* je neophodan Google-ov nalog.
- *WAKE\_LOCK* – za „buđenje“ uređaja kada stigne notifikacija.
- *VIBRATE* – da bi se omogućilo vibriranje uređaja kada notifikacija stigne.

*GCM push* notifikacije u načelu funkcionišu ovako:

- 1) Prvo Android uređaj šalje *sender id* i *application id* *GCM* serveru kako bi se registrovao za prijem notifikacija. Primer *application id*-a: „908543534“.
- 2) Nakon uspešne registracije *GCM* server šalje *registration id* Android klijentu. Primer *registration id*-a: „APA91bF9EqqUk4dt1GDUmgiOKY8I-7HLnlfMYMMAnwZJAnhNHcg“.
- 3) Zatim Android uređaj šalje *registration id* serveru.
- 4) Serverska strana aplikacije pamti *registration id* u bazu podataka radi kasnije upotrebe.

Svi *registration id*-evi za datu aplikaciju automatski se pamte na *GCM connection* serveru. Uvek kada je potrebno serverska strana aplikacije šalje poruku *GCM* serveru zajedno sa *registration id*-em klijenta kome je namenjena (a). *GCM connection* server isporučuje tu poruku Android uređaju pomoću dobijenog *registration id*-a (b) [5]. Komunikacija je ilustrovana na Slici 1 u nastavku.



Slika 1. *GCM push* notifikacije

### ***XMPP (Jabber) push* notifikacije**

Za implementiranje ove vrste notifikacija potrebno je kreirati sličnu arhitekturu kao kod *GCM*-a. Neophodna je serverska strana aplikacije, Android klijent i *OpenFire*

*open-source* server koji se povezuje sa serverskom i klijentskom stranom i vrši razmenu poruka između njih. Naravno, moguće je i povezati se sa serverom koji obezbeđuje *Google*, ili bilo kojim drugim koji podržava *XMPP*, ali odabrano je *open-source* rešenje koje se ne bi oslanjalo na „treću stranu“ i bilo što je moguće više dostupno softverskim inženjerima za upravljanje i administriranje. Glavna razlika je ta što se *OpenFire* server može instalirati na bilo kom računaru, tako da se može nalaziti i na računaru gde se izvršava serverska strana aplikacije. *OpenFire* je preko *web* pretraživača dostupan administratorima, koji mogu imati uvid u određene statistike vezane za *XMPP* saobraćaj, broj korisnika i slično, za razliku od *GCM* servera koji inženjerima nije dostupan za bilo kakvo administriranje li pregled. Vrlo je lak za konfigurisanje i povezivanje sa bazom podataka u kojoj će pamtili korisnička imena i lozinke registrovanih klijenata [9]. Takođe, aplikacija se ne mora registrovati da bi koristila *XMPP*, kao što je slučaj sa *GCM*-om. Dovoljno je registrovati serversku stranu aplikacije kao jedan nalog koji šalje notifikacije i svaki Android klijent mora imati svoj nalog kako bi primio te notifikacije.

Za slanje *Push* notifikacija na serverskoj strani korišćen je takođe *ASP.NET MVC Web API*-a, a *web* servisi pisani su u programskom jeziku *C#*. Kod prosleđivanje notifikacija Android klijentima i povezivanje sa *OpenFire* serverom na serverskoj strani aplikacije je korišćena *agsXMPP SDK*/ biblioteka [10].

Za konektovanje sa *OpenFire* serverom i prijem notifikacija na Android klijentu koristi se *asmack.jar* klijentska biblioteka, koja sadrži niz metoda i rutina za *XMPP* protokol. Da bi komunicirala sa *OpenFire connection* serverom Android aplikacija mora da poseduje sledeće dozvole:

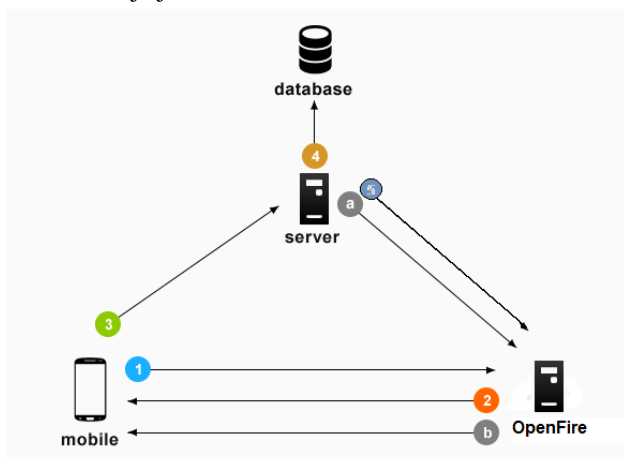
- *INTERNET* - za korišćenje Internet servisa.
- *ACCESS\_NETWORK\_STATE* - za detektovanje stanja mreže i Internet statusa.
- *WAKE\_LOCK* – za „buđenje“ uređaja kada stigne notifikacija.
- *VIBRATE* – da bi se omogućilo vibriranje uređaja kada notifikacija stigne.

*XMPP push* notifikacije funkcionišu po sledećem principu:

- 1) Prvo Android uređaj šalje *jabber id* i *jabber password* *OpenFire* serveru kako bi se registrovao za prijem notifikacija. Primer *jabber id* -a i *jabber password*-a: „androiduser“, „androidpassword“.
- 2) Nakon uspešne registracije *OpenFire* server šalje potvrdu Android klijentu o uspešnom registrovanju i klijent se prijavljuje na server.
- 3) Zatim Android uređaj šalje svoj *jabber id* serveru.
- 4) Serverska strana aplikacije pamti *jabber id* u bazu podataka radi kasnije upotrebe.
- 5) Posle toga serverska strana mora da registruje svoj nalog na *OpenFire* serveru i prijavi se sa

*jabber id* -em i *jabber password*-om kako bi mogla da šalje notifikacije klijentima. Primer *jabber id* -a i *jabber password*-a serverske aplikacije: "serveruser", "serverpassword" [11].

Svi nalozi automatski se pamte u bazi podataka kreiranoj od strane *OpenFire* servera. Kada za to postoji potreba serverska strana aplikacije šalje poruku *OpenFire* serveru zajedno sa *jabber id*-em Android klijenta kome je namenjena (a). *OpenFire* server isporučuje tu poruku Android uređaju pomoću dobijenog *jabber id* -a (b). Komunikacija je ilustrovana na Slici 2. u nastavku.

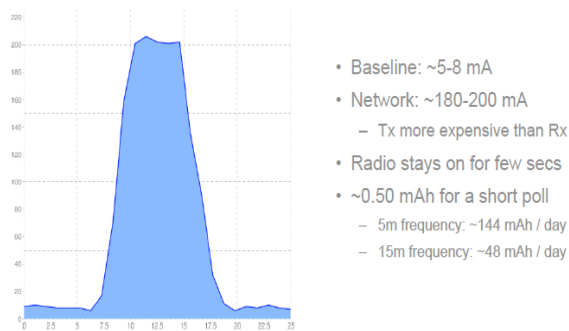


Slika 2. XMPP push notifikacije

#### 4. POREĐENJE REŠENJA

Nakon implementiranja ova dva mehanizma za *Push* notifikacije poređiće se uticaji na bateriju, vreme koje je potrebno da notifikacija stigne do uređaja i razne mogućnosti i ograničenja koja postoje kod *Push* tehnologija.

Android razvojni tim pri *Google*-u istraživao je na temu uticaja *Poll*-a na bateriju. Grafik je dat na Slici 3.



Slika 3. Uticaj *Poll*-ovanja na bateriju uređaja

Naravno da nema dileme da su od *Poll* mnogo efikasnije *Push* notifikacije obzirom da se izvršavaju u pozadini uređaja i na taj način omogućavaju aplikaciji da primi notifikacije. *Push* tehnologija koristi Internet konekcije samo kada je neophodno i obezbeđuje „sveže“ podatke sa manjim trošenjem baterije uređaja.

Poređenjem *GCM*-a i *XMPP*-a zabeleženo je sledeće:

- Problem sa *GCM*-om je taj što je neophodno konfigurisati serversku stranu aplikacije da komunicira sa eksternim *GCM* serverom. *XMPP* je druga varijanta za implementiranje *Push* notifikacija koja, za razliku od *GCM*-a, ne zahteva povezivanje sa eksternim serverima, jer *XMPP* server kao što je *OpenFire* može se izvršavati na istom računaru gde se nalazi i serverska strana aplikacije, a *GCM* je *cloud* server.
- Isto kao i kod *GCM*-a Android klijent i kod *XMPP*-a mora održavati perzistentu *TCP* konekciju sa svojim serverom i slati mu povremeno „*heartbeat*“. Kod *GCM*-a „*heartbeat*“ se šalje na svakih 28 minuta kod 2G, 3G i 4G veze i na 15 minuta preko *WiFi*-a, dok se kod *XMPP*-a šalje na svakih 5 minuta (ove vrednosti mogu se očitati sa Android uređaja ukucavanjem koda „\*##8255#\*##“).
- Zbog ovih intervala kod *GCM*-a može doći do kašnjenja prilikom isporučivanja notifikacija. Takođe, problem sa kašnjenjem može biti prouzrokovan time što su mnogi *WiFi* ruteri podešeni tako da ukoliko na nekoj *TCP* konekciji nema saobraćaja u periodu od 5 minuta veza se prekida (u ovom slučaju sa *GCM* serverom) i do sledećeg „*heartbeat*“-a neće biti uspostavljena i notifikacija neće stići Android uređaju.
- Jedna od prednosti *XMPP*-a je što se aplikacija ne mora registrovati preko *Google Cloud Console*.
- Jedna od najvećih mana kod *Google*-a je što ograničava broj notifikacija koje mogu biti poslate aplikaciji, dok kod *XMPP* -a ne postoji ograničenje vezano za broj notifikacija koje mogu biti poslate jednoj aplikaciji.
- Vreme od trenutka kad serverska strana preko *GCM* servera pošalje notifikaciju Android uređajima registrovanim za primanje tih notifikacija može biti od 1sekunde, pa naviše, jer to vreme u mnogome zavisi od *GCM* servera i na njega se ne može uticati. Što znači da ako su za potrebe neke aplikacije neophodne notifikacije u realnom vremenu *GCM* neće biti dobro rešenje.
- Na konkretnoj implementaciji korišćenoj u radu prosečno vreme za isporučivanje *Push* notifikacija do Android klijenta putem *GCM*-a bilo je najčešće oko 2 sekunde, dok je u najgorim slučajevima trajalo između 1 i 5 minuta. *XMPP* protokolu je najčešće bilo potrebno manje od 1 sekunde za isporučivanje notifikacija, a u najgorim slučajevima između 1 i 3 sekundi.

- Još jedna prednost u odnosu na *GCM* je ta što notifikacije stižu Android uređajima u realnom vremenu, pa zbog toga i mnogi servisi tipa *Gtalk* koriste *XMPP*.

Kada je u pitanju trošenje baterije kod *Push* varijanti na primeru baterije 1400mAh moglo se primetiti sledeće:

- U stanju mirovanja uređaj koji je povezan na 3G mrežu koristi aproksimativno 5mA.
- „*Hartbeat*“ nakon „buđenja“ uređaja dešava se na svakih 5 minuta (u najučestalijoj opciji kod *XMPP*-a), traje 3 sekunde i troši 300mA. Pošto se kod *GCM*-a „*hartbeat*“ dešava na svakih 15 i više minuta znači da će implementacija *Push* notifikacija preko *GCM*-a manje trošiti bateriju telefona od one realizovane preko *XMPP*-a.
- Samim tim na svaki sat utrošak baterije predstavlja sumu utroška u stanju mirovanja i utroška prilikom „*hartbeat*“-a, što je približno 8mAh.
- Baterija koja je korišćena za testiranje bi pri tom trajala 11,6 dana u stanju mirovanja, a 7,3 dana kada bi aplikacija za *Push* notifikacije bila aktivna. Naravno ovde nisu uračunati drugi uticaji na trošenje baterije koji se dešavaju u realnim uslovima.

## 5. ZAKLJUČAK

*GCM* i *XMPP* tehnologije su *open-source*, što znači da se stalno razvijaju i da ih prati dosta tehničke dokumentacije. Pored dokumentacije, *Push* notifikacije su tema mnogih diskusija na forumima, a postoji i dosta tutorijala koji u detalje objašnjavaju njihovu upotrebu. Za većinu inženjera možda i najbitnija prednost je ta što su *Push* notifikacije veoma pouzdane i daju dobre performanse u zavisnosti od potreba korisnika. Što znači da će u zavisnosti od zahteva koji oslikavaju potrebe date aplikacije biti odabrana i tehnologija za realizaciju *Push* notifikacija, naravno ukoliko se *Poll* varijanta ispostavi kao lošije rešenje u pogledu zahtevanih performansi i

utroška baterije.

## LITERATURA

- [1] *Push Technology*, 2013, decembar 2013. godine, [http://en.wikipedia.org/wiki/Push\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Push_technology)
- [2] *Android Push notifications*, decembar 2013. godine, <https://parse.com/tutorials/android-push-notifications>
- [3] Mike Willbanks, *Mobile: Push for Synch & Notifications*, 2011, ZEND/PHP Conference 2011, <http://www.slideshare.net/mwillbanks/mobile-push-notifications>
- [4] *Android Push Notifications using Google Cloud Messaging (GCM), PHP and MySQL*, 2012, decembar 2013.godine, <http://www.androidhive.info/2012/10/android-push-notifications-using-google-cloud-messaging-gcm-php-and-mysql/>
- [5] *GCM*, decembar 2013. godine, <http://developer.android.com/google/gcm/gcm.html>
- [6] *XMPP*, 2013, decembar 2013. godine, <http://en.wikipedia.org/wiki/XMPP>
- [7] *Createing Google API Project*, decembar 2013. godine, <http://developer.android.com/google/gcm/gs.html#create-proj>
- [8] *PushSharp*, 2013, decembar 2013. godine, <https://github.com/Redth/PushSharp/>
- [9] *OpenFire*, decembar 2013. godine, <http://www.igniterealtime.org/projects/openfire/>
- [10] *agsxmpp-sdk*, decembar 2013. godine, <http://www.ag-software.net/agsxmpp-sdk/>
- [11] *Building-XMPP-Client-using-Matrix-XMPP-SDK*, decembar 2013. godine, <http://www.codeproject.com/Articles/219418/Building-XMPP-Client-using-Matrix-XMPP-SDK>



# PROJEKAT „PAMETNA KUĆA“ PRIMENOM SOFTVERSKOG PAKETA LabVIEW

## „SMART HOUSE“ PROJECT USING SOFTWARE LabVIEW

Stefan Radivojević, Dušan Perišić, Davorin Mikluc  
*Vojna Akademija*

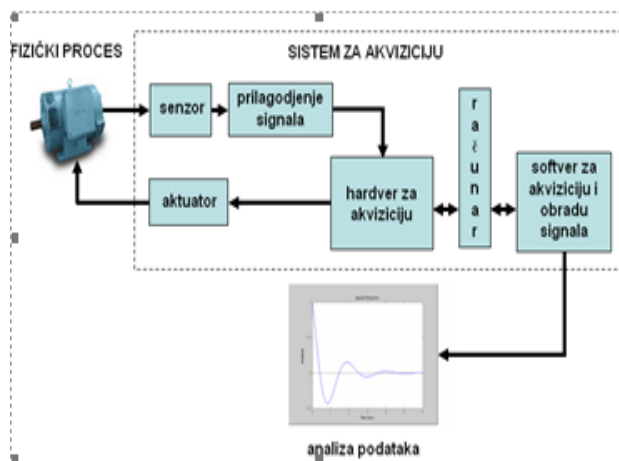
**Sadržaj** – U ovom radu predstavljeno je jedno od rešenja problema uštede energije projektom „pametna kuća“. Informacije dobijene pomoću odgovarajućih senzora (Detektora pokreta, svetla i toplote) se prenose pomoću odgovarajuće kartice na računar, gde je sam program koji obradjuje date informacije i postupa po zadatim parametrima. Korišćen je grafički programski jezik za pravljenje instrumentacionog sistema primenom programskog paketa LabVIEW i NI USB-6008 DAQ Device kartice.

**Abstract** - In this paper we presented a solution to the problem of energy saving project „smart house“. Information obtained by using appropriate sensors (motion, light and heat detector) is transmitted using the appropriate card to the computer, where is a program that handles provide information and act according to given parameters. We used a graphical programming language for creating instrumentation system using LabVIEW and NI USB-6008 DAQ Device card.

### 1. UVOD

– Svesni smo da živimo u doba informatičke ere i da je automatizacija umnogome olakšava život i poboljšava efikasnost sistema. Svedoci smo da se problem prirodnih izvora energije sve više povećava i da težnja ka uštedi energije sve više raste. pametna kuća je objekat koji se dinamički prilagođava promenama klime i korišćenja (tj. potrebama i zahtevima vlasnika ili korisnika kuće), a da se prilikom realizacije ovih dinamičkih promena energija dovodi samo gde, kada i koliko je potrebno. Aktivno delovanje pametne kuće može se uvideti na sledećim primerima: Prilikom vrućih letnjih dana sunce je obasjalo vaše prozore dok ste vi na poslu, svetlosni senzor detektuje i inicira spuštanje roletni. Stan ostaje prijatan kada vi dođete sa posla. Zaboravili ste da zatvorite prozor dok je grejalica ostala uključena, program će sam isključiti utičnicu grejalice i sprečiti bespotrebno trošenje energije. Ovi primeri su samo mali delovi primene pametne kuće. Zahvaljujući grafičkom interfejsu moguće je bez problema promeniti parametre ili dodati određene senzore. Sam programski paket LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) nastao je 1986. godine od strane američke kompanije National Instruments, sa ciljem da se obezbedi programski alat koji bi omogućio inženjerima da razviju svoje specifične aplikacije bez većeg poznavanja programiranja. Koristi G programski jezik, ili kako ga još nazivaju G (grafički) programski jezik za inženjere.

### 2. OPŠTA STRUKTURA SISTEMA



Slika 1 Blok šema sistema

Akvizionni sistem predstavlja kolekciju softvera i hardvera koji nas povezuju sa fizičkim svetom i omogućuju da dobijemo informacije o različitim fizičkim procesima u obliku koji je pogodan za njihovu dalju analizu. Osnovni element ovakvog sistema je hardver za akviziciju koji omogućuje konverziju analognih signala u digitalne i obrnuto. Hardver može biti interni u sklopu samog računara (primer: zvučna kartica na PC-u) ili eksterni (akviziciona kartica). U opštem slučaju sastoji se iz više podistema za izvršenje specijalizovanih zadataka, kao što su:

- analogni ulaz,
- analogni izlaz,
- digitalni ulaz/izlaz,
- brojač/tajmer.

Analogni ulaz konvertuje analogni ulazni signal dobijen od senzora u digitalni kod, koji može biti korišćen na računaru. To su obično višekanalni uređaji koji daju 12 do 16 bita rezolucije po signalu. Analogni izlaz konvertuje digitalni signal sa 12 bita rezolucije u analogni signal. Obično ima dva kanala ali može biti i višekanalni. Digitalni ulaz/izlaz služi za prenos digitalnih signala ka i od hardvera. Brojač/tajmer služi za brojanje impulsa, merenje frekvencije i perioda digitalnog signala, kao i za generisanje povorke impulsa.[1]

Senzori pretvaraju fizičke veličine u analogne ili digitalne signale. Kod digitalnih senzora važna je

kompatibilnost sa ostatkom sistema za akviziciju, posebno po nivoima koje daju. Analogni senzori daju na svom izlazu kontinualne signale srazmerne fizičkim veličinama kao što su temperatura, pritisak, pozicija, brzina, ubrzanje i dr. Uobičajeni analogni senzori su tahogeneratori (merenje brzine), akcelerometri (merenje ubrzanja), mikrofoni, merači pritiska, RTD (merač temperature), merači napetosti (sile) i dr. Izlaz senzora može biti analogni ili digitalni naponski ili strujni signal u određenom opsegu. Strujni signal se koristi u okruženjima sa velikim šumom, jer je manje podložan njegovom delovanju.

Računar služi za memorisanje i procesiranje snimljenih signala kao i za generisanje odgovarajućih upravljačkih akcija prema zadatom algoritmu. Brzina procesora treba da omogući realizaciju navedenih zadataka u realnom vremenu.[1] Računar takodje mora posedovati odgovarajući softver koji omogućava razmenu informacija između računara i hardvera.

### 3. HARDVER ZA KONVERZIJU PODATAKA

Hardverski deo sistema čini akviziciona kartica NI USB-6008

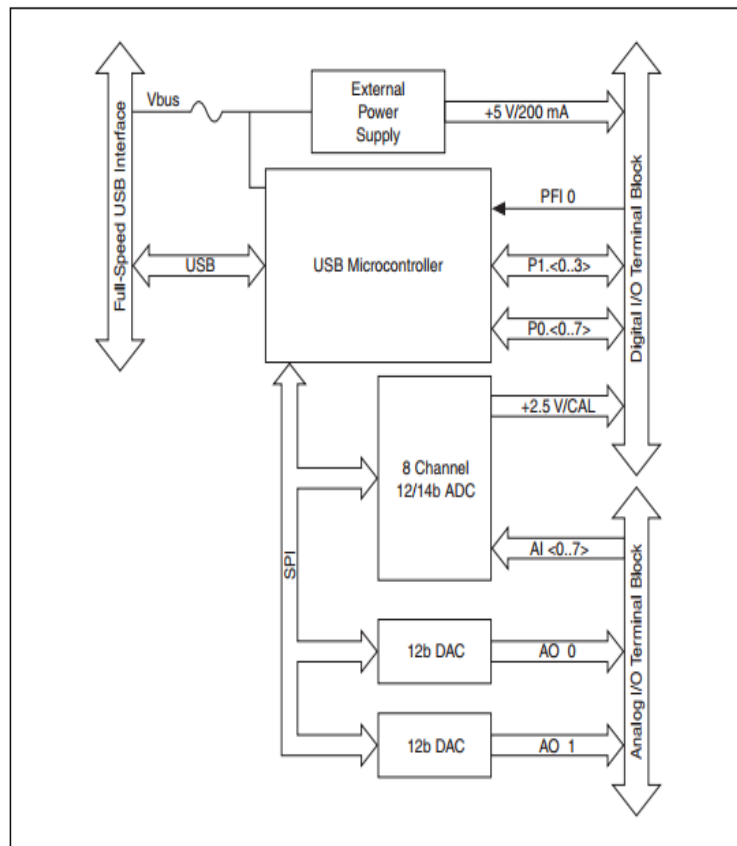


Slika 2 NI USB-6008

Akviziciona kartica NI USB-6008 je 16-to bitna sa maksimalnom brzinom semplanja 10 kS/s. Neke od osnovnih karakteristika su [2]:

- 8 analognih ulaza
- opseg ulaznih napona +/- 10 V,
- 2 analogna izlaza, 12 digitalnih ulaza/izlaza,
- 32 bitni counter/timer modul i dr.

Na slici 4 prikazan je blok dijagram ove kartice. [2]



Slika 3 Blok šema NI USB-6008

Mnogi senzori i pretvarači generišu signale koji se prethodno moraju pogodno obraditi kako bi merenje takvih signala pomoću akvizicionog sistema bilo precizno. Neki od oblika prethodne obrade su: pojačanje/slabljenje, filtracija, električna izolacija i s.l. Osim toga, za ispravan i precizan rad mnogi senzori zahtevaju pobudu iz posebnih strujnih ili naponskih izvora, mosni spoj, linearizaciju, veliko pojačanje i dr. [2]

### 4. FRONT PANEL

Front panel ili prednja ploča predstavlja upravljački deo aplikacije i jedina stvar kojoj korisnik ima pristup, što je veoma bitno jer je razdvojen upravljački deo od pozadine aplikacije i programskog koda, pa će korisniku obezbediti jednostavan način upravljanja aplikacijom bez poznavanja programiranja i programskog koda, a imaće i jasan pregled stanja sistema preko indikatora.

Na slici 1 prikazan je front panel aplikacije na kojoj su postavljene dve kontrole, od kojih je jedna za zaustavljanje aplikacije a druga temperaturni kontroler u koju korisnik upisuje željenu temperaturu. Temperatura će da bude jedna od osnovnih informacija na osnovu koje će aplikacija da kontroliše ostalim elementima sistema, o čemu će biti reči u narednom poglavlju.



Slika 4 front panel

Od indikatora na front panelu su postavljene kontrole: „Thermometer“, koji grafički prikazuje trenutnu temperaturu u vidu termometra. Ispod navedenog indikatora nalazi se numerički indikator koja prikazuje brojnu vrednost trenutne temperature.

Na levoj strani aplikacije nalaze se tri „Round LED“ indikatora, koji prikazuju u kom režimu rada radi klima uređaj zadužen za dostizanje željene temperature, ito (odozgo na dole) prvi „Round LED“ indikator pokazuje da li je klima uređaj uključen u režimu grejanja (u slučaju da jeste zasvetlice zelenom bojom), drugi će svetliti u slučaju da je klima uređaj isključen, a treći ukoliko se on nalazi u režimu hlađenja.

Prilikom rasporeda „Round LED“ indikatora vodilo se računa o tome da se oni rasporede simbolično tako što će gornji indikator označavati porast temperature, a donji pad.

### 5. BLOCK DIAGRAM

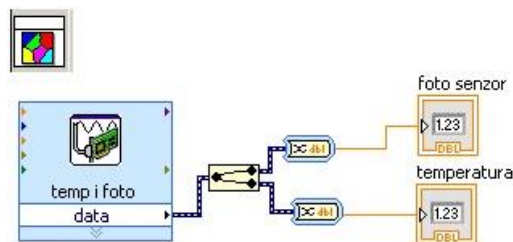
Prilikom programerskog rešavanja problema „Pametna kuća“, problem je razložen na više logičkih celina, koje su nazvane sektorima, a na osnovu kojih je napisan i programski kod za aplikaciju[3]. U nastavku će biti prikazani neki od tih sektora.

Na slici 5 prikazan je blok dijagram aplikacije, čiju strukturu u osnovi čine subVI-evi koji poboljšavaju preglednost koda. To je najveći stepen apstrakcije koji je korišten i za modelovanje aplikacije bez dodatnog alata namenjenog samo za tu svrhu.



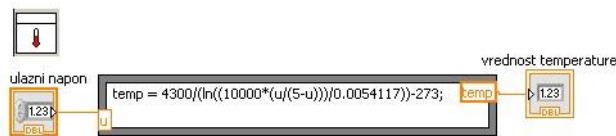
Slika 5 Blok dijagram aplikacije

Prilikom pokretanja aplikacije vrši se čitanje relevantnih veličina sa spoljnih senzora, što je prikazano na slici 6. Čitanje napona vrši se sa temperaturnog i foto senzora.



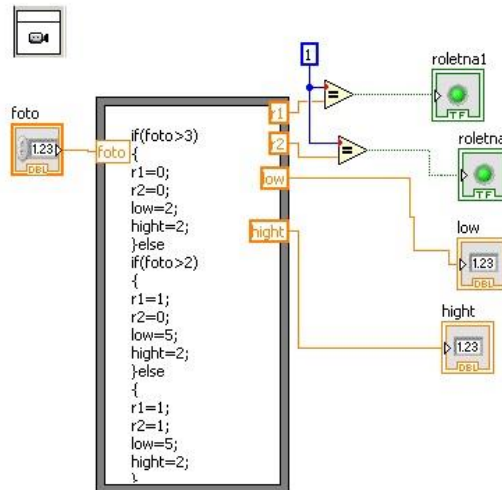
Slika 6 Očitavanje napona sa foto senzora

Nakon određivanja ovih podataka oni se prosleđuju dalje na proračun. Proračun temperature vrši sektor „Temperaturni interpretator“, a njegova struktura prikazana je na slici 7. Nakon dobijanja izlaznog parametra iz ovog sektora vrednost temperature se prikazuje na indikatoru povezanim na front panelu.



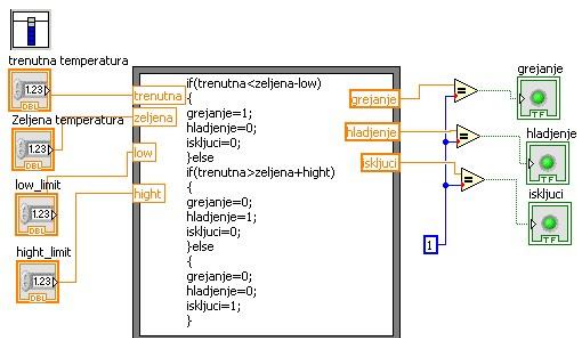
Slika 7 Proračun temperature na osnovu ulaznog napona sa temperaturnog senzora

Određivanje doba dana vrši u sektoru „Kontroler roletni i limiter temperature“ koji je prikazan slikom 8, čiji je ulazni parametar napon sa foto senzora.



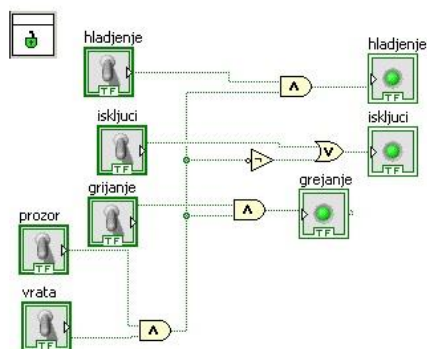
Slika 8 Proračun kontrolnih parametara na osnovu napona dobijenog sa foto senzora

Nakon što se izračuna vrednost trenutne temperature i doba dana, te vrednosti idu u sektor „Kontroler željene temperature“ koji na osnovu odgovarajućih parametara generiše upravljačke signale koji upravljaju klima uređajima. Struktura sektora prikazana na slici 9.



Slika 9 Kontrolor temperature i roletni

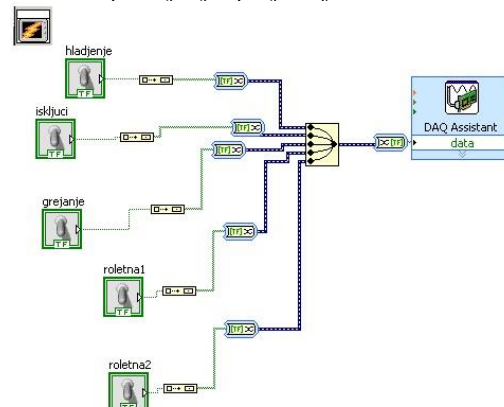
Upravljački signali iz sektora „Kontroler željene temperature“ šalju se u sektor „Upravljač klima uređajima“ koji na osnovu parametara, logičkim kolima, određuje koji od upravljačkih signala će biti odgovarajući (slika 10).



Slika 10 Upravljač klima uređajima

Izlaz iz sektora „Upravljač klima uređajima“ preuzima sektor „Kontroler temperature i roletni“ kao ulazne informacije, koji, pored tih signala dobija i informacije o gornjem i donjem limitu temperature i vrši kontrolu spoljnim fizičkim uređajima (slika 8). Temperaturni limiteri (gornji i donji) funkcionišu na taj način što se proračunavaju na osnovu doba dana, a koriste se pri odluci aplikacije u koji od stanja treba da uključi klima uređaje, tako da temperatura u prostorijama treba da bude u intervalu (zeljena\_temperatura-donji\_limit, zeljena\_temperatura+gornji\_limit). Upravljački signali za kontrolu roletni dobijaju se iz sektora „Kontroler roletni i limiter temperature“.

Slika 8 Upravljanje spoljnim fizičkim



uređajima

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljena primer primene programskog paketa LabVIEW . Obzirom da programski jezik G (grafički) , koji koristi, smanjuje vreme koje se kod drugih programskih jezika gubi na pisanje programskog koda, ujedno samom programeru pruža mogućnost da se posveti rešavanju problema sa minimumom programskog koda imajući pri tom na raspolaganju grafički predstavljenja realna elektronska kola.

Projekat „Pametna kuća“ primenom programskog paketa LabVIEW je odlično rešenje kako za manje tako i za veće prostore, obezbeđujući uštedu energije korištene za regulaciju temperature prostorija.

## LITERATURA

- [1] Momir Stanković, Stojadin Manojlović, Davorin Mikluc „Akvizicioni sistem za analizu električnih servosistema” YU-INFO 2013.
- [2] NI USB-6008 Users Manual, National Instruments, USA, 2009.
- [3] AbadiAllah A. Al-Tahrawi, Hossam R. El. Hennawi, Khaled H. Dawoud „Smart house aplication”, project 2011.

# UNAPREĐENJE POSTOJEĆEG SOFTVERSKOG PAKETA PRIMENOM WPF TEHNOLOGIJE

## IMPROVEMENT OF EXISTING SOFTWARE PACKAGE USING WPF TECHNOLOGY

Dragana Glišić, Veljko Jovančić, Vladimir Nešić  
*Institut Mihajlo Pupin Beograd*

### UVOD

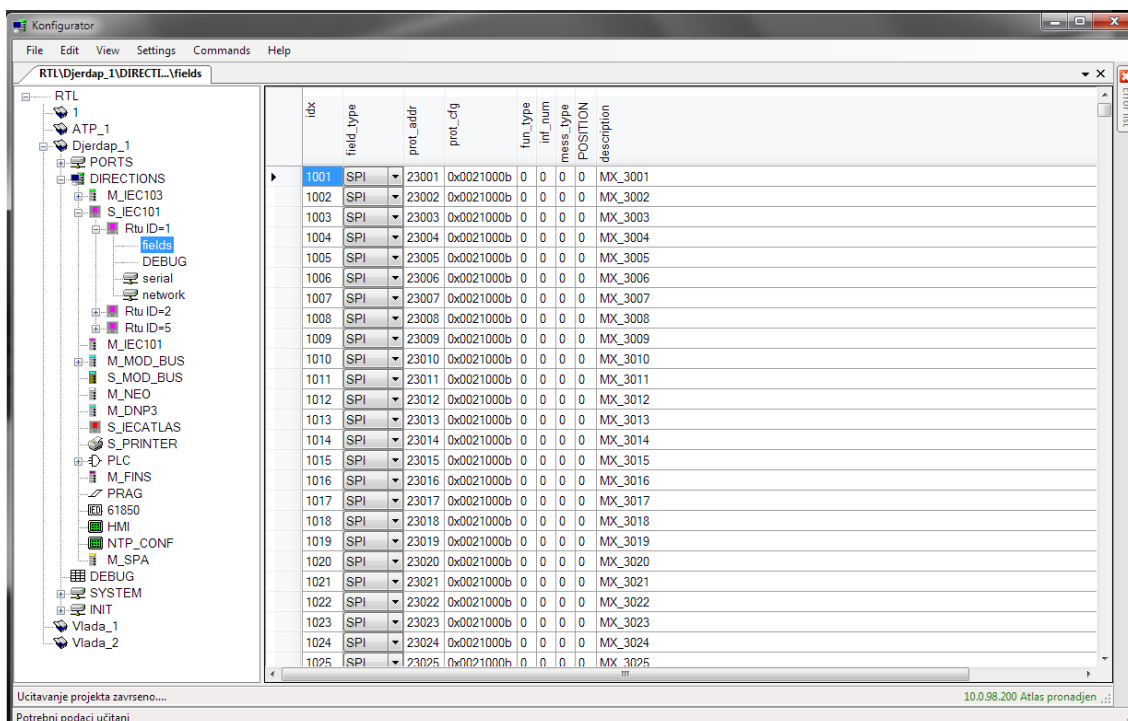
**Sadržaj** - U okviru postojećeg programskog paketa Konfigurator, namenjenog za konfiguraciju Atlas Max-RTL daljinskih stanica, javila se potreba za unapređenjem postojećeg GUI alata, a sa ciljem smanjivanja vremena potrebnog za integraciju daljinske stanice u sistem.

**Abstract** - Within the existing software package Konfigurator, intended for configuration Atlas Max-RTL remote stations, there is a need to improve the existing GUI tools, with the aim of reducing the time required for the integration of remote stations in the system.

Daljinska stanica Atlas Max-RTL u zavisnosti od potreba konkretnog projekta može da obavlja sledeće funkcije:

- Funkciju RTUa (Remote Terminal Unit);
- Funkciju PLCa (Programmable Logic Controller).

U oba slučaja, ako se izuzme projektovanje PLC funkcija, postoji jedinstvena aplikacija Konfigurator kojom se vrši konfigurisanje uređaja (videti sliku 1).



Slika 1. Izgled glavnog prozora Konfiguratora

Konfigurator je Windows desktop aplikacija pisana programskim jezikom C# u .Net tehnologiji. U pozadini aplikacije se nalazi „data engine“ u okviru Microsoft Access baze čiji se podaci prezentuju kroz aplikaciju. Prezentacija podataka se trenutno vrši tabelarnim prikazom izabranog parametara daljinske stanice (tabela za prikaz podataka na slici 1). U okviru tabele korisnik

poseduje sve informacije vezane konkretno za izabrani parametar. Osim toga aplikacija nudi veoma bogat alat za rad nad tabelama podataka, sličan onom u Microsoft Excel softverskom paketu. Ovakvim pristupom korisniku je omogućeno da veoma brzo unese izmene u okviru tabele.

Ipak, korisnik se sreće sa nizom problema tokom konfigurisanja uređaja kroz već postojeću aplikaciju. Ovi problemi kao posledicu imaju produženje vremena potrebnog za integraciju uređaja i samim tim produženje vremena implementacije. Sve zajedno kao i niz nepredviđenih problema koji se pojavljuju u toku implementacije dodatno uvećavaju krajnje troškove.

S tim u vezi pristupilo se ozbiljnoj analizi korisničke aplikacije koja služi za konfigurisanje daljinskih stanica i njenoj modernizaciji i unapređenju kao i približavanju korisniku.

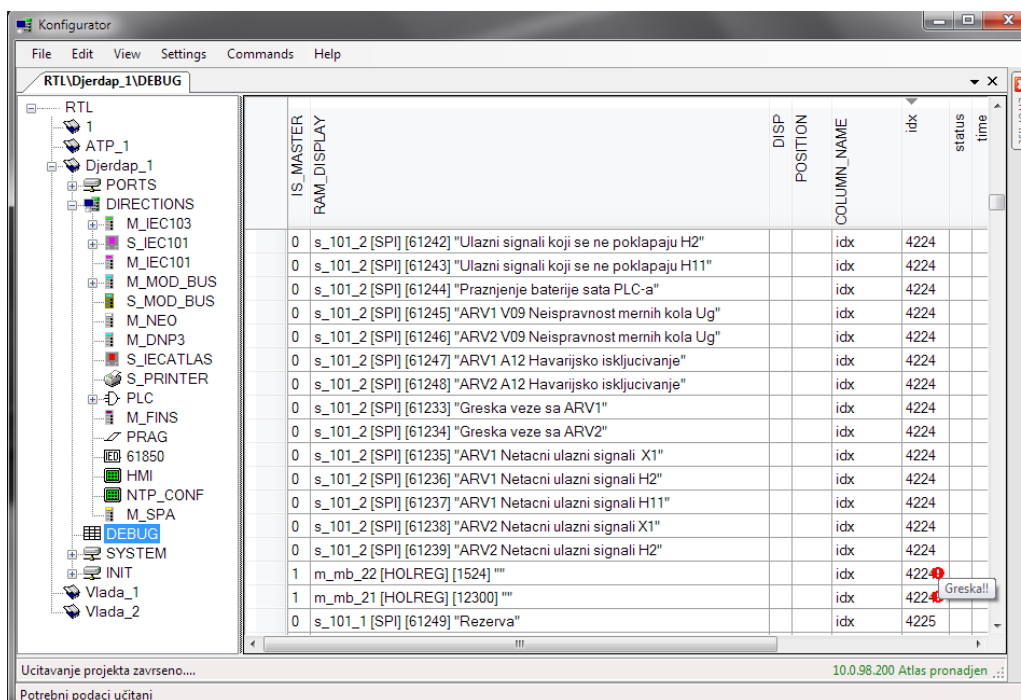
**DEMISTIFIKACIJA PROBLEMA**

Na osnovu već izrečenog, reklo bise da Konfigurator kao aplikacija ispunjava sve uslove za moderan rad na konfigurisanju daljinskih stanica. Osim toga, jednom instalirana aplikacija nema potrebe za novim instalacijama usled proširivanja postojećih parametara daljinske stanice. Naime, izgled prozora, menija, tabela parametara i tipova komandi aplikacija crpi iz baze podataka koja se nalazi u pozadini. U okviru iste baze se čuvaju već postojeći projekti, tako da svakim novim učitavanjem korisnik vuče sve projekte koji se nalaze u okviru njegove MS Access datoteke (na slici 1 desni deo glavnog prozora koji sadrži stablo sa postojećim projektima).

Međutim, višegodišnjom eksploatacijom se ispostavilo da naizgled dobro rešenje ima jednu, ali značajnu manu. Ukoliko se izuzme model „data engine“ u pozadini, zatim deo softverskog paketa za obradu podataka takozvani „view model“ ono što ostaje, a sa čim korisnik ima najviše zajedničkih dodirnih tačaka je sam „view“ tj. prezentacija podataka.

U osnovnoj izvedbi daljinska stanica poseduje interni memorijski kapacitet veličine 16k (16 \* 1024) linearnih memorijskih lokacija. Ako se pretpostavi da se u okviru jednog projekta iskoristila barem jedna polovina ukupne memorije za podatke i da se ti podaci šalju ka tri nadređena centra u kojima se nalaze SCADA sistemi tada korisnik u okviru jedne tabele mora da prikaže i iskonfiguriše 8192 podataka. Kako sada ima tri centra tako se nameću i tri posebne tabele i to svaka sa po 8192 podatka. Sada bismo mogli reći da pošto se radi o podacima istog tipa i kao što je navedeno u uvodu teksta da aplikacija poseduje napredne edit kontrole korisniku ostaje samo da iskonfiguriše jedan pravac, a u ostale iskopira iste podatke pod uslovom da su komunikacione adrese ka svim centrima za isti podatak jednake. U nekim slučajevima može da se primeni navedeni sistem, ali u većini svaki centar ima svoj opseg komunikacionih adresa.

Sledeće sa čim se susrećemo je eksploatacija internog memorijskog prostora. U toku nultog konfigurisanja daljinske stanice, kao što je već navedeno, korisnik ima na raspolaganju 16k linearnog internog memorijskog prostora. Pri tome se najčešće ne vodi preterano mnogo o efikasnosti raspodele procesnih podataka u okviru internog prostora. Sam korisnik gleda da procesne podatke jedne funkcionalne grupe ne meša sa podacima druge i na taj način u linearnom internom memorijskom prostoru pravi tzv. „memorijske gapove“ ili neiskorišćenje memorijske segmente. Stvarni problem nastaje kada se pojave dodatni procesni podaci čiji broj prevazilazi najveću slobodnu memorijsku zonu u okviru već postojeće konfiguracije. Tada je korisnik prisiljen da traži ručno slobodne adrese za nove podatke. Jedini način da proveriti svoj novi unos jeste da u okviru „debug“ tabele pretražuje greške (videti sliku 2).



Slika 2. Prikaz „debug“ tabele sa indikacijom greške na memorijskoj lokaciji 4224

Treba napomenuti da navedena tabela poseduje sve podatke iz svih tabela za konfigurisanje komunikacionih pravaca pa se samim tim jedna memorijska lokacija može pojaviti više puta u okviru iste tabele. To veoma utiče na vreme pristupa „debug“ tabeli koje može da potraje i preko nekoliko desetina sekundi.

Ipak, na svu sreću proširenje sistema novim procesnim podacima nije čest slučaj i broj novododatih informacija u odnosu na postojeći je ponekad zanemariv. Ali, nulta konfiguracija i broj procesnih podataka u startu nije zanemariv i sve je dobro ako sedite u kancelariji i pri tome imate na raspolaganju jedan od 24“ monitor čime se povećava preglednost tabele, tj. broj vrsta koje mogu biti prikazane u okviru jednog ekrana. Ipak, najčešći broj implementacija se odražuje na samom objektu gde na raspolaganju imate laptop i skučen prostor.

Poslednji, a možda i najveći problem je nepregledna „debug“ opcija kada se aplikacija pokrene u „online“ režimu. Na slici 2 se vidi da se jedna memorijska lokacija može pojaviti više puta čime se dodatno smanjuje preglednost čitanja vrednosti procesnih podataka.

Prilikom procene upotrebljivosti softvera od strane stručnog tima i obrađenih utisaka korisnika došlo se do jedinstvenog zaključka da „view“ deo aplikacije, tj. grafički interfejs pati od sindroma poznat u programerskoj praksi kao „user unfriendly“.

### PRONALAZENJE REŠENJA

Na osnovu iznesenih činjenica došlo se do sledećih zaključaka:

- Zadržati platformu u okviru koje radi aplikacija, tj. Windows OS,
- Podržati od strane aplikacije algoritam za automatsku preraspodelu internog memorijskog prostora novim procesnim podacima,
- Ukinuti korisniku mogućnost da radi direktno sa internim memorijskim prostorom, osim ako to nije krajnje neophodno u pojedinim slučajevima kroz napredna podešavanja,
- Unaprediti prikaz za praćenje procesnih podataka od ulaska u daljinsku stanicu, preko PLC funkcije (ako se podaci obrađuju u okviru iste) do tačke kada bivaju predati komunikacijom ka drugim tačkama sistema,
- Zadržati tu osobinu aplikacije da korisnik nema potrebe za promenom izvršne datoteke, tj. nove instalacije, već samo proširenjem postojećih resursa dobija se na novim funkcionalnostima,
- Poboljšati „debug“ opciju za prikaz podataka,
- Deo softverskog paketa vezanog za model, tj. deo aplikacije koji opisuje podatke treba zadržati,
- „viewmodel“ ,tj. deo aplikacije koji se bavi učitavanjem podataka modela, njihovom

obradom i čuvanjem takođe treba zadržati uz sitne adaptacije, sa novoizabranom platformom,

- Promeniti grafički prikaz aplikacije i prilagoditi ga novijim tehnologijama koje podržavaju MVVM arhitekturu (Model View ViewModel),

Do gore dovedenih uslova došlo se na osnovu praktičnih razloga:

- Aplikacija se nalazi na dobrim osnovama,
- Dobar deo korisnika je već uveliko koristi,
- Nedovoljan broj ljudskih resursa kojima bise u kratkom roku proizvela nova aplikacija, a koja bi u tom slučaju najverovatnije bila pisana u Java programskom paketu zbog podrške za Linux operativne sisteme,
- Deo aplikacije koji bi u ovom trenutku trebalo unaprediti odnosi se samo na „view“ deo, a to je manje od polovine ukupnog koda.

### WPF TEHNOLOGIJA ? DA : NE

WPF (Windows Presentation Fundation) tehnologija bila je logičan izbor za unapređenje grafičkog interfejsa Konfiguratora. To je tehnologija koja je nasledila stari GDI model, ali je usvojila nove tehnologije o prikazu korisničkog interfejsa kroz XML tip datoteka, takozvani XAML (Extensible Application Markup Language) jezik kojim se uvezuju i definišu razni elementi korisničkog interfejsa.

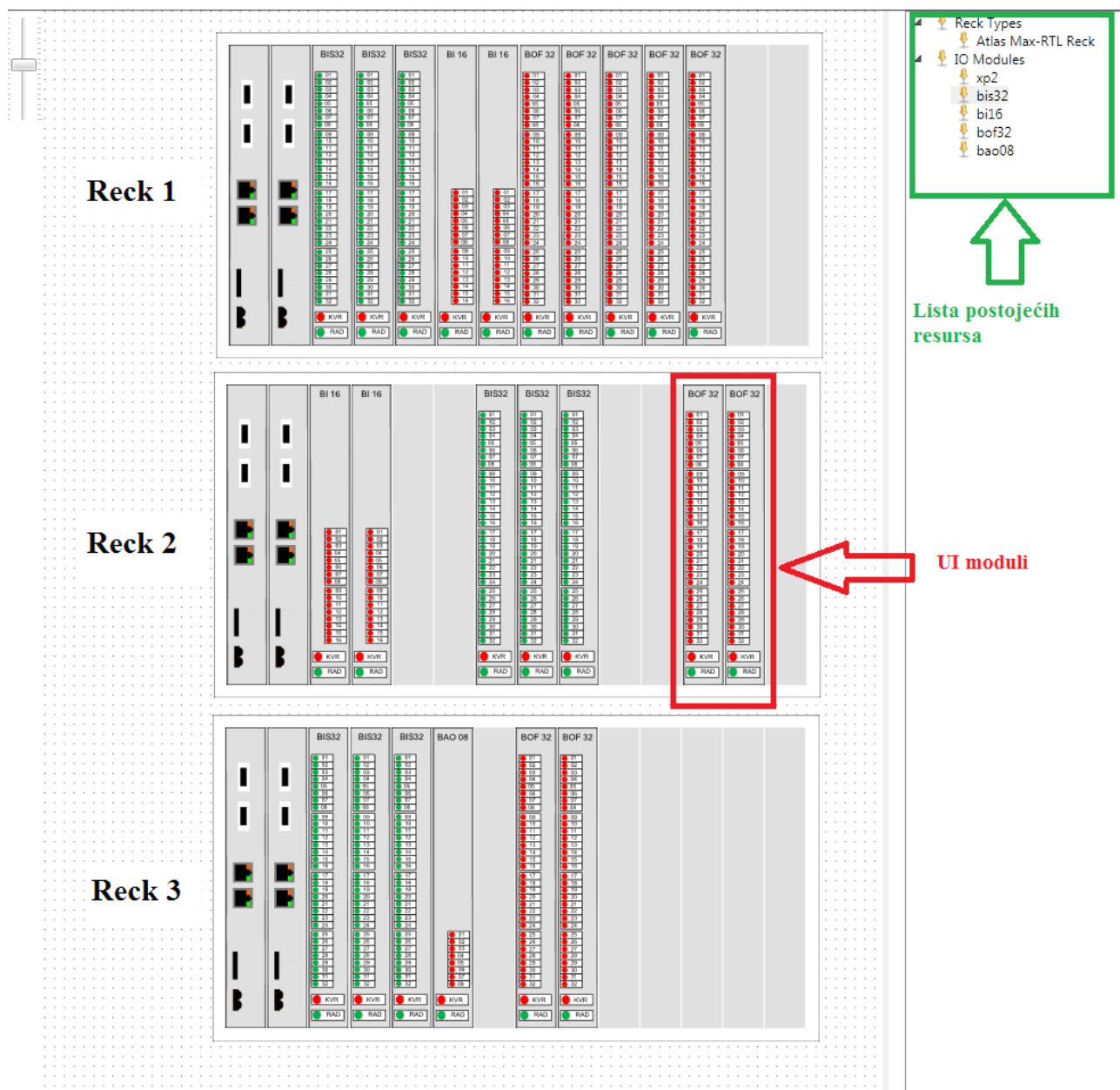
Izborom WPF smo dobili mogućnost definisanja šablona podataka u okviru postojećeg modela. Ova opcija na izgled deluje nejasno onome koji ne poznaje u detalje sistem u okviru koga se nalazi daljinska stanica. Naime, u većini slučajeva ona je deo reka u okviru koga se nalaze UI moduli sa kojih stižu procesni podaci. Svi moduli dimenziono su isti, ali imaju različite maske. Ukoliko bi dizajner svaki UI modul pa i sam CPU nacrtao kao vektorsku sliku SVG (Scaled Vector Graphic) i snimio je kao XAML datoteku nekim od ponuđenih konvertora na Ethernetu (Microsoft ima svoj Expression Blend paket) tada bi svaki detalj te grafike bio jedan vizuelni element koji se može učiniti u toku rada živim, tj. da reaguje na korisnikove pokrete mišem.

Na primer, ukoliko se na masci vašeg UI modula nalaze diode za indikaciju prisutnosti signalizacije u „online“ režimu, one mogu da „ožive“ zahvaljujući „binding“ tehnologiji WPF koja povezuje kroz objekat LedBackground pozadinu diode sa vrednošću i statusom procesnog signala (videti sliku 3).

```
<Ellipse Text="{Binding Path=LedBackground}"
Grid.Row="1"
Grid.Column="2"
VerticalAlignment="Center" />
```

Slika 3. WPF „binding“ tehnologija

Što je bitnije sve radi automatski i nema dodatnog koda diode dodelimo referencu na objekat klase kojim bismo morali da podržimo signal promene stanja i LedBackground. Jedino što preostaje da konstekstu vizuelnog elementa



Slika 4. Prikaz jedne tipične konfiguracije reka

Još jedna prednost WPF tehnologije je korišćenje šablona ili ti *DataTemplate* objekata. Na slici 4 se primećuje da se u okviru jednog reka nalaze različiti UI moduli. Međutim, u pozadini se radi samo o jednoj korisničkoj kontroli koja u zavisnosti od izbora imena UI modula menja šablon. Svaki šablom je XAML datoteka koja se nalazi u direktorijumu koji se pridružuje putanji resursa korisničke kontrole. Svaki šablon poseduje **x:Key** podatak na osnovu kojeg korisnička kontrola zna čime da popuni svoj sadržaj. U našem slučaju vrednost ključa je ujedno i ime UI modula (videti sliku 5).

```
<DataTemplate x:Key="bis32">
```

...

**XAML opis šablona modula bis32**

...

```
</DataTemplate>
```

Slika 5. XAML okvir šablona za BIS32 modul digitalnih ulaza



Lista postojećih resursa (videti sliku 4) je standardna vizuelna kontrola tipa `TreeView` koja se u okviru samog XAML dela aplikacije i uz pomoć svojstva `HierarchicalDataTemplate` klase `TreeView` automatski

popunjava kolekcijom podataka iz baze podataka. Ono što je dobro jeste da je primena ovog šablona jednosmerna i može se videti na slici 6.

```
<TreeView Name="ioTreeView" Grid.Column="2" MouseMove="ioTreeView_MouseMove">
  <TreeView.Resources>
    <HierarchicalDataTemplate DataType="{x:Type local:ModulList}" ItemsSource="{Binding Path=AtlasModulList}">
      <StackPanel Name="stack1" Orientation="Horizontal">
        <Image Width="16" Height="16" Margin="3,0" Source="/KonfiguratorGraphicalView;component/Images/pin_yellow_vertical.png" />
        <TextBlock Text="{Binding Path=TreeItemHeader}" />
      </StackPanel>
    </HierarchicalDataTemplate>
    <HierarchicalDataTemplate DataType="{x:Type local:Modul}">
      <StackPanel Name="stack1" Orientation="Horizontal">
        <Image Width="16" Height="16" Margin="3,0" Source="/KonfiguratorGraphicalView;component/Images/pin_yellow_vertical.png" />
        <TextBlock Text="{Binding Path=ModulName}" />
      </StackPanel>
    </HierarchicalDataTemplate>
  </TreeView.Resources>
</TreeView>
```

Slika 6. Korišćenje `HierarchicalDataTemplate` svojstva za popunjavanje `TreeView` kontrole

Ono što je nas zainteresovalo jeste da ukoliko korisnik poseduje već postojeću aplikaciju, dovoljno je da u okviru modela, MS Access datoteke proširi tabelu sa novim imenom UI modula, a direktorijumu sa resursima, tj. XAML opisima modula doda novu XAML datoteku. Na ovaj način će lista UI šablona biti automatski osvežena novim modulom. Ovim se izbegavaju neprijatnosti koje mogu da nastanu ukoliko već postojeća aplikacija neće da prihvati novu korisničku kontrolu jer se sada to samo zasniva na pretrazi resursa, a ne proširivanju *switch..case* struktura u kodu i ponovnom bildovanju aplikacije i novoj instalaciji.

Sledeći korak je kako prilagoditi podatke iz baze sa kodom, a posle i sa prikazom. Stare opcija učitavanja radi preko *DataSet* klase, dok nova koristi *XLINQ* (Language Integrated Query over XML). Kako se radi o relacionoj bazi ceo sadržaj učitavamo u XML, a onda *XLINQ* zahtevima kao da radimo sa standardnim SQL upitima pretržujemo podatke po XML datoteci. Neko bi se zapitao zbog čega je uveden još jedan pristup obrade podataka. Odgovor je vrlo jednostavan, Konfigurator predviđa za korisnike koji nemaju instaliran MS Access na svojim računarima, a ponekad i sa promenom verzije samog MS Accessa stari adapter za podršku neće da podrži nove verzije datoteka, korisniku je ostavljena mogućnost da sve što radi čuva u XML datotekama. Tako će ponekad umesto MS Access datoteke aplikacija učitavati XML konfiguracionu datoteku, pa je *XLINQ* bio logičan izbor.

Još jedan, ali možda i ne tako bitna stvar je način čuvanja vizuelnog dela projekta. WPF omogućava čuvanje tekućeg sadržaja u XAML datoteci, tako da pri sledećem učitavanju projekta nema potrebe za postojanjem izvesne netliste na osnovu koje treba nacrtati sliku. Glavni prozor samo treba da učita poslednju validnu XAML datoteku i vaša slika je opet tu bez preteranog rada i kodovanja.

Osim prednosti vezanih za rad sa korisničkim interfejsom Konfigurator je aplikacija koja u startu veoma podseća na MVVM arhitekturu, ali ne sa jasno definisanim granicama između delova. Svaka MVVM tehnologija sadrži sledeće komponente:

- Model – deo gde se nalaze podaci,
- View – korisnički interfejs,
- ViewModel – deo aplikacije, kod koji lepi prethodna dva dela.

U većini slučajeva Model i ViewModel su najčešće nerazdvojive celine. Ovde imamo jasnu sliku dela vezanog za Model a koji se odnosi na MS Access datoteku i ViewModul delu koji je kod Konfiguratora koji učitava i parsira podatke iz baze. Kao što smo rekli nedostaje još View deo. Kako WPF podržava datu arhitekturu to je bio još jedan glas za navedenu tehnologiju.

## ZAKLJUČAK

Želeći da zadržimo funkcionalnost stare aplikacije uz poboljšanje postojećeg grafičkog dela nadamo se da će postojeći problemi koji nastaju zbog nepreglednosti tabela, neautomatizovanog dodeljivanja internog memorijskog prostora i ostalih zamerki od strane korisnika nestati. Preostaje da se vidi da li će unapređenje postojeće aplikacije doneti novi trend u pristupu razmišljanja razvoja postojećih GUI aplikacija.

U svakom slučaju da ako stavimo na jednu stranu činjenicu da osim C#, WPF i GDI nemaju mnogo toga zajedničkog i da je potrebno vreme za savlađivanje nove tehnologije, na drugoj strani se očekuje zaslužan iskorak napred u razvoju GUI aplikacija.

[1] Nathan A., „WPF 4 Unleashed“, SAMS, Indianapolis, 2010.

[2] Vice R., Siddiqi S. M., „MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF“, Packt Publishing, Birmingham-Mumbai, 2012.

[3] Sorensen Erik, PhD., Mihailes M. I., „Model-View-ViewModel (MVVM) Design Pattern using Windows Presentation Foundation (WPF) Technology“, University of Southern Denmark, Department of Computer Engineering, Odense, Denmark

## @GOVHOSTEMAIL SISTEM ZA ELEKTRONSKU KOMUNIKACIJU DRŽAVNIH ORGANA

### @GOVHOSTEMAIL SYSTEM FOR ELECTRONIC COMMUNICATION OF GOVERNMENT AUTHORITIES

Dijana Dimitrijević<sup>1</sup>, Vjekoslav Bobar<sup>1</sup>, Žanka Šolajić<sup>1</sup>  
*Uprava za zajedničke poslove republičkih organa<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu je opisan sistem za administriranje korisničkih (email) naloga elektronske pošte Uprave za zajedničke poslove republičkih organa (UZZPRO) kao deo IKT servisa koje UZZPRO nudi organima državne uprave. Takođe, dat je uopšten pregled celog e-mail sistema sa opisom koncepta i načina implementacije.

**Abstract** - This document presents information system for administration of users (email) accounts that is the part of Administration for Joint Services of the Republic Bodies's e-mail system, and also part of the ICT services that this government authority offers to government bodies. It also provides a general overview of the entire e-mail system with description of concept and implementation.

#### 1. UVOD

Sa razvojem informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u svetu rasla je i potreba za korišćenjem ovih tehnologija u svakodnevnom obavljanju poslova u državnoj upravi. Jedna od njih je i e-mail tehnologija - elektronska pošta.

Korespodencija putem elektronske pošte omogućila je pisanu komunikaciju značajno bržu od papirne, bez trošenja dodatnih resursa prilikom pravljenja više primeraka, više verzija, kao i samog skladištenja date korespodencije. Takođe, napretkom korisničkih programa za slanje, odnosno primanje elektronske pošte pristup pošti i dokumentima, sortiranje i arhiviranje je postalo značajno jednostavnije. U novom sistemu komunikacije, sigurnost sadržaja email poruka kao i celokupna sigurnost postaju veoma značajni [1]. Zahvaljujući IMAP (Internet Message Access Protocol) protokolu i webmail aplikacijama omogućena je dostupnost sa bilo koje lokacije na internetu - što nije bio slučaj sa poštom i dokumentima u papirnoj formi.

Uprava za zajedničke poslove republičkih organa (UZZPRO) je, kao glavni provajder IKT usluga državnim organima Vlade Republike Srbije, od samih začetaka IKT servisa u državnoj upravi, pružala uslugu besplatnog servisa elektronske pošte organima državne uprave. Jedini uslov korišćenja ovog servisa bio je zvaničan zahtev od organa državne uprave koji je upućen UZZPRO, a u kome se traži dobijanje e-mail adrese na internet domenu datog organa.

Kako su prednosti ovog načina komunikacije i razmene dokumenata postajale opšte prihvaćene među zaposlenima u državnoj upravi, tako je rastao i broj korisnika koji su koristili ovaj servis i koji su u svojoj službenoj e-mail adresi prvo imali nastavak za internet domen „sr.gov.yu“, a zatim i „gov.rs“ koji je zvanični domen državne uprave Republike Srbije. Ovaj domen „gov.rs“ je odlukom Vlade Republike Srbije namenjen za registraciju Internet domena organa državne uprave [2]. Istovremeno, ovaj domen je delegiran na upravljanje UZZPRO-u, a na osnovu ovlašćenja Registra nacionalnog internet domena Srbije [3] i tadašnjeg Ministarstva za telekomunikacije i informatičko društvo [4].

Nakon što je prepoznala značaj i zastupljenost komunikacije putem elektronske pošte u državnoj upravi, Vlada Republike Srbije donosi odluku iz reference [2] koja se odnosi na državne organe i u kojoj, između ostalog, stoji:

”3. Adrese elektronske pošte zaposlenih u instituciji treba da budu u formatu [ime.prezime@nazivdomena.gov.rs](mailto:ime.prezime@nazivdomena.gov.rs) (na primer, [jova.jovanovic@uzzpro.gov.rs](mailto:jova.jovanovic@uzzpro.gov.rs)) [5].

4. Kada se adrese elektronske pošte vezuju za ulogu zaposlenog ili organizacionu jedinicu, treba da nose naziv koji jasno ukazuje na ulogu ili organizacionu jedinicu (na primer, [kabinet@uzzpro.gov.rs](mailto:kabinet@uzzpro.gov.rs))

5. Svaka institucija treba da ima bar jednu adresu elektronske pošte za generalno obraćanje instituciji u formatu [kontakt@nazivdomena.gov.rs](mailto:kontakt@nazivdomena.gov.rs) (na primer, [kontakt@uzzpro.gov.rs](mailto:kontakt@uzzpro.gov.rs))”.

Imajući u vidu navedeno, UZZPRO je pristupila kreiranju odgovarajućeg informacionog sistema koji bi omogućio administraciju i hosting elektronske pošte organa državne uprave.

#### 2. KONCEPT @GOVHOSTEMAIL SISTEMA ELEKTRONSKE POŠTE DRŽAVNIH ORGANA

Odluku o prelasku državnih organa sa domena „sr.gov.yu“ na domen „gov.rs“, a samim tim i neophodnost promene svih postojećih email adresa na UZZPRO servisu elektronske pošte, UZZPRO je iskoristila da osavremeni i nadogradi dotadašnji servis elektronske pošte.

Pri pravljenju projekta novog sistema za email državnih organa vodilo se računa o sledećim, u tom trenutku nepoznatim kao kritičnim, stavkama:

- Konstantan porast korisnika i protoka elektronske pošte na sistemu. Broj korisnika email sistema UZZPRO se više nego udvostručio od 2008. godine do danas, a protok poruka je oko 10 puta veći
- Važnost funkcionisanja servisa zahteva njegovu dostupnost 24h/7 sa svih lokacija na internetu i intranetu
- Neažurnost informacija o statusu zaposlenih koji duže naloge elektronske pošte dovodila je do bespotrebnih trošenja resursa sistema i sigurnosnih rizika. Ovo je naročito bilo izraženo u periodu posle izbora, kada su pojedine osobe dužile i koristile po nekoliko službenih email adresa
- Ograničenost postojećih resursa, pre svega finansijskih, a samim tim i hardware-skih i software-skih

Imajući u vidu navedene stavke, kao rešenje, razvijen je i implementiran novi sistem elektronske pošte - @GovHostEmail.

Pri projektovanju ovog sofisticiranog rešenja kao polazne tačke uzete su jeftin hardware, koji je u tom trenutku bio na raspolaganju i open source (free) software sa ciljem da se realizuje modularan, fleksibilan i neprekidno dostupan sistem. Dati sistem je morao biti u stanju da „izdrži“, bez dodatnih hardware-skih i software-skih nadogradnji, nagli porast, odnosno pad broja klijenata (posle republičkih izbora) kao i promene u protoku poruka (broj, količina itd).

Takođe, za potrebe administriranja korisničkih naloga elektronske pošte razvijena je specifična aplikacija „Control Panel“ prilagođena specifičnim zahtevima korisnika (organa državne uprave) i skalabilnosti i modularnosti novog sistema.

### 3. IMPLEMENTACIJA @GOVHOSTEMAIL SISTEMA

Mail cluster sistema zasniva se na opensource platformi i sastoji se iz 4 nod-a i petog LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) servera [6]. Hardware-sku platformu sistema čine dva „jača“ servera i dva „slabija/starija“ servera. Dva servera na kojima su podignuti servisi Load Balancer (Piranha) se nalaze na dva „slabija/starija“ servera. Ovi serveri neprekidno rade u aktiv/pasiv klasteru.

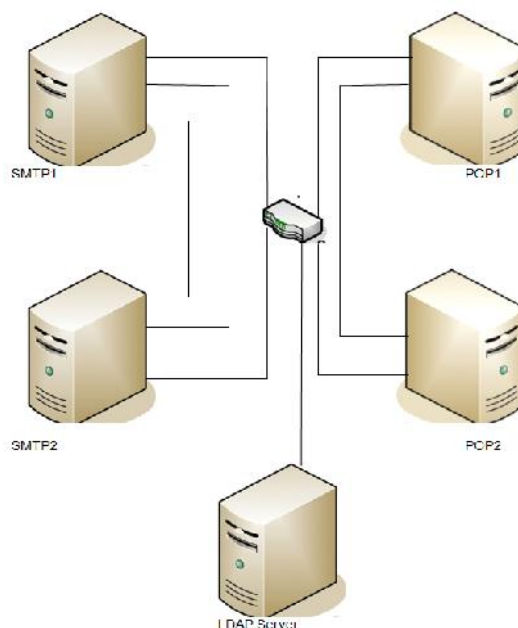
Ostali servisi nalaze se na virtuelnim serverima koji su rapoređeni na dva „jača“ servera, na kojima je se koristi besplatan software za virtuelizaciju VMware vSphere Hypervisor [7]. Load balancer-i balansiraju SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) saobraćaj ka farmi SMTP servera (dva noda) na kojima se nalazi i open source webmail aplikacija za pristup korisničkim mailbox-ovima.

Dva POP/IMAP/POPS/IMAPS servera nalaze se u klasteru čije je rešenje visoke dostupnosti bazirano na dovecot, drbd i corosync/heartbeat software-u.

Heartbeat je cluster sistem za Linux [8]. On omogućava da se monitorišu resursi i da se sele sa jednog na drugi nod. Ovakvo rešenje za visoku dostupnost mailbox-ova korisnika izabrano je iz razloga što u trenutku implementacije na raspolaganju nije bio storage kao „skuplja“ hardware-ska platforma. Aktivni nod failover POP/IMAP/POPS/IMAPS klastera je u isto vreme primarni drbd nod (source nod za replikaciju).

Kao dodatna mera sigurnosti svi mailbox-ovi se backup-uju rsync-om na izdvojeni backup server.

Blok šema servera u cluster-u data je na slici 1.



Slika 1. Blok šema servera u Cluster-u

Sistem za autentifikaciju mail korisnika je Open Source LDAP [6], što omogućava izuzetnu fleksibilnost i skalabilnost sistema. Ovaj sistem sastoji se iz dva noda koja su u LDAP aktiv/aktiv klasteru. Na ovim nodovima se takođe nalazi i web aplikacija „Control Panel“. Programski kod ove aplikacije je razvijen za okruženje Apache/PHP, MySQL i LDAP, MySQL i Apache [9].

### 4. CONTROL PANEL APLIKACIJA ZA ADMINISTRIRANJE KORISNIČKIH NALOGA NA @GOVHOST EMAIL SISTEMU

Control Panel aplikacija koja čini centralni deo @GovHostEmail sistema služi za administraciju email naloga na celom sistemu.

Preko ove aplikacije administratori mogu da administriraju (otvaraju/menjaju/gase) email naloge, vrše pregled i štampu, promenu statusa i resetovanje lozinke naloga.

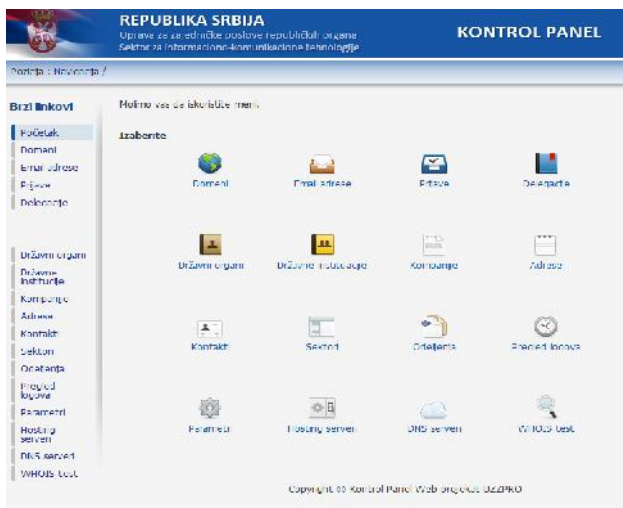
Postoje dve vrste administratorskih naloga:

- "root" administratori koji imaju apsolutna prava pri administraciji email naloga i podataka vezanih za email hosting i
- "delegirani" administratori čija prava se dodeljuju pojedinačno i mogu biti kombinacija gore navedenih prava i prava dodeljenih po određenom kriterijumu: po državnom organu/instituciji, sektoru, internet domenu i geografskoj adresi.

"Root" administratori su administratori koji su zaposleni u UZZPRO. Oni, preko svog interfejsa na Control Panel aplikaciji, imaju mogućnost da unesu/promene/obrišu državni organ, državnu instituciju kao i sve ostale podatke vezane za email hosting nekog organa: internet domene na kojima će biti otvarane email adrese, adrese lokacija na kojima se nalaze budući korisnici, kontakt osobe iz organa i njihovi podaci i organizacione jedinice (sektori i odeljenja).

Prilikom promene podataka o internet domenima, administratori mogu da menjaju i osnovne podatke o ovim domenima: kontakt osobe, DNS serveri, hosting podaci i slično.

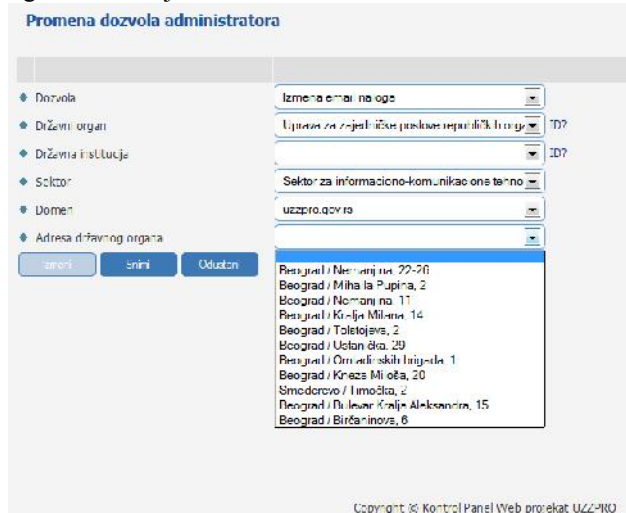
Istovremeno, "Root" administratori imaju uvid u logove korišćenja Control Panel aplikacije. U ovim logovima beleži se vreme, administratorski nalog kroz koji je vršena promena podataka i vrsta i opis promene podataka. Takođe, omogućena je i pretraga logova po specifičnom kriterijumu.



Slika 1. Korisnički interfejs „root“ administratora

„Root“ administratori mogu da otvaraju nove naloge na Control Panel-u, tzv. „delegirane“ administratore. Nalog „delegiranog“ administratora ima ograničene mogućnosti koje zavise od prava koja su mu dodeljena od strane „root“ administratora. Dodeljena prava mogu biti: izmena email naloga, pregled email naloga, promena statusa email naloga, resetovanje lozinke email naloga na početnu i unos email naloga.

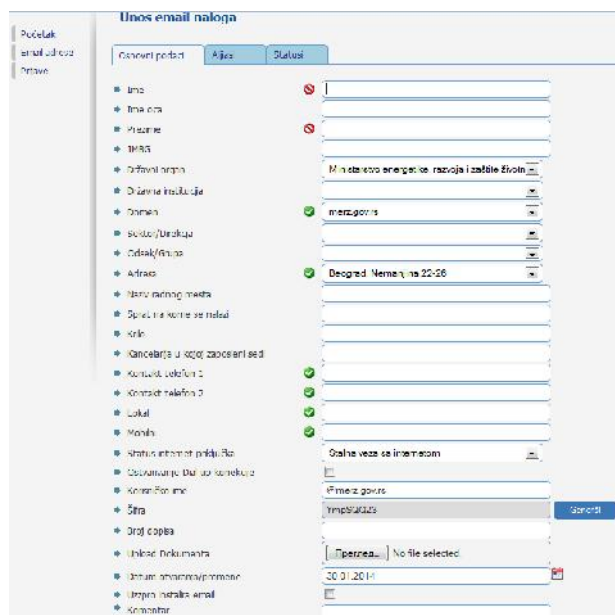
Navedena prava se ograničavaju na određeni državni organ/instituciju, a mogu biti dodatno ograničena i na određeni sektor, domen i lokaciju datog državnog organa/institucije.



Slika 2. Interfejs za dodelu prava „delegiranih“ administratora



Slika 3. Korisnički interfejs „delegiranih“ administratora



Slika 4. Forma unosa email naloga kojoj pristupa „delegirani“ administrator

"Delegirani" administrator može da vrši i pretragu naloga elektronske pošte po specifičnom kriterijumu, kao i da štampa i izvozi dobijene rezultate (word, excell, pdf itd.), a sve u okviru dodeljenih prava.

Opcija "Prijava" predstavlja deo Control Panel aplikacije preko kojeg budući korisnik može da popuni zahtev za otvaranjem naloga za elektronsku poštu. U zavisnosti od popunjenih podataka u zahtevu ovaj zahtev postaje vidljiv iz interfejsa "delegiranog" administratora pod čiju nadležnost spada. Ova nadležnost zavisi od podudarnosti popunjenih podataka u zahtevu i dodeljenih prava "delegiranog" administratora.

Na primer, ukoliko je korisnik iz Ministarstva ABC njegov zahtev će moći da obradi administrator kome su dodeljena prava administriranja email naloga Ministarstva ABC. „Root“ administratori vide sve zahteve, kao i sve email naloge.

Slika 5. Forma unosa zahteva za otvaranje email naloga

Deo „Control Panel“ aplikacije koji je označen kao "Lozinka" namenjen je krajnjem email korisniku i omogućava promenu informacija o korisniku, aktiviranje autoreply opcije, promenu lozinke i podešavanje dostupnosti korisnikovih informacija u web adresaru.

„Webadresar“ je takođe deo Control Panel aplikacije a preko kojeg korisnici sistema mogu naći podatke (ako je korisnik dozvolio vidljivost ovih podataka) o drugom korisniku (email adresu, lokaciju, telefon itd). Iz bezbedonosnih razloga, ova aplikacija je vidljiva samo iz mreže državnih organa. Korisnici koji nisu na UZZPRO mreži mogu joj pristupiti preko VPN naloga.

## 5. ZAKLJUČAK

@GovHostEmail sistem predstavlja po svojoj prirodi informacioni sistem čiji je odnos kvaliteta, performansi, fleksibilnosti i finansijskih zahteva na izuzetno visokom nivou. Implementacijom ovog sistema povećana je pouzdanost, kako u smislu boljih performansi, tako i u smislu otkaza dela hardvera. Takođe, stvoreni su uslovi za korišćenje naprednijih funkcija za krajnje korisnike i za administratore sistema.

Van „pikova“ kroz sistem prolazi više od 50 000 poruka na dnevnom nivou, a najveći broj aktivnih email naloga je u jednom trenutku iznosio 12 000.

Razvojem novih IKT-a kao što su Cloud Computing i dostupnošću novih pametnih telefona i mobilnih uređaja današnji, klasični e-mail sistemi polako postaju nedovoljni za potrebe budućih elektronskih korespondencija. U budućnosti ovi sistemi će biti, najverovatnije, samo mali delovi kompleksnih sistema koji će obuhvatati usluge kao što su instant messaging, video conferencing, document management sisteme i blogove. U istom pravcu se kreće i namera UZZPRO-a kada je u pitanju nadogradnja opisanog sistema.

## LITERATURA

- [1] Seyyed Hossein Raja „Securing Risks of Electronic Mail Based on the Type of Organization“ International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 3, No. 3, 2012.
- [2] Vlada Republike Srbije, „Zaključak 05 Broj: 030-4199/2008“, sednica Vlade RS održana 9. oktobra 2008.
- [3] Registar nacionalnog internet domana Srbije: „Odluka o delegiranju „gov.rs“ domena“, sednica Upravnog odbora 30.10.2007.
- [4] Ministarstvo za telekomunikacije i informatičko društvo: „Odluka o delegiranju „gov.rs“ domena broj 030-01-12/2007-01/1“, 19.12.2007.
- [5] Vlada Republike Srbije, "Zaključak 05 Broj: 030-8362/2011“, sednica Vlade RS održana 10. novembra 2011.
- [6] Lightweight Directory Access Protocol, <http://www.openldap.org/>
- [7] VMware vSphere Hypervisor, <http://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor/>
- [8] Heartbeat cluster, <http://linux-ha.org/wiki/Heartbeat>
- [9] Antonijević, A., "Izrada i integracija softverskog rešenja za e-mail sistem - dokument izvedenog stanja 3.0“, ATOS IT Solutions and Services, d.o.o Beograd, 2012.

# PRIMENA EKSTREMNOG PROGRAMIRANJA I SKRAMA NA RAZVOJ SPREDŠIT APLIKACIJA

## EXTREME PROGRAMMING AND SCRUM APPLIED ON SPREADSHEET APPLICATION DEVELOPMENT

Tamara Valok Radulović<sup>1</sup>

*Faculty of Organizational Sciences<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu analizirana su skorašnja istraživanja na temu spredšit aplikacija i njihovih uobičajenih grešaka. Kako neadekvatna metodologija razvoja može prouzrokovati greške u bilo kojoj vrsti aplikacija, ovaj problem se dodatno komplikuje kada je reč o spredšit aplikacijama, jer još uvek ne postoji metodologija razvoja specijalno kreirana za njih. U skorašnjim radovima autori su pokušali da primene neke od postojećih tradicionalnih metodologija razvoja informacionih sistema na spredšit aplikacije. S druge strane, ovaj rad pokazuje kako se najrasprostranjenije, netradicionalne, agilne metodologije razvoja, ekstremno programiranje i skram, mogu primeniti na spredšit aplikacije kako bi se izbegao ili barem redukovao pomenuti problem.

**Abstract** – This paper analyzes recent research referring to the spreadsheet applications and their common errors. As inadequate development methodology could cause errors in any kind of applications, this problem is even more complicated when it comes to the spreadsheets as there is still no development methodology specifically created for them. In the recent papers, authors tried to apply some of the existing traditional development methodologies for the information systems on spreadsheet applications. On the other side, this paper shows how the most widespread, nontraditional, agile development methodologies, Extreme programming and Scrum, could be applied on spreadsheet applications in order to avoid or at least reduce the mentioned problem.

### 1. INTRODUCTION

In the turbulent business environment every company strives to stay competitive. For that reason, companies invest significant financial resources in the business applications which give them ad hoc reports about the current status of a company and help decision making. In most cases those applications refer to Enterprise Resource Planning (ERP) systems. For those companies which could not provide such an expensive all-in-one business application, there are Spreadsheet applications which are the fairly well backup solution able to satisfy the business demands of the small and medium-sized companies.

Nowadays, spreadsheet applications are very popular applications since they are less expensive than the ERP, and the required time for their implementation and training is shorter. On the other side, these applications are also known for their common errors, so a lot of

research is based on this problem. Some research showed the similar errors happen in spreadsheet applications due to the poor development methodology. Actually, there is no development methodology specifically created for this kind of applications. For this reason, some researchers came to the idea to apply the traditional ERP development methodologies on spreadsheet application development. In this paper, the author is trying to show how nontraditional ERP development methodologies i.e. agile development methodologies could be applied on spreadsheets, which could help solving the already mentioned common spreadsheet errors.

This paper consists of the following: first, the introduction of spreadsheet applications, their development and common errors are given. Second, there is a survey of existing approaches to applying some of the information systems development methodologies on spreadsheet applications. This is followed by the introduction of the agile development methodologies, Extreme programming and Scrum, and comparison of the agile principles with the software engineering principles. Finally, Extreme programming and Scrum, the most popular agile methodologies, are applied on the spreadsheet development. The discussion of this is given in section 6 and the paper is concluded.

### 2. SPREADSHEET APPLICATIONS

Nowadays, spreadsheet applications are very widespread in small and medium-sized companies. Valuable business data is persisted using this kind of applications, and managed in order to get meaningful information for reports and decision making. Managing data means their persisting, organizing, calculating using some of the mathematical, textual, logical, financial, statistical functions built in the application, and finally presenting, performance measuring, analyzing, planning and decision making. These built-in functions provide complex situations to be analyzed through the heterogeneous possible scenarios.

Spreadsheet applications are considered user-friendly because of its ability to present data in various ways. Besides presenting data in separate datasheets, tables and formats, graphical appearance of data is also included, such as different kinds of charts, which facilitate getting the immediate state of some phenomenon. All this makes easy to organize data in a user preferable way. Today there are several spreadsheet vendors competing for this

market share, but the most popular is surely the Microsoft with its Excel application.

### 2.1. Spreadsheet application development

In order to develop usable spreadsheet application, programmers have to maintain high interaction with its end-users or even include them in programming team. To maintain usable even after some update is required, application has to have an ability to adapt to the changing business environment. As business changes, so does its model. Spreadsheets are considered very potential, because spreadsheet engineering allows frequent business model changes.

Spreadsheet engineering adapts the lessons of software engineering to spreadsheets, providing eight principles as a framework for organizing spreadsheet programming recommendations. Deployment of best practices is difficult and merits research [1].

This paper gives comparison of these eight principles with the principles of the agile development methodologies to show how agile methodologies could fit spreadsheet development.

### 2.2. Spreadsheet errors

Even though spreadsheet modelers interact with their end-users and have experience and knowledge to create usable applications, errors in spreadsheet applications are very common. Errors are thought to be prevalent in spreadsheets, and in some instances they have cost organizations millions of dollars [2]. Some authors [3] try to explain this by criticizing the bad trainings or even non existing trainings of modelers in any development methodology. They also underline that however sound a methodology is, we cannot expect modelers to undergo much training in software engineering, e.g. object orientation may be technically ideal, but not if modelers have to learn the Unified Modeling Language first.

Also, these authors, in their other paper [4], have classified the spreadsheet errors and created the spreadsheet error taxonomy. They have stressed there are various reasons for developing a taxonomy of spreadsheet errors, but the most important probably is that it forces us to clearly understand the characteristics of an error as well as the nature of its occurrence. In their research framework, they included two different approaches. The first is based on the nature and characteristics of errors, while the second one is based on the spreadsheet development life cycle. The second one approach should present the critical points throughout the development process which generate errors. Those critical points may be improved if the adequate spreadsheet development methodology is applied.

## 3. SURVEY OF EXISTING APPROACHES

Spreadsheet errors and their causes are the subjects of many recent papers. The papers showed plenty of different lapses which have occurred during the development process. All those lapses are associated with bad documentation, organization of work, design, programmers and end-users communication, and so on, indicating poor development methodology. As ERP applications implement some of the software development methodology, spreadsheet applications should as well. These methodologies are designed with the goal to organize people working on development, systematize the phases of their work, increase productivity, make user-friendly applications, minimize errors, and make applications easy to maintain.

In his paper [1] Grossman says that software must be engineered and one cannot assume a good software could happen spontaneously. As there have been many years of software engineering, some principles of good development practice emerged. Grossman says that principles of software engineering could also be applied on spreadsheet applications at least as a starting point, although they have not been verified on spreadsheets yet. Also, Grossman points out experimental evidence of non-existing correlation between user experience in using spreadsheets and productivity and quality. He proposes a theoretical explanation which may help improving existing practices.

A spreadsheet errors classification could be found in an interesting research [2] on spreadsheet errors and their sources. The authors of the paper mentioned some of the possible error causes such as lack of domain knowledge, illogical physical layout, limited or non-existent documentation and so on. They concluded that a company has to pay attention on good development practices and improvement of organizational culture, because they have noticed many spreadsheet applications were built in a way that violate good design practices. This research included five organizations. The one with the highly educated employees and excellent working culture has, as authors described, spreadsheets which were works of art, as they were well-documented, thoughtfully designed, easy to understand and error free. Another four organizations did not pay much attention on documenting the development process, design, simplicity and so on. In some of these organizations best and worst practices of spreadsheets development could be found depending on the culture of working teams.

The author of [5] introduced the idea of applying traditional information system development methodologies on spreadsheets. Two methodologies are selected, the waterfall and the spiral development methodology, as they have proven as a good development practices. The author has concluded that waterfall methodology could serve well when it comes to creating good documentation and continued development, at least as a starting point. Also, the author presents the spiral



methodology as very potential because of its characteristics of incrementality and continual improvement, development and implementation of new functions. On the other side, Grossman [1] points out that some spreadsheet programming projects start as modeling projects and evolve into a mixture of purposeful programming and continued modeling. As these projects could meet some substantial changes throughout the development process, development of spreadsheets must follow these changes. Looking at these situations, Grossman considers flexible lifecycle models more advantageous over less flexible development methodologies, such as the traditional waterfall.

#### 4. AGILE DEVELOPMENT METHODOLOGIES

Modern business requires fast and efficient responses to the changes in its environment, so flexibility is considered one of the most important characteristics of every company. According to Highsmith [6], agility presents the ability to respond to the changes in order to profit in a turbulent business environment. As every company has to be agile to stay competitive, new methodologies are introduced, so-called agile methodologies. First, they were created as methodologies for information systems, but with some minor modifications could be understood as project management methodologies.

Information systems development models used from 1970s to 1990s were trying to introduce some sort of discipline starting from information system idea, to the development, system documenting and testing. Agile methodologies do not agree with this, but stressing the importance of flexibility in system development [7].

Agile methodologies are based on the Agile Manifesto. The Agile Manifesto consists of twelve principles of agility explained in [8]. The methodologies which accept these principles and their values are considered agile.

The already mentioned eight software engineering principles explained in [1] and twelve principles of agile methodologies could be compared in order to show which agile principles are or are not in the agreement with the principles of software engineering. This comparison is given in the section 5.

##### 4.1. Extreme programming methodology

Extreme programming (XP) is known as the most popular agile methodology. XP has the ability to adapt to the changes in business environment, so it is considered very flexible methodology. This means it is able to adapt the lifecycle of information system development and that way remove the errors if happened. As being an agile methodology, XP does not promote a priori planning, but promotes fast development iterations. As a result, XP provides direct and working product to the customer which satisfied his current needs. This way, XP produces the simplest result that works. Being simplest means it

has the minimum possible integration points and the ability to adapt to the new customer demands easier.

The core value of this methodology is an oral communication with minimum documents, reports or plans. Because of this characteristic, one of the practices is programming in pairs which requires constant communication. XP is meant for small and medium-sized programming teams containing 6 to 20 people. These people are given the team roles which are not fixed, so e.g. programmer could become e.g. consultant in some different business situation. The team is divided into two groups. The first one consists of a customer and manager, and the second one is the technical part of the team, i.e. programmers, testers, controller and trainer. Besides those main roles, there are also consultant, analyst, operator, project manager and a person who takes care of possible risks.

XP methodology consists of five phases: research, planning, iterations, production and maintenance.

The first Extreme programming phase is research which clearly defines the vision and mission of the system. During this phase, programmers are given customer requirements which are then interpreted and translated into so-called user stories. These stories are not the same as the use cases, but they consist of 3-4 sentences written in non-technical language. User stories are held by programmers and they are used to describe customers' needs and for estimation of the required time and methods for their successful implementation.

In the phase of planning, programmers analyze user stories and plan how to arrange them into deliveries. If possible risks are noticed, programmers warn customers about them. After the deliveries are carefully planned, they are divided into iterations. As iteration delivers specific value, programmers should take care that iteration makes improvement compared to the previous one. The length of the each iteration is controlled by the customer.

After arranging the user stories into deliveries, the stories are divided into programming tasks. This is the phase of iterations when programming starts. Programmers chose the preferred tasks and estimate the time required for their implementation. First, programmers write tests and then start programming in pairs. Throughout the iterations, they perform integration which is supported in modern programming environments.

According to company's need and system itself, the phase of production could be done in several ways such as big bang, phased approach, parallel approach, etc.

As every system changes during time, continual maintenance is required after the system was implemented. The automated platforms for testing the system support the system modifications when they are

needed. As changing requirements are considered frequent, it is necessary to develop these platforms.

#### 4.2. Scrum methodology

Besides Extreme programming, Scrum is one of the most popular agile development methodology meant for the complex software projects. It uses the iterative incremental approach which consists of simple processes and fast feedback. Like Extreme programming, Scrum also supports changing of project requirements even those which are unpredictable.

One of the most important things for the Scrum is the team work. Scrum consists of several autonomous and self-organized teams. The implementation of the application increment is done in parallel by these teams. At first only high level demands are implemented, and later the application increment is extended to more specific ones. To handle this way of development, Scrum methodology needs a product owner as representative of customer, a scrum master, and the rest of the team specialized for the various development fields.

Scrum consists of three phases: preparation, development and final phase.

Preparation phase includes defining plans and goals of the project according to the vision of a company, so scrum team and its customers could understand and cooperate with each other better. The most important thing to be done in this phase is creation of the product backlog where the product means application. It presents a list of the application requirements. It consists of the application characteristics, functionalities, updates and upgrades to be made. They are all described by the priority and time estimations. Also in this phase the scrum team is formed. The team works according to the product backlog starting with the highest priority items. In situations of changes in the business environment, the team has to go back to the product backlog and change it accordingly.

Once a product backlog is created, a development phase could start. This phase is done through the iterations called the sprints which last from two to four weeks. During the sprint, team works on the several items from the product backlog which are then called the sprint backlog. During the sprint, every day a daily meeting is held. It is called the daily scrum. During these meetings team members have to present what have been done since the last meeting, if there have been some unpredictable problems and the idea of solving them. This way team could exactly know how far the project has reached. Finally, the result of each sprint is the application increment called the demo which should be presented to the customer.

When all the items from the product backlog are implemented and the customer agrees the application satisfies all the requirements, final phase could start. This

phase includes final application integrations, final testing and documenting the application.

### 5. AGILE PRINCIPLES VS. SOFTWARE ENGINEERING PRINCIPLES

Because not every methodology could be applied on each software, best development practices emerged as well proven methodology in some business situation. Software engineering and agile principles both consider best development practices situation-dependent. When choosing development methodology, best practices have large impact when it comes to software engineering. On the other side when it comes to agile principles, although choosing the best practices, the chosen methodology is revised at regular time intervals and adapted if needed.

Both agile and software engineering principles pay a lot of attention on the design and social factors. Programming is considered social not individual activity which needs to be managed appropriately. Agile principles go even further claiming that business people and development team have to work together daily to develop working software reducing possible errors to minimum. Also, one of the agile principles stresses the need for forming the self-organizing teams.

Software engineering needs application requirements in advance to produce the working application. On the contrary, agile principles do not need a priori requirements, but only those requirements which are necessary for the development of the first working application version and later extend them and accept the new ones. This is because agile principles stand for the frequently working software delivery.

Similar to that, software engineering principles claim lifecycle planning and predicting future are very important when it comes to software development. In contrary to that, agile principles welcome the changing requirements and sustainable application development which are very important characteristics when it comes to spreadsheet application development.

### 6. AGILE DEVELOPMENT METHODOLOGIES APPLIED ON SPREADSHEET APPLICATIONS

The idea of applying agile methodologies on spreadsheet applications could be found in [9] where the author said that just as there were many development methodologies for software, especially new agile methods, spreadsheet development might be done in nontraditional ways, especially agile methods. His idea was extended in this paper showing how the most popular agile methodologies, Extreme programming and Scrum, could be used as spreadsheet development methodologies.

#### 6.1 Extreme programming methodology applied on Spreadsheet application development

As spreadsheet applications are known for their common errors and changes of business requirements, it could be concluded that Extreme programming should suit well for the development of spreadsheet applications as it promotes fast iterations and adaptation to the changing requirements. These characteristics should help in discovering spreadsheet errors and remove them in the early development phases. Also, division of team roles as specified by XP could be applied on spreadsheet development team, as it needs manager, programmers, testers, consultant, analyst and finally trainer as well.

When developing spreadsheet applications, programmers and end-users should interact often or even end-users should be included in the development team. This is especially important when it comes to the writing functions. First, end-users have to have a clear picture of their demands to be able to write stories. When the stories are written, programmers should be able to interpret and translate them into the programming language i.e. functions. It is obvious that programmers should recognize those parts of the stories which would present user inputs, outputs and logic of the function. Also, the stories should specify the form of the expected output which could be in the simple text format, or presented graphically.

The phase of planning should be carefully done since it considers iterations. As those iterations are interconnected, the programming should be planned in a way to reduce dependencies. First, programmers and end-users should agree about the prioritizing the stories. After that, programmers should be able to notice if some problems could emerge considering integrations with the next iteration. These problems could be omission of some data in the current iteration which should appear in the next iteration, or incomplete stories which would result in incomplete spreadsheet. Also problems could appear if prioritizing the stories was not done well, which is very common in situations of interdependent functions. This could be solved if interdependent functions are defined in the same iteration. Appearance of these errors is the reflection of poor planning.

Actual programming starts in the phase of iteration. After the functions and their inputs and outputs are recognized from the stories, programmers have to start programming them. The programmers have to choose the adequate data formats, the way of data imports and exports, and data presentation. After defining all that considers data, programmers have to write functions that would manipulate these data. The functions should accept the defined data input and after the specified calculation they should present the output data in a user preferable way. This could be in a text, tabular or graphical format. Anyway, the output data should be presented in user-friendly way. Also, it is very important for functions to be independent, so that way they could be used as much as needed throughout the different sheets and stories. Independent functions are easier to test as well. The tests are especially important for spreadsheet applications

because of their frequent errors. They are used for validating the functions and the whole spreadsheet.

Production phase means putting the spreadsheet application into work. If everything was planned well and iterations were carefully specified, errors would rarely or not emerge at all. In this situation, big bang seems like an adequate solution for putting the application into production. However, in situations when additional checking is needed, company could choose phased approach or parallel approach. Many companies choose parallel approach to test the new application putting it to work in parallel with the old one. This gives the chance to test the applications readability, speed of response, design, integration, degree of the user-friendliness and the overall view.

After putting the application into work, the phase of continual maintenance could start. In this phase automated platforms for testing are used in situations of making some modifications on the application. These modifications could be changing the input data formats, data sources, output data formats, number of function inputs, function logic, representation of data output, data exports etc. Also, maintenance considers user trainings which should teach the users to use the spreadsheet application adequately i.e. in a specified way. Handling the application inadequately could cause some unpredictable errors, so programmers should be warned of them. If they happen, programmers should take some modification steps such as writing additional restrictions on the application or defining some privileges.

## 6.2. Scrum methodology applied on Spreadsheet application development

After observing the Scrum characteristics, we could assume this methodology should be successfully applied on the development of spreadsheet applications. At start, it is necessary to know the main idea of the application. Later on this idea is expanded. The team working on the application should be self-organized according to agreement with the customers and work on their own organized schedule. A scrum master manages the team, but gives them freedom in organizing. The specialized team which consists of spreadsheet programmers, testers and designers, is in constant communication with the product owner, i.e. customer and spreadsheet end-users to be sure the application would satisfy the demands.

If Scrum is applied on spreadsheet development, the most important thing to do in the preparation phase is creation of product backlog. As it is already said, at first only the most relevant demands are known. This should be enough to specify the spreadsheet windows with the required user input regions, visual identity, standards of data formats and their presentation, standards for writing the application functions and presenting their outputs, etc. As more demands are added to the product backlog, the spreadsheet application is extended accordingly.

In the development phase scrum team starts working on the highest prioritized items from the product backlog. If there are some problems or some modifications are needed, programmers have to update the product backlog. On the daily scrum meeting programmers could get new ideas from each other considering readability of the spreadsheet or modularity of the created functions. Also, when presenting their plans for tomorrow work, it could happen someone's task has to wait for someone else's to be done. In this situation, reprioritizing of tasks has to be done.

After the development phase has finished, the final phase starts. This phase is very important since it tests the previous one. The programmers are responsible for writing tests and handling the possible development errors. These errors could include inadequate data input or output formats, bad logic of a function or logic that does not follow the specified standards, presentation of data in non user-friendly way, etc. Error could also happen if some data or function is left unused, because it is unnecessary thing on the spreadsheet. Also, if spreadsheet is unnecessarily large, it should be revised. In situations when some data should be locked or have limited access, programmers could write additional privileges or lock the cells holding them. Finally, documenting the application is left for the very end. This preserves a significant amount of time and avoids errors which could happen if correcting the documentation after each sprint.

## 7. CONCLUSION

A lot of papers are written on the subject of spreadsheet applications, as they become popular in business world. One of the most important concerns about this kind of applications is appearance of their common errors which happen during application development. Many different authors blame development methodology for this problem, when none methodology is applied or the wrong one is chosen. Looking at this problem, this paper presented the idea of applying two currently the most popular nontraditional agile methodologies on spreadsheets, Extreme programming and Scrum. After analyzing their characteristics, they seem to fulfill all the spreadsheet development requirements. Besides being the most popular agile methodologies, XP and Scrum are chosen for the reason of their ability to support the changing requirements, team work and iterative approach. If applied on spreadsheet applications, development processes would be simple, phases well organized and final goals clear. As XP is stricter than Scrum, it should be considered with the companies having the higher level of control. On the other side, Scrum should be considered with the companies where teams are given more freedom in their organizing. However, both methodologies stress the importance of team work which helps preventing retransmission of errors. Also, both XP and Scrum provide time preserving and errorless documentation because testing and documenting the application is done after the appropriate processes and phases have finished. The practical demonstration of applying Extreme programming and Scrum on spreadsheet applications is

left for the future research. It should prove that the idea of applying agile methodologies on spreadsheets is applicable since this paper gives only theoretical point of view.

## LITERATURE

- [1] Grossman, T. A. (2002). Spreadsheet Engineering: A Research Framework. *European Spreadsheet Risk Interest Group Symposium*.
- [2] Powell, S. G., Lawson, B., and Baker, K. R. (2007). Impact of Errors in Operational Spreadsheets. (str. 57-67). Eusprig.
- [3] Knight, B., Chadwick, D., and Rajalingham, K. (2000). A Structured Methodology For Spreadsheet Modelling. *Spreadsheet Risks, Audit and Development Methods. 1*, str. 43–50. EuSpRIG.
- [4] Rajalingham, K., Chadwick, D. R., and Knight, B. (2001). Classification of Spreadsheet Errors. *EuSpRIG*.
- [5] Iščjamović, S. (2012). Mogućnost razvoja spredšit inženjerstva po uzoru na metodologiju razvoja informacionih sistema. *Strategijski menadžment*. Bor: Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za menadžment.
- [6] Highsmith, J. A. (2004). *Agile Project Management*. Boston: MA : Addison-Wesley.
- [7] Pfleeger, S. L., and Atlee, J. M. (2009). *Software Engineering: Theory and Practice* (4th izd.). Prentice Hall.
- [8] Fowler, M., and Highsmith, J. (2001). The Agile Manifesto. *Software Development*, 28-32.
- [9] Panko, R. R. (2007). Recommended Practices for Spreadsheet Testing. *CoRR*.

# PODRŠKA RAZVOJU MULTIPLATFORMSKE WEB APLIKACIJE U ASP .NET MVC 4

## SUPPORT TO DEVELOPMENT THE MULTI-PLATFORM WEB APPLICATIONS IN ASP. NET MVC 4

Zoran Veličković<sup>1</sup>, Milojko Jevtović<sup>2</sup>, Zoran Milivojević<sup>1</sup>

*Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš<sup>1</sup>*

*Iženjerska akademija Srbije, Beograd<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazan razvoj multiplatformske Web aplikacije u integrisanom razvojnom okruženju ASP .NET MVC 4. Korišćen je šablon Internet aplikacije koji je modifikovan na način da jednako dobro izgleda i u desktop i mobilnim Web čitačima. Primenom ovog rešenja se mogu razvijati Web aplikacije za široku klasu korisnika sa heterogenom terminalnom opremom.

**Abstract** - This paper presents the development of multiplatform Web applications integrated development environment ASP. NET MVC 4. We used a template Internet applications that is modified in a way that looks as good in desktop and mobile browsers. Application of this solution can be developed Web applications for a wide class of users with heterogeneous terminals.

### 1. UVOD

Savremene RIA (engl. *Rich Internet Application*) aplikacije podrazumevaju funkcionalnost sličnu desktop aplikacijama [1]. Obzirom da su RIA aplikacije deo Web 2.0 standarda, karakterišu se prijatnim korisničkim interfejsom koji omogućava jednostavan pristup svim funkcionalnostima Web aplikacije. Pored ostalog, za prezentaciju svojih sadržaja RIA aplikacije koriste multimedijalne sadržaje kao što su animacije, video ili VoIP (engl. *Voice over Internet Protocol*). Poznato je da multimedijalne aplikacije potražuju veliki mrežni protok i zahtevaju zadovoljenje odgovarajućeg aplikacijskog QoS-a (engl. *Quality of Service*) [2]. Podrška multimedijalnim Web aplikacijama se realizuje specijalizovanim protokolima koji su postali standard u svim savremenim digitalnim mrežama [3]. U heterogenoj multiservisnoj mreži kakav je Internet, nije jednostavno dizajnirati Web sadržaje koji bi bili dostupni širokoj klasi korisnika. Jedno od rešenja koje omogućava dostupnost Web sadržajima najširem krugu korisnika (bilo desktop bilo mobilnim) je korišćenje Web čitača za korisnički interfejs RIA aplikacija. Međutim, pored funkcionalnosti koje RIA aplikacije treba da zadovolje, njihov imperativ je da dobro izgledaju na svim platformama. Ovo je veliki dizajnerski i programerski izazov.

Raspodela aplikacionih poslova na klijentski i serverski deo, može imati pozitivan efekat na funkcionalnost i brzinu odziva Web aplikacije. Obzirom na činjenicu da se klijentski interfejs RIA aplikacija realizuje u Web čitačima, oni imaju presudnu ulogu na izgled i funkcionalnost Web aplikacije. Zbog uticaja na izgled i funkcionalnost Web aplikacija, međusobna kompatibilnost Web čitača je izuzetno važno pitanje koje Web dizajneri vrlo često postavljaju. Nekompatibilnost

Web čitača je često izvor problema lošeg izgleda i nezadovoljavajuće funkcionalnosti Web aplikacije. Trend pregledavanja Web sadržaja mobilnim platformama je već postojeći problem kompatibilnosti između Web čitača samo uvećao. Dizajn Web aplikacija koje se istovremeno mogu efikasno pregledavati i na mobilnim i desktop uređajima stvorio je novi izazov Web dizajnerima i programerima. Dizajn Web aplikacija koje izgledaju podjednako dobro i poseduju odličnu funkcionalnost na svim platformama nije jednostavan zadatak. Prilikom dizajna mobilnih aplikacija treba voditi računa o specifičnostima mobilnih platformi i nešto drugačiju upotrebu samih uređaja. Često mobilni Web čitači imaju redukovani skup funkcija i nešto skromnije računarske mogućnosti [4].

Kreiranje posebnih Web aplikacija koje su namenjene samo jednoj klasi korisnika je bilo prvo rešenje koje je našlo primenu u praksi. Tako su Web aplikacija kreirane samo za mobilne korisnike još uvek prisutne na Webu. Međutim, iako su ova rešenja prisutna i danas, ona se ne smatraju dobrim. Druga generacija dizajna mobilnih Web aplikacija je zasnovana na adaptaciji desktop verzije na mobilnu putem zastupničkog servera mobilnih korisnika. Adaptacija Web sadržaja se obavlja na zastupničkom serveru (pre slanja klijentu), korišćenjem nekog od serverskih skript jezika. Dakle, na zastupničkom serveru se izrađuje potpuno nova Web stranica u trenutku izvršenja (upita), tako da se njen sadržaj može adaptirati klijentskom Web čitaču. U praksi su prisutna i rešenja koja koriste automatsko konvertovanje desktop Web stranica u mobilne, ali ona ne daju prihvatljiva rešenja. Najbolja rešenja se dobijaju kada se dizajnira posebna stilizacija Web sadržaja za mobilne korisnike. Ovo naravno ima za posledicu divergenciju korisničkih zahteva, što dizajn Web aplikacija znatno usložnjava.

Koncept koji bi razdvojio sadržaj Web stranice od njenog izgleda bi omogućio prikaz istovetnog Web sadržaja na različite načine. Ovo bi omogućilo da se uvažavaju specifičnosti klijentskih terminala. Ova ideja je realizovana u XML (engl. *eXtended Markup Language*) tehnologiji [1], [4]. Benefit koji donosi ovaj koncepta je da se ne dupliraju istovetni sadržaji na serveru za različite korisnike. Dakle, sadržaj Web stranice se čuva na jednom mestu (odvojeno od konkretne realizacije), a pri svakoj realizaciji se koristiti po potrebi. Jedino što treba čuvati za konkretnu realizaciju su odvojeni fajlovi stilova za različite klase korisnika. U prethodnim radovima je razmatrano nekoliko načina da se to uradi [5], [6]. Najznačajniju ulogu u stilizaciji stranica ima CSS (engl. *Cascade Style Sheet*) specifikacija u svojoj trećoj verziji. Pored uvažavanja karakteristika terminalne opreme,

novija rešenja prepoznaju i tip Web čitača, čime se adaptacija sadržaja prilagođava njihovim specifičnostima.

Najnovije rešenje koje je ponudila kompanija *Microsoft* za dizajn Web aplikacija koje rade besprekorno i na desktop i na mobilnim Web čitačima je ASP.NET MVC 4/5. MVC (engl. *Model View Controller*) koncept uvodi novi skup funkcija koje imaju za cilj da pomognu programerima pri kreiranju multiplatformskih Web aplikacija [7]. ASP.NET MVC 4/5 formira HTML kod koji je kompatibilan sa HTML 5 i CSS 3 standardom tako da koristi nove semantičke oznake kao što su `<header>`, `<footer>`, `<nav>`, `<section>`, i pojednostavljena `<!DOCTYPE html>` direktiva.

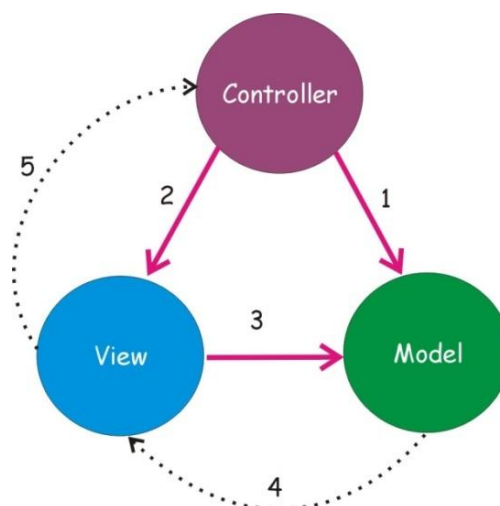
U ovom radu se razmatra problem kako dizajnirati multiplatformsku Web aplikaciju koja dozvoljava pristup velikom broju klijenata sa širokom paletom uređaja. Na primeru jednostavne Internet Web aplikacije zasnovane na MVC 4 šablonu su pokazane mogućnosti koje pruža ovo razvojno okruženje. Struktura rada je sledeća. U drugom poglavlju je razmatrana arhitektura MVC aplikacija i dat je funkcionalni opis pojedinih blokova. Razvoj multiplatformske Internet aplikacije u MVC ASP .NET okruženju je predstavljen u trećem poglavlju. Prikazani su detalji realizacije i deo izvornog kôda koji je generisao izabrani MVC šablon. U četvrtom, završnom poglavlju, su date perspektive ovog rešenja u primeni na multiplatformske Web aplikacije. Dobijeni rezultati potvrđuju dobre perspektive ovog koncepta.

## 2. ARHITEKTURA ASP .NET MVC APLIKACIJE

ASP.NET MVC je besplatno *Microsoft*-ovo rešenje za Web aplikacije koje koriste MVC šablon (engl. *pattern*) [8], [9]. Obzirom da se ovaj koncept zasniva na ASP.NET platformi, mogu se koristiti aplikacioni programski interfejsi API (engl. *Application Programming Interface*) kao kod tradicionalnih ASP.NET Web Forms aplikacija. Glavni cilj dizajna sa šablonima je da se izoluje poslovna logika od korisničkog interfejsa kako bi se glavna pažnja posvetila strukturi Web aplikacije [10]. Dobro definisana struktura Web aplikacije obezbeđuje njeno lakše održavanje i testiranja. Svaka ASP .NET MVC aplikacija ima tri osnovna dela: model (engl. *models*), pogled - izgled (engl. *views*) i kontroler (engl. *controller*). Na slici 1 su prikazane komunikacije između osnovnih delova MVC aplikacije. Punim linijama su predstavljene direktne, a isprekidanim indirektno komunikacije između delova ASP .NET MVC aplikacije. Značenje pojedinih oznaka su sledeće:

1. Procesiranje zahteva – direktna komunikacija;
2. Vraćanje odgovora klijentu - direktna komunikacija;
3. Slanje kao dela zahteva - direktna komunikacija;
4. Slanje za prezentaciju klijentu – indirektna komunikacija;
5. Slanje klijentskog zahteva – indirektna komunikacija.

Model ASP .NET MVC aplikacije se realizuje od klasa koje obrađuju podatke i na taj način formiraju poslovnu logiku. Obradu podataka pokreću klase iz kontrolera koje su zadužene za obradu klijentskih zahteva. Po završenoj



Slika 1. Implementacija MVC koncepta u .NET-u, direktna (puna linija) komunikacija i indirektna (isprekidana linija) komunikacija između delova MVC aplikacije.

obradi podataka, pozivaju se klase koje oblikuju odgovor na klijentski zahtev u vidu HTML koda koji se prikazuje na klijentskom računaru. Prva verzija ASP .NET MVC radnog okruženja se pojavila 2009. godine, dok je ASP .NET MVC 2 realizovan 2010. ASP .NET MVC 3 je bio dostupan 2011. godine, a verzija MVC 4 se pojavljuje kao sastavni deo Visual Studia 2012. Trenutno je aktuelna verzija ASP .NET MVC 5 koje se pojavljuje krajem 2013. godine. U ASP .NET MVC 4/5 je realizovan novi skup funkcija koje imaju za cilj da pomognu programerima pri kreiranju Web aplikacija koje rade besprekorno i na desktop i na mobilnim Web čitačima.

### MVC Kontroleri

MVC kontroleri obrađuje klijentske zahteve za Web stranicama koji su pristigli putem HTTP protokola. Kontroleri su .NET klase izvedene iz klase `System.Web.Mvc.Controller`. Ime kontrolera je proizvoljno, ali se mora završavati rečju `Controller`. Koncept MVC-a podrazumeva da se svaki klijentski zahtev obrađuje zasebnim kontrolerom koji zapravo predstavlja jednu .NET klasu. Metode članice ovih klasa za obradu klijentskih zahteva se nazivaju akcionim metodama i obično vraćaju objekte tipa `ActionResult`. Za specifične primene izveden je čitav niz klasa. Pregled najčešće korišćenih klasa izvedenih iz klase `ActionResult` koje se koriste za vraćanje rezultata rada akcionih metoda je dat u nastavku:

- `ViewResult`: Koristi se da vrati prikaz koji će se realizovati u čitaču. Ovo je najčešći `ActionResult` objekt.
- `PartialViewResult`: Sličan sa `ViewResult`-om, vraća pacijalni prikaz.
- `ContentResult`: Služi za vraćanje bilo kojeg sadržaja. Podrazumevano se koristi za vraćanje običnog teksta, dok se aktuelni sadržaj može eksplicitno definisati.
- `EmptyResult`: Ovo je ekvivalent `void` metoda, po definiciji radi se o `ActionResult` objektu koji ne čini ništa.

- *FileResult*: Koristi se da vrati binarni sadržaj (primer preuzimanje fajla).
- *HttpUnauthorizedResult*: Može se vratiti *HttpUnauthorizedResult* objekt kada se zatraži zabranjeni objekt (primer: zahtev za pristup objektima od strane neautorizovanog korisnika). Pretraživač će biti preusmeren na prijavnu stranicu.
- *JavaScriptResult*: Koristi se da vrati JavaScript kod.
- *JsonResult*: Koristi se da vrati objekt u JSON (engl. *JavaScript Object Notation*) formatu.
- *RedirectResult*: Koristi se za redirekciju HTTP zahteva na drugi URL. Može se definisati trenutna (kôd 302) ili stalna (kôd 301) redirekciju.
- *RedirectToRouteResult*: Koristi se da obavi redirekciju HTTP zahteva, specifičnom putanjom.

### MVC Routing

Proces kojim se započinje obrada klijentskog zahteva se u MVC kontekstu naziva „*routing engine*“. Zapravo, MVC ruting je odgovoran za preslikavanje klijentskog zahteva u poziv odgovarajućoj metodi nekog MVC kontrolera. Rezultat rada akcione metode je objekt koji treba vratiti korisniku na njemu pogodan način. Adaptacija rezultata akcionog metoda se obavlja u odeljku *Views* gde se mogu uvažiti specifičnosti klijentskog Web čitača i hardverske platforme. ASP .NET MVC ruting omogućava kreiranje logičkog skupa URL-ova koji su nezavisni od strukture datoteka Web aplikacije na serveru. URL-ovi dobijeni na ovaj način su deskriptivniji i korisnički razumljiviji. Sa druge strane ovi URL-ovi su prepoznatljiviji pretraživačima čime se ostvaruje veća vidljivost Web aplikacije. „*URL pattern*“ je definicija segmenata koji sačinjavaju URL zahtev. Svaki segmet se sastoji od jednog ili više “čivara mesta” (engl. *placeholders*) razdvojenih literalima - najčešće se koristi crtica (engl. *hyphen*). Segmenti se razdvajaju kosom crtom „/“ (engl. *slash*). Čuvari mesta se definišu svojim imenom koje se nalazi između vitičastih zagrada: `{controller}/{action}/{id}`. Svaka ASP. NET MVC aplikacija poseduje skup ruting objekta koji predstavljaju dozvoljene rute koje se nazivaju ruting tabele. Ruting tabele se formiraju prilikom prvog startovanja aplikacije. Metod `RegisterRoutes()` statičke klase `RouteConfig` formira ruting tabelu čija se podrazumevana vrednost dobija kodom prikazanim na slici 2.

```
public class RouteConfig
{
    public static void
        RegisterRoutes(RouteCollection routes)
    {
        routes.IgnoreRoute("{resource}.axd/{*pathInfo}");
        routes.MapRoute(name: "Default",
            url: "{controller}/{action}/{id}",
            defaults: new {controller = "Home",
                action = "Index",
                id = UrlParameter.Optional});
    }
}
```

Slika 2. Programski kod za formiranje podrazumevane rute MVC šablona Internet aplikacije (podrazumevano ime domena je Home, a akcionog metoda Index).

### MVC Views

Kôd kojim se opisuje sadržaj dinamičkih Web stranica se nalazi na serverskoj strani. Izvršavanje serverskog kôda će proizvesti konačan HTML kôd i time odrediti definitivan izgled Web stranice kod klijenta. Prilikom kreiranja izgleda, u ASP .NET MVC treba specificirati „*view engine*“ koja će se koristiti za procesiranje serverskog koda. Na raspolaganju su dve tehnike: *ASPX* - originalna tehnika razvijena još u verziji ASP.NET MVC 1, i *RAZOR* - nova tehnika koja koristi jednostavnu fluidnu sintaksu. Obe tehnike poseduju specifičnu sinatksu za rad sa serverskim elementima i proizvode specifičan izgled koji će se ostvariti u klijentskom čitaču. Važan dodatak u ASP.NET MVC 4 su „*Display Modes*“ koji omogućavaju aplikacijama da izaberu prikaz koji je pogodniji za klijenta. Na ovaj način se može uvažiti činjenica da se sve češće pristupa Web stranicama putem mobilnih uređaja. Uobičajeno je kreiranje *View* klasa za svaki akcioni metod sa istim imenom. Postoje nekoliko baznih karakteristika koje karaktrišu različite *View*-e:

- *Strongly-typed view*: strogo tipiziran *view*, prihvata poznat tip modela kao parametar akcione metode;
- *Partial view*: definiše parcijalni *view* kao deo HTML koda koji se može ponovo koristiti u drugim *view*-ima;
- *Layout or master page*: definiše *view* prema generalnom izgledu sa logom, menijem, zaglavljem i začeljem stranice.

### MVC Modeli

Modeli u ASP. NET MVC predstavljaju skup objekata kojima se implemntira funkcionalnost Web aplikacije. U ASP .NET MVC konceptu postoji nekoliko tipova modela: model podataka (engl. *data model*), poslovni model (engl. *business model*) i *view* model. Zajedničkim imenom skup ovih modela se naziva „*domain model*“. Posebno je značajan model podataka koji obezbeđuje interakciju sa bazom podataka. Poslovni model se koristi za opis poslovne logike i tesno saraduje sa modelom podataka prilikom dobijanja podataka ili njihovog smeštanja u bazu. *View* model služi za prosledivanje informacija od kontrolera do *view*-a. Obzirom da se klase koje podržavaju rad sa bazom podataka najčešće realizuju u nekom objektno-orijentisanom programskom jeziku (C# ili VB .NET) koristi se apstrakcioni sloj za formiranje upita bazi podataka. Model podataka se može formirati automatski ili implementacijom ADO .NET.

## 3. RAZVOJ APLIKACIJE U ASP .NET MVC 4

### MVC Model Web aplikacije

Dizajn ASP .NET MVC 4 Web aplikacije stratuje formiranjem novog projekta u Visual Studiju 2012 [7]. U prozoru *New Project* treba izabrati ASP .NET MVC 4 Web aplikaciju koja se razvija u programskim jezikom C#. Na raspolaganju su šabloni karakterističnih MVC aplikacija sa sledećim nazivom: *Empty*, *Basic*, *Intranet Application*, *Mobile Application*, *Web API*, *Single Page Application* i *Facebook Application*.

U ovom radu je prikazan razvoj multiplatformske Web aplikacije u C# za šablonizovani model tipične Internet aplikacije. Izabrani model Internet aplikacije poseduje kompletnu Web aplikaciju koja podržava HTML 5 i CSS 3 specifikaciju. Pored ostalog, Internet model MVC aplikacije poseduje formu za autentifikaciju u *Account* kontroleru. Posle izbora modela, treba se opredeliti za način formatiranja HTML koda (engl. *view engine*), koji je ključni činilac u formiranju izgleda Web strana. *Razor* je preporučeni način formatiranja HTML koda za nove aplikacije. Posle formiranja projekta u Visual Studiju na osnovu šablona Internet aplikacije, dobija se bogat *Solution Explorer* prozor sa komponentama koje su pridružene projektu. Komponente aplikacije su svrstane u više foldera, a najznačajniji od njih su: *Models*, *Views* i *Controllers*.

U folderu *Controllers* se smeštaju kreirane programske klase kontrolera. Ove klase su odgovorne za opsluživanje klijentskih zahteva. Metode u ovim klasama, kako je već rečeno, se nazivaju akcionim metodama i vraćaju neki oblik rezultata korisničke akcije. Akcioni rezultat može biti HTML kod, objekt određenog tipa ili čak izuzetak. Važna karakteristika MVC tehnologije je da se pristup kontrolerima i akcionom metodama u okviru njih može ostvariti samo putem odgovarajućeg URL-a. Dakle, klijentski zahtev u formi URL-a se upućuje domenu koji treba da na osnovu URL-a prepozna kontroler i u okviru njega traženu metodu. Već je napomenuto, za razliku od klasičnog načina pristupa Web sadržajima (kada se pristupa određenim dokumentima - fajlovima), u MVC arhitekturi se pristupa akcionim metodama. Procesiranje klijentskog zahteva započinje preslikavanjem HTTP zahteva u poziv odgovarajućoj akcijijskoj metodi. Spisak tipova koje mogu vratiti akcijijske metode date su odeljku o arhitekturi MVC-a. Najčešći tip koji vraćaju akcione metode je *View* koji zapravo predstavlja HTML kod će se kasnije interpretirati na klijentskom računaru. Ako akciona metoda vrati tip *ViewResult*, ASP.NET MVC će pozvati HTML stanicu i poslati je na prikazivanje klijentskom čitaču. Stranice koje se vraćaju klijentu se smeštaju u *View* direktorijum koji se može videti u prozoru *Solution Explorer*. Često se kao rezultat rada akcione metode vraća samo HTML kod. Nedostatak ovog pristupa je što se njime mogu predstaviti samo statički sadržaji Web stranice. Obzirom na činjenicu da se HTML kôd dinamičke Web stranice formira u trenutku upita, dobro je dopuniti ga serverskim skriptovima koji će Web stranicu učiniti dinamičkom.

#### Multiplatformska MVC Internet aplikacija

Dizaj multiplatformske ASP.NET MVC 4 Web aplikacije se bazira na mogućnosti formiranja više akcionih metoda sa pripadajućim *View*-om koji je prilagođen različitim klijentskim platformama [8]. Za svaki akcioni metod se formira odgovarajući HTML kod („*view*“ stranica) kao odgovor akcionog metoda. Imena „*view*“ stranica su jednaka imenima akcionih metoda sa ekstenzijom *.cshtml*. Ako se izabere opcija „*Layout or master page*“ definiše se izgled Web stranice prema generalnom konceptu sa logom, menijem, zaglavljem i začeljem stranice. Izbor ove opcije pruža konzistentan

izgled svim stranicama Web aplikacije. Načinjene izmene na master stranici sprovode se na svim stranicama aplikacije. Podrazumevani izgled master stranice se čuva u fajlu *\_ViewStart.cshtml*. Zapravo sam HTML kod se čuva u *\_Layout.cshtml* fajlu u folderu *Shared*.

Zaglavlje koda iz *\_Layout.cshtml* fajla je prikazano na slici 3 i predstavlja šablon koji se podrazumevano implementira za ovu vrstu aplikacije. Značajno je primetiti da ASP.NET MVC 4 implementira HTML5 kôd, što se identifikuje `<!DOCTYPE html>` direktivom. Takođe, na samom početku kôda se formiraju reference na spoljašnje fajlove u kojima se nalaze skriptovi (*/Scripts/modernizr-2.6.2.js*) i opisi stilova (*/Content/site.css*). Prikazani folderi se mogu identifikovati u prozoru *Solutions Explorer*. Vrlo značajna meta oznaka (engl. *tag*) je `<meta name = "viewport" content = "width = device-width" />` koja zadaje mobilnim čitačima širinu *viewport*-a. Zadana širina *viewport*-a na ovoj način je jednaka aktualnoj širini ekrana uređaja.

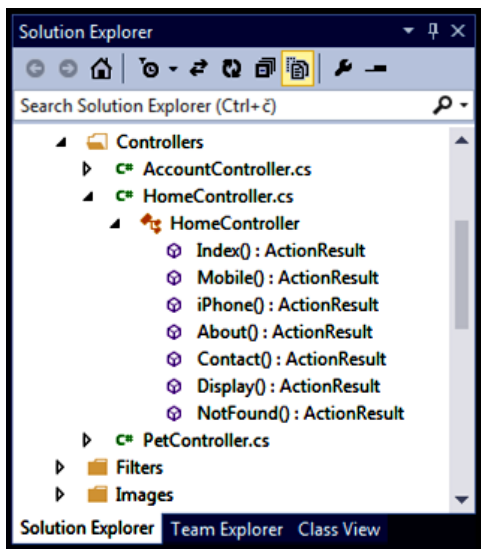
```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8" />
    <title>@ViewBag.Title - My ASP.NET MVC
      Application</title>
    <link href="~/favicon.ico" rel="shortcut
      icon" type="image/x-icon" />
    <meta name="viewport"
      content="width=device-width" />
    @Styles.Render("~/Content/css")
    @Scripts.Render("~/bundles/modernizr")
  </head>
```

Slika 3. Zaglavlje HTML fajla za podrazumevani izgled glavne stranice *\_Layout.cshtml* za projekt tipa *Internet Application*.

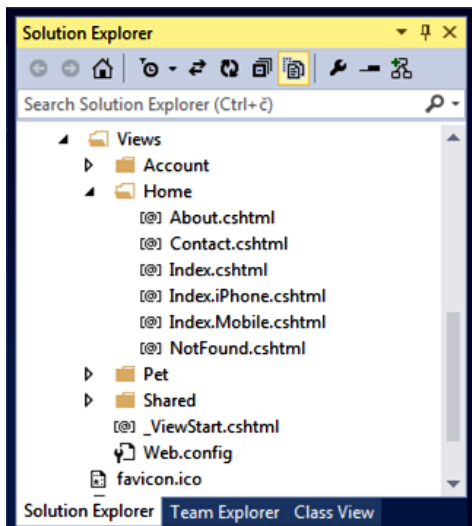
Ako se dizajnira Internet aplikacija za tri različite platforme, potrebno je formirati tri akcione metode u klasi *Controllers*. Na slici 4a je prikazan izgled prozora *Solution Explorer* u kome su pored ostalih prikazane tri akcione metode važne za multiplatformsku aplikaciju: *Index()*, *Mobile()* i *iPhone()*. Prvi akcioni metod *Index()* se primenjuje za desktop aplikacije, dok se *Mobile()* koristi za opštu klasu mobilnih uređaja, a *iPhone()* za telefone tipa *iPhone*. Za svaku od akcionih metoda kreirani su zasebni *view*-i koji se mogu identifikovati na skici 4b. Primetite da su ekstenzije ovih fajlova *.cshtml*. Prema osnovnim karakteristikama pristupnog uređaja formiraju se *.cshtml* fajlovi koji su specifični za svaki model klijentskog uređaja. Sve ove metode vraćaju tip *ActionResult*.

CSS specifikacije za rad sa različitim tipovima medija koristi pravilo `@media`. Ovo pravilo dozvoljava da se zada više pravila za više tipova medija u jednom opisu stila. *Media queries* predstavljaju definiciju tipa medija i skup njegovih karakteristika, kao što su dimenzije ekrana ili broj boja koje su na raspolaganju za kreiranje izgleda. Uz šablon MVC 4 Internet aplikacije podrazumevano se pridružuje fajl sa opisom stilova *Site.css* koji sadrži kôd: `@media only screen and (max-width: 850px).`





a)

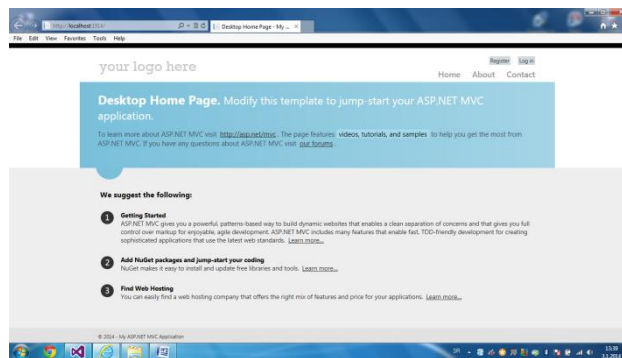


b)

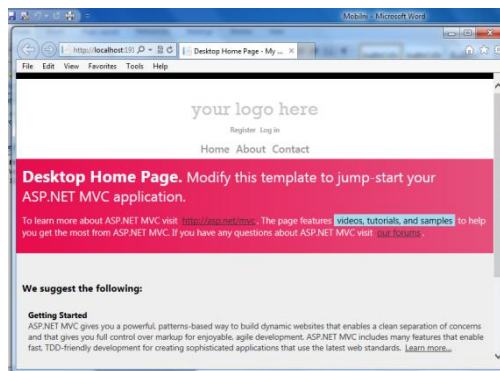
Slika 4. Izgled prozora *Solution Explorer* a) sa metodama u folderu *Controllers* i b) odgovarajućim *.cshtml* fajovima u folderu *View*.

Ovim kodom se definiše da se pravila koja slede primenjuju samo na uređaje sa ekranom rezolucije do maksimalno 850 piksela. Raspored elemenata, veličina fonta, kao i boja pozadine su posebno dizajnirane za mobilnu, odnosno, desktop Web stranicu. Na slikama 5a i 5b se može primeniti da je MVC identifikovao veličinu prozora Web čitača kojim se pristupa stranici. Tako je na stranici kojom je pristupljeno sa desktop Web čitača u punoj širini prozora, bio ispisan pozdravni tekst sa plavom pozadinom. Međutim, ako se istoj stranici pristupi sa desktop računara i širinom prozora Web čitača manjim od 850 piksela, biće ispisan isti pozdravni tekst sa crvenom bojom pozadine koja je predviđena za mobilne čitače (širina prozora je manja od 850 piksela).

Sa tehnikama koje su prikazane do sada, moguće je formirati sadržaje na osnovu veličine displeja uređaja kojim se pristupa Web sadržaju. Dakle, bilo je moguće prepoznati specifičnu hardversku platformu (mobilnu ili desktop), dok je identifikacija samog Web čitača izostala.



a)



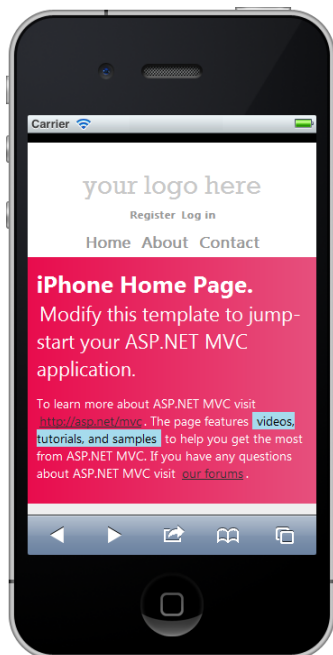
b)

Slika 5. Izgled podrazumevane Web stranice MVC 4 Internet šablona sa a) maksimalnim prozorom čitača b) sa prozorom čitača manjim od 850 piksela.



Slika 6. Izgled podrazumevane Web stranice MVC Internet šablona na mobilnom telefonu Samsung Galaxy II.

Na slici 6 je prikazan izgled ekrana MVC Internet šablona na mobilnom telefonu Samsung Galaxy II. Sa slike se može ustanoviti da je MVC prepoznao da se radi o mobilnom uređaju sa dimenzijama ekrana manjim od 850 piksela i njemu prilagodio izgled.



Slika 7. Izgled podrazumevane Web stranice MVC Internet šablona na mobilnom telefonu iPhone.

Novina u ASP .NET MVC 4/5 je da se može prepoznati specifični Web čitač, odnosno, hardverska platforma klijenta. Na ovaj način se problem kompatibilnosti Web čitača može efikasno rešiti. Prepoznavanje specifičnih Web čitača se realizuje dodavanjem novog moda za prikazivanje u *Global.asax.cs* fajlu. Za ove potrebe se koristi klasa *DisplayModeProvider*. Pored ostalog, treba definisati šta to treba identifikovati u klijentskom čitaču kako bi se Web stranica pripremila za njega. U prikazanom slučaju se radi o tekstu „iPhone“ [11]. Za specifičiranu platformu iPhone-a formiran je view sa ekstenzijom *iPhone.cshtml*.

Primer prepoznavanja specifične platforme, u ovom slučaju iPhone-a, je prikazan na slici 7. Treba primetiti da se sada umesto opšteg pozdrava mobilnom uređaju, sada može identifikovati specifična poruka za određeni tip uređaja. Sa slike 7 se može uočiti da je prikazan izgled Web stranice adaptirane za iPhone sa odgovarajućim sadržajem. Dakle, kada se pristupa Web stranici sa iPhone, MVC prepoznaje o kojoj platformi se radi i njemu prosleđuje odgovarajuću Web stranicu dizajniranu prema njegovim karakteristikama. Ne samo da je omogućeno različito dizajniranje Web stranica u funkciji čitača, već je dozvoljeno potpuno redefinisavanje mobilne verzije sadržaja. Primetite da je sadržaj pozdravne poruke izmenjen i da je tom prilikom prepoznata iPhone platforma.

#### 4. ZAKLJUČAK

Efikasano programiranje Web aplikacija koje izgledaju podjednako dobro i na desktop i na mobilnim platformama je problem koji je u žiži interesovanja Web programera. Iako je ovaj problem egzistirao i ranije, pojava smart telefona ga je učinila urgentnim. Prethodna

rešenja nisu dovoljno fleksibilna da prihvate veliki broj različitih klasa terminalnih uređaja. Svoje viđenje rešenja ovog problema je dao Microsoft kroz ASP .NET MVC koncept. Koristeći predloženi šablon Internet aplikacije pokazana je snaga ponuđenog rešenja. U radu je prikazan razvoj multiplatformske Web aplikacije koja podjednako dobro izgleda na svim platformama. Primenom ovog rešenja se mogu razvijati Web rešenja za široku klasu korisnika sa heterogenom terminalnom opremom. Dodavanje fraze za prepoznavanje konkretnog uređaja, može se ugraditi specifična podrška za veliki broj postojećih, ali i budućih Web čitača i platformi. Umesto da se pravi čitav niz Web stranica koje bi zadovoljile specifične klijentske zahteve, ASP .NET MVC 4 koncept nudi dizajn multiplatformske Web aplikacije. Multiplatformskoj Web aplikaciji svi klijenti pristupaju preko jedinstvenog URL-a. Pokazane su prednosti MVC koncepta na planu razvoja generičkog Web rešenja za široku klasu korisnika sa heterogenom terminalnom opremom.

#### LITERATURA

- [1] P. Deitel, H. Deitel, *AJAX, Rich Internet Applications and Web Development for Programmers*, Deitel, 2008.
- [2] Z. Veličković, M. Jevtović, V. Pavlović, „Quality of services in IP/MPLS networks“, *UNITECH* 2013, pp. II-107-112, Gabrovo 2013.
- [3] M. Jevtović, Z. Veličković, *Komunikacioni protokoli prepletenih slojeva*, Akademska misao, 2013.
- [4] Z. Veličković, A. Ilić, „Primena XML tehnologija na mobilnim platformama zasnovanim na BADI“, *YUINFO* 2012, ISBN: 978-86-85525-09-4, pp. 624-628, Kopaonik 2012.
- [5] B. Krstić, Z. Veličković, „Straničenje Web stranica zasnovano na CSS3 specifikaciji“, *Informacione tehnologije*, pp. 52-55, Žabljak 2012.
- [6] M. Stojković, S. Stošović, Z. Veličković, „Smart TV aplikacija zasnovana na web 2.0 tehnologiji“, *YUINFO* 2012, ISBN: 978-86-85525-09-4, pp. 641-646, Kopaonik 2012.
- [7] J. Lyle, S. Monteleone, S. Faily, D. Pattiy, Fabio Ricciatoz, „Cross-platform access control for mobile web applications“, *Policies for Distributed Systems and Networks*, pp. 37-44, 2012.
- [8] J. Rolando, G. Paz, *Beginning ASP.NET MVC 4*, Apress Media, 2013.
- [9] J. Palermo, J. Bogard, E. Hexter, M. Hinze, J. Skinner, *ASP.NET MVC 4 in Action*, Manning Publications, 2012.
- [10] Microsoft Corporation, *Developing Modern Mobile Web Apps, patterns & practices*, 2012.
- [11] Z. Veličković, M. Jevtović, „Web programiranje od serverskih kontrola do MVC 4“, *Infoteh* 2014, Jahorina, 2014.

# RAZVOJ SOFTVERA ZA AUTOMATSKO TESTIRANJE PERFORMANSI SCADA VIEW4 SISTEMA

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SCADA VIEW4 SYSTEM AUTOMATIC PERFORMANCES TESTING

Biljana Antić

*Institut Mihajlo Pupin, Automatika*

**Sadržaj** - U ovom radu opisane su faze u procesu automatskog testiranja performansi VIEW4 SCADA sistema. Faze u testiranju razvijane su na osnovu korisničkih zahteva pri projektovanju i realizaciji distribuiranog sistema automatskog upravljanja na trafo stanici TS 400/110kV Vranje 4. Sistem je testiran sa namerom da se pokaže puna snaga sistema u projektovanom okruženju.

**Abstract** – Stages in the software development and implementation of automatic performance tests VIEW4 SCADA system are described in this paper. Testing phases are developed on user requirements and implementation of distributed control systems in transformer station 400/110kV Vranje 4. The system is tested in order to demonstrate the system full power in designed environment.

### 1. UVOD

Testiranje performansi predstavlja direktan način da se oceni, odnosno, izmeri ta karakteristika kvaliteta informacionog sistema. Na osnovu ove ocene može se zaključiti da li su performanse sistema prihvatljive i da li zadovoljavaju potrebe korisnika. Proces testiranja performansi obuhvata aktivnosti definisanja, izgradnje i izvršavanja testa performansi, pa se ciklus testiranja može podeliti na nekoliko faza [3]:

- **Definisanje pokazatelja rada sistema** – definisanje pokazatelja rada sistema koji određuju brzinu određenih aspekata sistema.
- **Izbor programskog jezika** – definisanje kriterijuma i izbor programskog jezika koji ih zadovoljava.
- **Razvoj automatskih test procedura** – izrada simulatora kojim će se simulirati rad sistema u različitim režimima rada kao i izrada scriptovanih scenarija koja će se izvršavati u virtualnom test okruženju.
- **Priprema testiranja** – konfigurisanje sistema i puštanje sistema u rad.
- **Izvršavanje testiranja** – Generisanje simuliranih vrednosti i aktiviranje automatskih test procedura.

- **Analiza dobijenih rezultata** – Provera da li se rezultati slažu sa očekivanim.

### 2. DEFINISANJE POKAZATELJA RADA SISTEMA

Centralnu i najvažniju komponentu sistema VIEW4 SCADA predstavlja VIEW4 Server, koji poseduje tri glavne systemske baze podataka: bazu izvornih (strukturnih) podataka, bazu konfiguracionih podataka i bazu tekućih podataka. VIEW4 Server prikuplja pogonske podatke iz procesa kroz komunikaciju sa procesnim stanicama, omogućuje izdavanje upravljačkih naloga u vidu digitalnih komandi ili zadavanjem analognih vrednosti neke veličine, obrađuje i arhivira prikupljene podatke za kasniju analizu, i obezbeđuje osnovnu podršku za rad VIEW4 HMI podsistema (podsistemi za spregu sa korisnicima). Podaci koji se automatski prikupljaju iz procesa, preko SCADA sistema, i arhiviraju na arhivskom serveru omogućuju generisanje svih potrebnih izveštaja za praćenje rada i analizu podataka sa procesa, što arhivski server čini drugom najvažnijom komponentom SCADA sistema [4]. Tipično se performanse sistema izražavaju preko vremena odziva ili broja promena u jedinici vremena (pri specifičnom opterećenju), pa je imajući u vidu navedene funkcije SCADA VIEW4 sistema, kao softverske pokazatelje, koje je moguće testirati automatskim test procedurama, definisano sledeće:

- **Vreme izdavanja komande** (en. *Command Output Time* - COT): Maksimalno proteklo vreme između izdavanja komandnog naloga i trenutka kada je informacija o izdavanju naloga zabeležena u arhivsku bazu.
- **Vreme izvršenja komande** (en. *Command Execute Time* - CET): Definiše se za slučaj izdavanja komandi koje zahtevaju povratne informacije sa sistema kojim se upravlja. Vreme izvršenja komandi je maksimalno proteklo vreme između trenutka izdavanja komandnog naloga i trenutka kada je informacija o rezultatu izvršenja komande zabeležena u arhivsku bazu.
- **Maksimalno vreme obrade alarma** (en. *Alarm Processing Time* - ALRPT): Maksimalno proteklo

vreme između trenutka kada se desio alarm, i trenutka kada je informacija o generisanju alarma zabeležena u arhivsku bazu.

- **Učestanost osvežavanja podataka** (en. *Data Update* - DU): Broj promena vrednosti analognih i digitalnih veličina u jedinici vremena, zabeleženih u arhivsku bazu.
- **Učestanost osvežavanja statusa** (en. *Status Update* – SU): Broj promena statusa analognih i digitalnih veličina u jedinici vremena, zabeleženih u arhivsku bazu.

Softverski pokazatelji rada sistema mere se na aktivnom serveru.

Za hardverske pokazatelje rada sistema izabrani su:

- **Zauzeće procesora** (en. CPU Usage – CU)
- **Zauzeće memorije** (en. Mem Usage – MU)
- **Opterećenje mreže** (en. NET Usage – NU)

Hardverski pokazatelji rada sistema mere se na svakoj komponenti SCADA sistema (serverima i operatorskim stanicama) u toku softverskog testiranja.

### 3. IZBOR PROGRAMSKOG JEZIKA

Pokazatelji rada sistema definisani su ili kao broj promena određenih događaja upisanih u arhivsku bazu, ili kao maksimalno vreme potrebno za obradu pojedinih događaja. Imajući to u vidu, na izbor programskog jezika za izradu automatskih test procedura presudno je uticala mogućnost lakog i brzog pristupa arhivskom podsistemu za skladištenje pogonskih podataka. VIEW4 arhivski podsistem je realizovan kao MySQL DB, pa je trebalo izabrati programski jezik koji ima dobre i dokumentovane module i ekstenzije za rad sa MySQL-om [1]. Drugi kriterijum za izbor programskog jezika bila je potreba da se rezultati testiranja sačuvaju u formatu pogodnom za analizu na bilo kojoj platformi. Kako je Excel aplikacija za tabelarne proračune, trebalo je izabrati programski jezik koji ima mogućnost modularnog povezivanja sa Excel-om [2]. Izabrali smo programski jezik Python.

Python je script jezik visokog nivoa koji ima velike prednosti zahvaljujući jednostavnoj sintaksi. Podržava objektno-orjentisane i funkcionalne stilove programiranja i zadovoljava oba navedena kriterijuma.

### 4. RAZVOJ AUTOMATSKIH TEST PROCEDURA

U toku razvoja automatskih test procedura polazna ideja bila je da se razvijaju alati sa integrisanim simulatorom. Osnovne funkcije koje takvi alati treba da obezbede su:

- Funkcija simulatora

- Funkcija koja čita vrednosti upisane u arhivsku bazu
- Funkcija koja proverava da li su očitane vrednosti jednake simuliranim
- Funkcija koja rezultate testiranja upisuje u Excel tabele pogodne za dalju analizu na bilo kojoj platformi.

Pokazatelji rada sistema definisani su ili kao maksimalno vreme obrade određenog događaja ili kao učestanost osvežavanja, pa su automatske test procedure podeljene u dve grupe:

- Procedure koje mere učestanost osvežavanja i
- Procedure koje se koriste za merenje vremena obrade.

Kao rezultat razvoja, nastali su programski alati koji objedinjuju navedene funkcije i mogu da izvrše obe procedure. Pored navedenih programskih alata, za potrebe hardverskog testiranja performansi korišćeni su i Linux sistemski alati.

#### *Programski alati*

##### *DataAcquisition*

Koristi se za merenje učestanosti osvežavanja (pokazatelji: Data Update, Status Update, Alarm Update), na osnovu rezultata dobijenih u toku testiranja.

Ulazni parametri programa su:

- **Datum** – datum kada je izvršen test
- **Početno vreme** – vreme početka testa
- **Krajnje vreme** – vreme kada je završen test
- **Perioda skeniranja** – vremenski interval u kome simuliramo promene
- **Broj signala** – broj signala koji se simulira
- **Ime baze** – ime arhivske baze
- **Tip simulirane velicine** – analogne / digitalne / statusne veličine.

Kao rezultat izvršavanja ovog programa dobija se Excel tabela sa kolonama: perioda skeniranja i broj upisa. Analizom ove tabele moguće je utvrditi maksimalan, minimalan i prosečan broj upisa u jedinici vremena i predstaviti ih grafički. Jedinica vremena je definisana periodom skeniranja.

##### *ProcessingTime*

Koristi se za merenje vremena obrade (pokazatelji: Command Output Time, Command Execute Time, Alarm Processing Time, Analog Processing Time,

Digital Processing Time, Status Change Processing Time).

Ulazni parametri programa su:

- **Datum** – datum kada je izvršen test
- **Pocetno vreme** – vreme početka testa
- **Perioda** – vremenski interval za se očekuje da je obrada simuliranog signala završena
- **Krajnje vreme** – vreme kada je završen test
- **Broj signala** – broj signala koji se zadaje
- **Tip simulirane velicine** – komande / alarmi
- **Ime baze** – ime arhivske baze.

Kao rezultat izvršavanja ovog programa dobija se Excel tabela sa kolonama: početno vreme, krajnje vreme i vreme obrade.

### Sysstat

Sysstat je sistemski alat za praćenje aktivnosti sistema, jer može da prikaže gotovo sve relevantne informacije, uključujući mrežnu aktivnost i opterećenje sistema.

Koristi se za on-line dijagnostiku, odnosno merenje hardverskih performansi računara.

Prati veliki broj različitih mernih jedinica. Minimalni period testiranja je jedna sekunda, a to je adekvatno vreme za testiranje sistema.

Sistem se konfigurise da prikuplja podatke na dnevnom nivou.

Rezultati procesa analize se skladište u binarnoj formi i na kraju dana prevode u tekstualni format.

### PowerSistemSize

Pokreće se nezavisno na svakoj od računarskih komponenti SCADA sistema (serverima, operatorskim stanicama, arhivskim serverima) nakon isteka periode testiranja. Koristi se za prevođenje rezultata dobijenih radom sysstat-a iz binarnog u tekstualni format, za dati vremenski period određen periodom testiranja.

- **Pocetno vreme** – vreme početka testa
- **Krajnje vreme** – vreme kada je završen test.

### kSar

kSar je sistemski alat koji omogućuje grafičku prezentaciju rezultata analize hardverskih performansi sistema i njihovo čuvanje u pdf formatu.

## 5. PRIPREMA TESTIRANJA

Priprema testiranja podrazumeva konfigurisanje sistema u projektovanom (virtualnom) okruženju u skladu sa korisničkim zahtevima. U toku ove faze sprovode se sledeće akcije:

- Instalacija i konfigurisanje virtualnog okruženja

- Povezivanje sistema kojima se upravlja sa serverima
- Instalacija odgovarajuće *source* baze na servere
- Pokretanje VIEW4 HMI servera
- Pokretanje HMI aplikacija na svim operatorskim stanicama
- Pokretanje on-line dijagnostike na svim računarima u sistemu
- Definisane opterećenja sistema u normalnom i vršnom režimu rada

Opterećenje sistema definiše se u okviru scenarija za režim normalnog rada i režim vršnog opterećenja. Parametri scenarija definišu se u skladu sa korisničkim zahtevima.

U Tabeli 4.1 naveden je primer definisanja parametra koje treba obezbediti kontinualno, tokom trajanja testa.

U Tabeli 4.2 naveden je primer definisanja akcija korisnika koje treba izvršavati sa određenom učestanošću, ne bi li se test okruženje sto vise približilo okruženju u realnim uslovima rada.

Opterećenje sistema	Normalno opterećenje	Vršno opterećenje
Broj promena digitalnih ulaza	20/sec	15% svih/sec
Broj promena analognih ulaza	20/sec	15% svih/sec
Broj generisanih alarma/događaja	10/sec	500/sec
Spontane promene statusa	1/sec	10% svih/sec
HRD	sve	Sve

Tabela 5.1 – Akvizicija podataka

Opterećenje sistema	Normalno opterećenje	Vršno opterećenje
Broj komandnih naloga/ min	5	10
Potvrda alarma/min	100	200
Otvaranje slika/min	5	10
Priprema i pokretanje dijagrama/min	1	2
Priprema i štampanje izveštaja/min	1	1
On-line editovane baze	Jedan upis/min	Dva upisa/min

Tabela 5.2 – Akcije korisnika

## 6. IZVRŠAVANJE TESTIRANJA

Nakon podešavanja početnih uslova, na aktivnom serveru se pokreću programi *DataAcquisition* (za svaki od tipova simuliranih veličina) i *ProcessingTime* (za svaki od tipova simuliranih veličina).

Podrazumeva se da je na svim komponentama SCADA sistema pokrenuta on-line dijagnostika za praćenje hardverskih pokazatelja.

Predviđeno vreme trajanja testa je 2h.

## 7. ANALIZA REZULTATA

Za svaki od definisanih softverskih pokazatelja rada sistema, u toku testiranja generiše se odgovarajuća Excel tabela, npr:

- DateUpdate\_##.xls (gde je ## datum testiranja). Analizom ove tabele može se utvrditi maksimalan, minimalan i prosečan broj promena vrednosti analognih veličina u jedinici vremena (*DataUpdate*).
- StatusUpdate\_##.xls (gde je ## datum testiranja). Analizom ove tabele može se utvrditi maksimalan, minimalan i prosečan broj promena vrednosti signalizacija u jedinici vremena (*StatusUpdate*).

Rezultati analize beleže se u Tabeli čiji je format:

Broj promena /	Max broj promena /	Min broj promena /	Prosečan broj promena
<i>DataUpdate</i>	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
<i>StatusUpdate</i>	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

Tabela 7.1 – Rezultati testiranja

Poređenjem rezultata iz ove Tabele sa korisničkim zahtevima, proverava se da li sistem zadovoljava korisničke zahteve u pogledu softverskih performansi.

Program *PowerSistemSize*, pokreće se na svakoj računarskoj komponenti, nakon završenog testiranja. Analizom rezultata ovog programa dolazi se do podataka o zauzeću procesora, opterećenju mreže i iskorišćenju primarne i sekundarne memorije.

## 8. ZAKLJUČAK

Primenom automatskih test procedura u instaliranom virtuelnom okruženju distribuiranog sistema automatskog upravljanja na trafo stanici TS 400/110kV Vranje 4, dokazano je da VIEW4 SCADA sistem zadovoljava korisničke zahteve u pogledu softverskih i hardverskih performansi.

Pokazatelji rada sistema definisani su tako da u potpunosti prikazuju brzinu i propusnu moć sistema u bilo kom projektovanom okruženju, pa će se atomske test procedure razvijene na ovom projektu koristiti i u narednim projektima.

Programski alati imaju mogućnost isključenja simulatorske funkcije i mogu se koristiti i u stvarnom radnom okruženju za validaciju sistema.

## 9. LITERATURA

- [1] <http://dev.mysql.com/doc/connector-python/en/index.html>
- [2] <http://www.python-excel.org>
- [3] [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk869/tk769/technologies\\_white\\_paper09186a008011fde2.shtml#data](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk869/tk769/technologies_white_paper09186a008011fde2.shtml#data)
- [4] [http://www.view4.rs/index.php?option=com\\_content&view=article&id=158%3Aprehled-sistema-view4&catid=37%3Aobavetenja&Itemid=69](http://www.view4.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=158%3Aprehled-sistema-view4&catid=37%3Aobavetenja&Itemid=69)

# INTEGRACIJA AGENTSKOG JEZIKA ALAS U JAVA AGENTSKO OKRUŽENJE XJAF

## ALAS AGENT LANGUAGE INTEGRATION TO THE XJAF JAVA AGENT ENVIRONMENT

Dejan Mitrović<sup>1</sup>, Mirjana Ivanović<sup>2</sup>, Milan Vidaković<sup>3</sup>, Dejan Sredojević<sup>4</sup>, Dušan Okanović<sup>5</sup>

*Prirodno matematički fakultet - Novi Sad<sup>1,2</sup>*

*Fakultet tehničkih nauka - Novi Sad<sup>3,5</sup>*

*Visoka poslovna škola strukovnih studija - Novi Sad<sup>4</sup>*

**Sadržaj** – ALAS je agentski programski jezik za brz i efikasan razvoj softverskih agenata. ALAS, kao jednostavan, ali moćan skup jezičkih konstrukcija je napravljen da podrži izvršavanje agenata u različitim okruženjima. U ovom radu biće opisan postupak integracije ALAS-a u novo java agentsko okruženje - XJAF. XJAF je multiagentski sistem koji podržava FIPA specifikaciju. Njegovi osnovni zadaci su da obezbedi efikasno okruženje za izvršavanje svojih agenata kao i da obezbedi spoljnim klijentima jednostavan pristup ovoj agentskoj tehnologiji. XJAF je implementiran u Java EE tehnologiji.

**Abstract** - ALAS is an agent-programming language for quick and efficient development of software agents. It has been developed as simple, yet powerful set of language constructs that enables agent execution in heterogeneous environments. This paper presents integration of ALAS into XJAF multiagent system. XJAF is an multiagent system that supports FIPA specification. Its main tasks are to enable efficient environment for agent execution and to allow external clients to interact with agents. XJAF has been implemented in JavaEE technology.

### 1. UVOD

Agentska tehnologija predstavlja jedan od najkonzistentnijih pristupa razvoju distribuiranih sistema [1]. Agentski sistemi implementirani u polju tehničkog inženjerstva u poslednjoj deceniji usvojeni su kao novi i efikasni koncepti za kontrolu sistema [2]. Softverski agent je program koji autonomno deluje u korist svog nadređenog dok obavlja složene informacione i komunikacione zadatke koji su mu namenjeni [3]. To su ciljno orijentisani računarski programi koji reaguju na svoje okruženje, rade bez direktnog nadzora i izvršavaju zadatke za krajnjeg korisnika ili neke druge programe [4]. Osobine softverskog agenta uključuju autonomiju, inteligenciju, mobilnost, upornost, komunikaciju i aktivnost. Sa tačke gledišta davaoca zadatka, agenti poboljšavaju njegovu efikasnost smanjenjem vremena i naporom da se izvrši zahtevani lični ili poslovni zadatak. Softverski agenti mogu ponuditi različite pogodnosti krajnjim korisnicima automatizacijom zadataka koji se ponavljaju ili rešavanjem njihove kompleksnosti [5]. Sistem koji se sastoji od nekoliko softverskih agenata sposobnih da kolektivno reše neki zadatak koji je teško

rešiv od strane jednog agenta ili monolitnih sistema naziva se multiagentski sistem (MAS).

Multiagentski sistem je softverski sistem sa infrastrukturnom podrškom za svoje agente [6]. Njegove osnovne funkcionalnosti uključuju upravljanje životnim ciklusom agenta, razmenu poruka, servisni podsistem koji efikasno podržava agente, daje im mogućnost pristupa resursima, izvršavanje složenih algoritama itd. Takođe, multiagentski sistemi u mnogim situacijama nude bezbednost (npr. agentski kod i integritet podataka kao i enkripciju poruka), sistem konekcije koji omogućava interakciju agenata u fizički razdvojenim okruženjima, podršku za mobilnost i perzistentnost agenata. Agenti, programiranje agenata i multiagentski sistemi uvode nove i nekonvencionalne ideje i koncepte. Prema [7] postoji preko 100 agentskih platformi i alata koji su razvijeni ili se još uvek razvijaju.

Multiagentski sistem opisan u ovom radu, XJAF, je kompatibilan sa FIPA specifikacijom [8]. FIPA specifikacija predstavlja skup specifikacija koje omogućuju saradnju između agentskih okruženja. FIPA, specifikacija standarda za agente i multiagentske sisteme zvanično je prihvaćena od IEEE asocijacije 2005. godine.

XJAF je agentsko okruženje zasnovano na Java EE tehnologiji i to je jedna od osnovnih prednosti ovog okruženja u odnosu na druge multiagentske sisteme. Njegovi osnovni zadaci su da obezbedi efikasno izvršno okruženje za svoje agente, kao i da obezbedi spoljnim klijentima da lako pristupaju ovoj agentskoj tehnologiji [9]. XJAF koristi postojeće, standardizovane Java EE tehnologije, alate i biblioteke kao što su JNDI, JMS i EJB da bi mogao implementirati velike podskupove funkcionalnosti neophodnih za multiagentske sisteme. Izbor Java EE kao XJAF implementacione platforme se pokazao kao vrlo koristan. Osnovne prednosti ovog pristupa su kraće razvojno vreme samog sistema i ovladavanje naprednih programskih funkcija kao što je raspodela opterećenja (*load balancing*). Pored *load balancing*-a XJAF podržava i klasterizaciju (*clustering*). Preciznije, XJAF se za svoje funkcionisanje oslanja na sledeće Java EE tehnologije:

- JNDI (Java Naming and Directory Interface) [10]: koristi se za implementiranje direktorijuma agenata i servisa

- JMS (Java Message Service -) [11]: obezbeđuje komunikacionu infrastrukturu (razmena poruka između agenata)
- EJB (Enterprise JavaBeans) [12]: koriste se kao „čuvari mesta“ za agente i servise
- Serijalizacija: Podrška mobilnosti i perzistentnosti agenata
- Java PKI API [13]: koristi se za implementaciju nekih bezbednosnih sistema
- JAXB (Java Architecture for XML Binding) [14]: pojednostavljuje korišćenje zadataka opisanih XML jezikom.

XJAF je projektovan kao modularni sistem koji se sastoji od modula, odnosno menadžera. Svaki menadžer je relativno nezavisan modul zadužen za rukovanje posebnim delovima celokupnog procesa upravljanja agentima. Postoji nekoliko prednosti modularnog pristupa. Na primer, funkcionalnost sistema može se lako proširiti dodavanjem novih menadžera. Glavni menadžer XJAF okruženja, *AgentManager* je zadužen za upravljanje životnim ciklusom agenata. *AgentManager* uključuje funkcionalnosti koje su povezane sa onim u FIPA servisu agentskih direktorijuma [15]. Pored toga, njegov osnovni zadatak je da čuva direktorijume agenata i aktivira ili deaktivira agente po potrebi. *AgentManager* koristi JNDI za implementaciju servisa agentskih direktorijuma. *AgentManager* transformiše svoje agente u EJB komponente i tako ih prosleđuje aplikacionom serveru. Novi aplikacioni serveri koriste EJB „pooling“ tehniku čuvajući broj EJB instanci u memoriji sve vreme. Ovo omogućuje XJAF-u da uravnoteži broj pokrenutih agenata sa dostupnim resursima sistema uz minimalnu količinu programskog napora. Pored *AgentManager*-a, za izvršavanje agenata u XJAF sistemu koriste se *ConnectionManager* i *MessageManager*.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način: u poglavlju „Prethodni rad“ opisana su dosadašnja rešenja po pitanju interoperabilnosti XJAF platforme. Takođe, u ovom poglavlju opisano je nekoliko postojećih agentskih jezika AOPL (Agent Oriented Programming Language) koji su imali značajan uticaj na razvoj ALAS-a. U sledećem poglavlju „ALAS i njegove osobine“ opisan je sam programski jezik ALAS i postupak transformacije u kod koji se može izvršavati u okruženju XJAF. U poslednjem poglavlju dat je zaključak, šta je do sad urađeno i planovi za buduća istraživanja.

## 2. PRETHODNI RAD

XJAF je uspešno korišćen u nekoliko softverskih sistema, kao što je virtualni centralni katalog i sistem za eksploataciju podataka za bibliotečku građu [16]. Zbog specifikacije svog okruženja XJAF za neke sisteme ipak nije mogao biti korišćen jer je zavisio od razvojne platforme Java EE. Pošto je implementiran u Javi, postojala je mogućnost interakcije samo sa agentima zasnovanim na programskom jeziku Java. Da bi se rešio problem interoperabilnosti i omogućila njegova šira upotreba, XJAF je redizajniran kao servisno orijentisana infrastruktura - SOA (Service Oriented Architecture).

Novi multiagentski sistem zasnovan na SOA nazvan SOM (SOA - based MAS), zadržao je Java EE implementacionu platformu ali su menadžeri redefinisani kao veb servisi [17]. SOM je konceptualna specifikacija veb servisa, njihove funkcionalnosti i interakcije pa njegova implementacija može biti rađena u mnogim savremenim programskim jezicima koji podržavaju veb servise (npr. Java, Python, C# itd.). Na ovaj način povećana je interoperabilnost tako da spoljni klijenti i nezavisni alati mogu upošljavati SOM agente kroz veb servis interfejse primenom standardizovanog komunikacionog protokola (Simple Object Access Protocol – SOAP [18]).

Primena veb servisa, međutim, ne rešava sve probleme. Pošto drugi programski jezici mogu da se koriste za implementaciju SOM-a, pisanje agenta koji može da se izvršava u različitim okruženjima postaje skoro nemoguć zadatak. Problem postaje očigledan kada se agenti pisani u različitim programskim jezicima kreću preko mreže i stignu u okruženje koje je implementirano u nekom drugom programskom jeziku: agent razvijen za SOM baziran na Java programskom jeziku ne može se lako prilagoditi SOM-u implementiranom npr. u Python-u. Da bi se rešio ovaj problem, implementiran je agentski jezik za SOM – ALAS (Agent LAnguage for SOM). Pored mogućnosti da se uz pomoć programskih konstrukcija sakrije složenost razvoja agenata, glavna karakteristika novog jezika je *hot compilation* - prilikom pristizanja agenta u neki SOM, koji je implementiran u nekom programskom jeziku X, njegov ALAS izvorni kod se automatski prevodi u X izvorni kod. Ovaj kod se dalje prosleđuje matičnom kompajleru koji proizvodi izvršni kod, nakon čega agent može da nastavi sa izvršavanjem svog zadatka. Na ovaj način programeri se fokusiraju na rešavanje konkretnih zadataka i ne moraju da vode računa o interoperabilnosti i detaljima implementacije SOM-a. ALAS trenutno podržava sledeće agentske platforme: SOM, JADE, PySOM (platforma bazirana na programskom jeziku Python) i XJAF.

Agentsko programiranje (Agent-Oriented Programming AOP [19]) je programska paradigma gde se implementacija softvera zasniva na konceptu softverskih agenata. Za razliku od objektno orijentisanog programiranja (Object-Oriented Programming OOP) koje ima objekte u svojoj strukturi, AOP ima agente (sa interfejseima i sistemom za razmenu poruka) u svojoj strukturi. Ipak, objektno orijentisane i agentske programske paradigme dele mnoge programske koncepte pa je i razvoj agentskih programskih jezika zasnovan na OOP prirodan proces. Jedan od ranih predstavnika ovog dizajna je AgentSpeak [20]. Njegove prve programske konstrukcije su familije agenata analogno klasama u objektno orijentisanom programiranju. Iako nikad nije ušao u praktičnu upotrebu, neki od njegovih koncepata, kao što je razlika između privatnih i javnih servisa uticali su na razvoj ALAS-a.

Drugi agentski jezik koji je imao uticaja na razvoj ALAS-a je JACK [21]. JACK je robusno, jednostavno okruženje za brz razvoj multigentskih sistema. On proširuje



programski jezik Java uvođenjem novih ključnih reči i jezičkih konstrukcija. Prateći kompajler proizvodi čist Java kod koji dozvoljava svakom JACK agentu da bude korišćen kao drugi Java objekat. Kompajler za ALAS se ponaša na sličan način, međutim, da bi zadovoljio objektivni dizajn novog jezika, ALAS kompajler je dizajniran da omogući transformaciju originalnog agentskog izvornog koda u čist izvorni kod pisan na proizvoljnom jeziku kao što je Java, Python, C# itd.

Mobilnost agenata, često od suštinskog značaja osobina agenta, može biti često veoma složen proces za sprovođenje. Bilo koji agentski jezik bi trebalo da sakrije ovu složenost od strane krajnjih korisnika. SAFIN [22] i CLAIM [23] su dobri primeri kako kompleksna podrška može biti efikasno implementirana. Jezici, međutim, sakrivaju ovu kompleksnost od programera pružajući im jednostavne ali moćne programske konstrukcije. ALAS je implementiran zasnivajući se i na konceptima ova dva jezika.

JIAC V [24] je multiagentski sistem koji može da izvršava agente razvijene u čistom Java programskom jeziku ili primenom pratećeg agentskog jezika JADL++. Slično kao kod AgentSpeak-a, dejstvo JADL++ agenata može biti privatno, za internu upotrebu, ili javno i u tom slučaju to je servis dostupan drugim delovima sistema. Javni servisi agenata pisani u JADL++ opisani su primenom OWL-S ontologije koja dozvoljava drugim OWL tehnologijama da koriste ove agente i obrnuto. Sličan pristup je primenjen u dizajnu ALAS-a.

### 3. OSOBINE AGENTSKOG JEZIKA ALAS

Pošto SOM može biti implementiran primenom bilo kojeg programskog jezika koji podržava servisno orijentisanu arhitekturu (SOA), jedan od osnovnih ciljeva dizajna ALAS-a je da osigura rad agenata bez obzira na vrstu implementacije platforme. Ova osobina je naročito važna za vreme seobe agenata, kada se, na primer, agent seli iz SOM sistema pisanog u Javi u sistem implementiran u Python-u. Prema tome, jezik kompajlera je dizajniran da bude veoma fleksibilan. Njegov ulaz sadrži kompilacijsku jedinicu - izvornu datoteku koja sadrži jedinstvenu definiciju agenta pisanu u ALAS-u i identifikaciju određene platforme kao što je Java, Python, C# itd. Na osnovu ulaza, kompajler generiše definiciju agenta zavisno od platforme kao i opis njegovih sposobnosti nezavisno od platforme. Definicija agenta zavisna od platforme se dalje prosleđuje matičnom kompajleru koji generiše izvršni kod (npr. Java bajt kod, ako je u pitanju Java određena platforma). Za vreme seobe, agent prenosi svoje stanje kao i originalni izvorni kod pisan u ALAS-u. Kada agent stigne do ciljne instance, originalni izvorni kod se rekompajlira u kod određene platforme i vraća se stanje agenta. ALAS se koristi za razvoj reaktivnih agenata koji izvršavaju svoje akcije kao odgovor na spoljni ulaz kao što su poruke primljene od drugih entiteta.

U Listingu 1 prikazan je primer *PingAgent* napisan u ALAS-u. *PingAgent* sadrži jedan servis, *hello*, koji ima

jedan parametar tipa *String*. Povratna vrednost servisa je *void* a rezultat koji daje servis *hello* je ispis primljenog parametra.

```
agent PingAgent {
    service void hello(String name) {
        log("Hello, " + name);
    }
}
```

Listing 1. Primer *PingAgent* napisan u ALAS-u

Glavna jezička konstrukcija za predstavljanje agenata je servis a ključna reč za oznaku servisa je *service* [25]. U ALAS-u, servis je funkcionalnost koja agenta nudi drugim, unutrašnjim ili spoljašnjim korisnicima sistema i može se posmatrati kao javna metoda u objektno orijentisanom programiranju. Spoljni entiteti mogu zatražiti izvršavanje servisa slanjem odgovarajuće poruke agentu. Funkcije, s druge strane su lokalne i njihov cilj je da razbiju servis na više manjih logičkih jedinica. U primeru koji je prikazan u Listingu 1, prikazan je jednostavan servis *hello* koji nema povratnu vrednost a njegov zadatak je da ispiše ime koje mu je prosleđeno kao parametar. Servis će ime ispisati uz pomoć funkcije *log* koja je implementiran unutar ALAS-a.

Od datog izvornog koda agenta ALAS kompajler generiše Stateless session EJB prikazan u Listingu 2.

```
package org.xjaf2x.server.agents;

@Stateless
@Remote
@Clustering
public class PingAgent extends AgentAdapter {

    @Override
    @Lock(LockType.WRITE)
    public void onMessage (ACLMessage message) {

        alas.stdlib.java.common.migration.
            ServiceDesc _service$ = new
            alas.stdlib.java.common.migration.
            ServiceDesc("hello");

        if (_service$.isService("hello")) {
            _service$.put("name",
                message.getContent(), String.class);
            String name = _service$.get("name",
                String.class);
        }

        alas.stdlib.java.common.
            Log.write("Hello, " + name);
    }
}
```

Listing 2. Automatski generisani EJB kod za *PingAgent*

Ovaj jednostavan primer pokazuje kako ALAS predstavlja rešenje koje postiže najbolje performanse pri čemu sakriva samu kompleksnost ukupnog procesa razvoja agenta. Prednost razvoja agenata primenom ALAS-a u odnosu na razvoj u čistom Java jeziku je očigledna. Agentski izvorni kod je mnogo kraći i razumljiviji i ukupan proces je dosta prirodniji i u skladu sa filozofijom agentskog razvoja (npr. ne postoje

specijalni interfejsi za implementaciju i nema nepotrebne konverzije tipova ili izdvajanja podataka koji se izvršavaju).

Proces transformacije ALAS izvornog koda u izvršni kod prikazan je na Slici 1. U prvom koraku, agentski izvorni kod napisan u ALAS-u se analizira i generiše se apstraktno sintaksko stablo. U VM selektoru se određuje koji je jezik implementacije odredišne platforme u kojoj će se agent izvršavati (u ovom slučaju to je programski jezik Java jer je XJAF implementiran u Javi). Sledeći korak je MAS selektor gde se određuje koji multiagentski sistem je u pitanju (u našem slučaju XJAF). Nakon toga, dobija se potpuno funkcionalan izvorni kod agenta koji se dalje prosleđuje matičnom kompajleru koji generiše izvršni kod.



Slika 1. Proces transformacije ALAS izvornog koda u izvršni kod

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan postupak integracije agentskog jezika ALAS u XJAF okruženje. XJAF je multiagentski sistem zasnovan na FIPA standardima. Osnovne funkcionalnosti multiagentskih sistema, samim tim i XJAF-a su upravljanje životnim ciklusom agenta, razmena poruka, servisni podsistem koji efikasno podržava agente, daje im mogućnost pristupa resursima, izvršavanje složenih algoritama itd. XJAF koristi postojeće, standardizovane Java EE tehnologije, alate i biblioteke kao što su JNDI, JMS i EJB da bi mogao implementirati velike podskupove funkcionalnosti neophodnih za multiagentske sisteme. XJAF je projektovan kao modularni sistem koji se sastoji od modula, odnosno menadžera. Svaki menadžer je relativno nezavisan modul zadužen za rukovanje posebnim delovima celokupnog procesa upravljanja agentima.

Kao i mnogi slični sistemi i XJAF je imao problem sa interoperabilnosti. Rešenje tog problema su donekle veb servisi. Problem interoperabilnosti je u potpunosti rešen implementacijom agentskog jezika ALAS. Osnovni ciljevi ALAS-a su:

- da osigura rad agenata u odredišnoj platformi bez obzira u kojem je programskom jeziku ona implementirana.
- sakrivanje kompleksnosti razvoja agenta od strane programera

ALAS se koristi za razvoj reaktivnih agenata koji izvršavaju svoje akcije kao odgovor na spoljni ulaz kao što su poruke primljene od drugih entiteta. U ovom radu pokazano je kako se agent koji pristigne u neko okruženje automatski transformiše u agenta koji se može izvršavati u tom okruženju. ALAS je za sada integrisan u 4 platforme: SOM, JADE, PySOM i XJAF.

U narednom periodu plan je da se ALAS integriše i u neka druga okruženja. Prilikom pristizanja novih agenata u XJAF okruženje aplikacioni server svaki put ponovo instalira sve ostale agente što dovodi do gubitka sesije svih agenata. Rešenje ovog problema je takođe jedan od budućih planova.

#### LITERATURA

[1] Vidaković, M., Ivanović, M., Mitrović, D., Budimac, Z., „Extensible Java EE – Based Agent Framework – Past, Present, Future”, Multiagent Systems and Applications, Intelligent Systems Reference Library Volume 45, pp. 55-88, 2013

[2] Metzger, M., Polakow, G., „A survey on applications of agent technology in industrial process control”, Industrial Informatics, IEEE Transactions on 7(4), pp. 570–581, 2011

[3] Intelligent and Mobile Agents Research Group, <http://agents.usluge.tel.fer.hr>, 19.01.2014.

[4] Software agent, <http://whatis.techtarget.com/definition/software-agent>, 19.01.2014.

[5] Wikipedia, Serenko, A., Detlor, B., Intelligent agents as innovations (PDF). 18(4). pp. 364–381, 2004 [http://en.wikipedia.org/wiki/Software\\_agent#cite\\_note-5](http://en.wikipedia.org/wiki/Software_agent#cite_note-5), 19.01.2014.

[6] Badić, C., Zoran Budimac, Z., Burkhard, Hans-Dieter, and Ivanović, M., „Software Agents: Languages, Tools, Platforms, 2011

[7] Luck, M., Ashri, R., d’Inverno, M., „Agent-Based Software Development“, Artech House, 2004

[8] FIPA homepage, <http://www.fipa.org>, 20.01.2014.

[9] Mitrović, D., Ivanović, M., Vidaković, M., Al-Dahoud, A., “Developing Software Agents using Enterprise JavaBeans“, BCI Local, volume 920 of CEUR Workshop Proceedings, pp. 147-149, 2012

[10] JNDI Homepage, <http://www.oracle.com/technetwork/java/jndi/index.html>, 20.01.2014.

[11] Haas, K., Java message system tutorial [http://docs.oracle.com/javase/1.3/jms/tutorial/1\\_3\\_1-fcs/doc/jms\\_tutorialTOC.html](http://docs.oracle.com/javase/1.3/jms/tutorial/1_3_1-fcs/doc/jms_tutorialTOC.html), 20.01.2014.

[12] EJB Homepage, <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/ejb/index.html>, 21.01.2014.

[13] Java PKI Programmer’s guide, <http://docs.oracle.com/javase/6/docs/technotes/guides/security/certpath/CertPathProgGuide.html>, 21.01.2014.

[14] JAXB homepage, <http://jaxb.java.net>, 21.01.2014.

[15] FIPA Abstract Architecture Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00001/SC00001L.pdf>, 21.01.2014.

- [16] Vidaković, M., “Extensible Java based agent framework”, Ph.D. thesis, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia, 2003
- [17] Mitrović, D., Ivanović, M., Vidaković, M., “Introducing ALAS: a novel agent-oriented programming language”, In Symposium on computer languages, implementations and tools, SCLIT 2011, Greece, pp. 19–25, 2011
- [18] World Wide Web Consortium (W3C) SOAP version 1.2., <http://www.w3.org/TR/soap>, 22.01.2014.
- [19] Shoham, Y., “Agent-oriented programming”, Robotics Laboratory Computer Science Department, Stanford University Stanford, CA 94305, USA, 1993
- [20] Weerasooriya, D., Rao, A., S., Ramamohanarao, K., “Design of a Concurrent Agent-Oriented Language,” in ECAI Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, edited by Wooldridge, M., and Jennings, N., R., Springer, vol. 890 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 386–401, 1994
- [21] Winikoff, M., “JACK Intelligent Agents: An Industrial Strength Platform”, Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations Volume 15, pp. 175-193, 2005
- [22] Xu, D., Zheng, D., and Fan, X., “Information and Software Technology”, pp. 435–442, 1998
- [23] Fallah-Seghrouchni, A., E., and Suna, A., “CLAIM and SyMPA: A Programming Environment for Intelligent and Mobile Agents”, Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations Volume 15, pp. 95-122, 2005
- [24] Hirsch, B., Konnerth, T., and HeSSler, A., “Merging Agents and Services — the JIAC Agent Platform,” in Multi-Agent Programming: Languages, Tools and Applications, edited by El Fallah Seghrouchni, A., Dix, J., Dastani, M., and Bordini, R., H., Springer US, pp. 159–185, 2009
- [25] Mitrović, D., Ivanović, M., Budimac, Z., Vidaković, M., “Supporting heterogeneous agent mobility with ALAS”, ComSIS, Vol. 9, No. 3, Special Issue, 2012

# DMX UPITI U ULOZI PREDVIĐANJA KORISNIČKIH OBRAZACA PONAŠANJA U ELEKTRONSKOM UČENJU

## DMX QUERIES IN PREDICTING ROLE OF USER BEHAVIOUR PATTERNS IN E-LEARNING

Marija Blagojević<sup>1</sup>, Vlade Urošević<sup>2</sup>

*Fakultet tehničkih nauka Čačak, Univerzitet u Kragujevcu<sup>1</sup>*

*Fakultet tehničkih nauka Čačak, Univerzitet u Kragujevcu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu je opisana primena DMX upita pri testiranju data mining modela neuronskih mreža. Prikazana je struktura neuronske mreže, kao i arhitektura sistema koji uključuje DMX upite pri predviđanju korisničkih obrazaca ponašanja u elektronskom učenju.

**Abstract** - This paper describes appliance of DMX queries in testing data mining model of neural network. Here is shown structure of neural network and architecture of system which includes DMX queries in predicting user behaviour patterns in e-learning.

### 1. UVOD

Savremena nastava podrazumeva aktivnu saradnju svih učesnika u nastavnom procesu, što se često postiže primenom informacionih tehnologija. U poslednje vreme se u tu svrhu u velikoj meri koriste sistemi za upravljanje učenjem (LMS-Learning management system). Moodle [1] sistem za upravljanje učenjem je jedan od najčešće korišćenih. U okviru pomenutog sistema postoji poseban deo koji se odnosi na izveštavanje o aktivnostima korisnika. Izveštavanje korisnika omogućava pregled i statistiku aktivnosti u okviru pojedinačnih kurseva. Međutim, Moodle sistem ne omogućava predviđanje budućih obrazaca ponašanja. Potencijalno rešenje za taj problem je primena tehnika data mining-a koji podrazumeva otkrivanje korisnih informacija iz velikih kolekcija podataka [2].

Nakon kreiranja odgovarajućih modela data mining-a pristupa se evaluaciji i testiranju istih. Jedan od načina testiranja modela data mining-a su i DMX (Data Mining Extensions) upiti [3], koji su primenjeni i u ovom istraživanju.

Postoji veliki broj istraživanja koji se bavi testiranjem modela majninga podataka i primenom DMX upita. Kao što je prikazano u [3], DMX upiti se uspešno mogu primenjivati na različitim modelima data mining-a u cilju otkrivanja korisničkih obrazaca ponašanja. Slično, u [4] su DMX upiti korišćeni kako bi se izvršila adaptacija elektronskih kurseva prema predviđajućim aktivnostima korisnika u okviru elektronskih kurseva. Osim u oblasti elektronskog učenja pomenuti upiti korišćeni su i u drugim oblastima. Na primer, u istraživanju [5] DMX upiti su uspešno primenjeni pri kreiranju sistema za donošenje odluka u oblasti kardiologije.

U ovom istraživanju predstavljeni su rezultati DMX upita pri utvrđivanju obrazaca ponašanja korisnika sistema elektronskog učenja, a koji predstavljaju međurezultate pri kreiranju Veb bazirane aplikacije koja ih koristi u cilju omogućavanja predlaganja odgovarajućih modela koje treba ponuditi studentima.

### 2. SVRHA I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja sastoji se u primeni DMX upita u cilju dobijanja informacija o obrascima ponašanja korisnika u okviru sistema za upravljanje elektronskim učenjem.

#### Ciljevi istraživanja:

- Utvrđivanje mogućnosti primene DMX upita pri otkrivanju obrazaca ponašanja korisnika u različitim vremenskim dimenzijama
- Ispitivanje mogućnosti primene različitih funkcija DMX upita

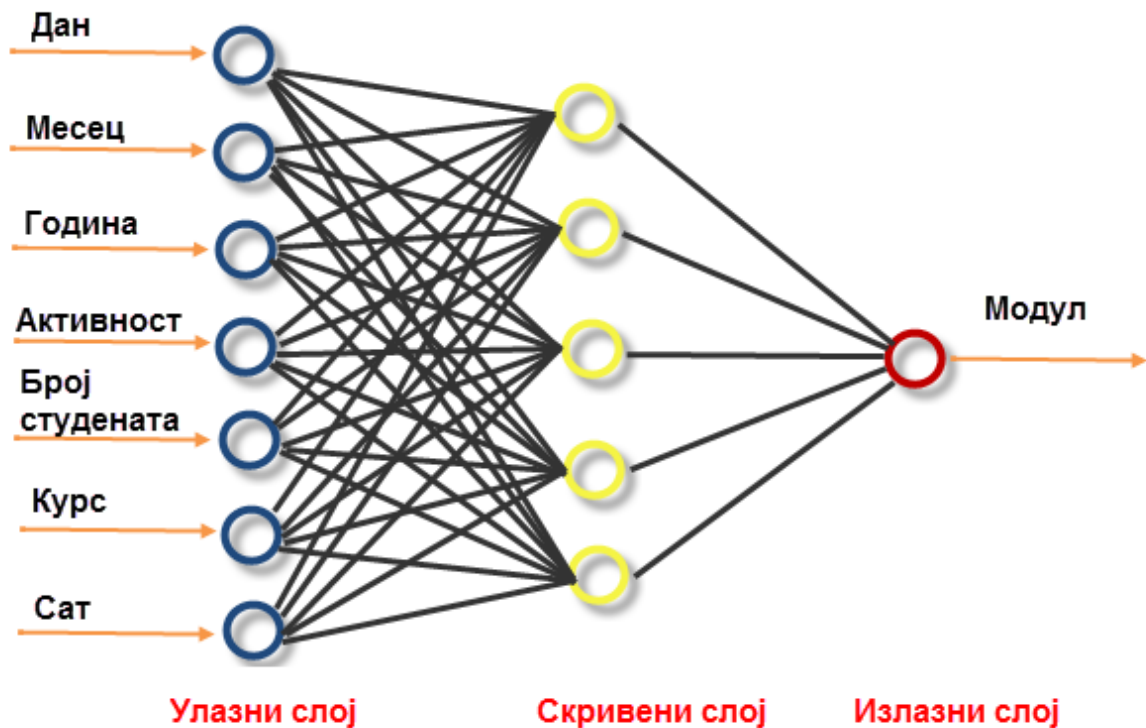
#### Zadaci istraživanja:

- Preuzimanje log datoteke sa sistema za upravljanje učenjem
- Selekcija podataka
- Transformacija podataka
- Kreiranje data mining modela
- Evalucija modela
- Testiranje modela
- Kreiranje Veb bazirane aplikacije

U ovom istraživanju prikazan je postupak testiranja data mining modela, jer su prethodni zadaci obavljeni, a kreirani DMX upiti predstavljaju dodatnu podršku Veb aplikaciji.

### 3. REZULTATI

Nakon kreiranja strukture neuronske mreže i modela majninga podataka pristupa se evaluaciji i testiranju modela. Struktura neuronske mreže prikazana je na slici 1. Na ovoj slici se mogu videti elementi ulaznog sloja, kao i broj čvorova u skrivenom sloju, i definisani izlaz. Na izlazu je modul jer se vrši predviđanje upravo za njega.



Slika 1. Struktura neuronske mreže [6]

Za testiranje neuronske mreže su ovom istraživanju korišćeni jednoznačni upiti za predviđanje.

Prvi upit koji je kreiran a služi za predviđanje spada u jednoznačne upite za predviđanje, a korišćena je funkcija PredictHistogram. Funkcija daje rezultat u obliku tabele, primer prikaza dat na slici 2.

Upit sadrži rezervisanu reč SELECT koja u ovom upitu služi za predviđanje nad kreiranim modelom. S obzirom da je izlazni atribut modul, i da se on predviđa u nastavku pomenute naredbe piše se naziv modela i atribut koji se predviđa.

Jednoznačni upiti za predviđanje daju mogućnost unosa konkretnih vrednosti za ulazne atribute, čime se vrši testiranje mreže i predviđanje verovatnoće za vrednosti izlaznog atributa. U prikazanom upitu koji sledi vrednost koja se unosi odnosi se na ulazni atribut „godina“, a vrednost koja je zadata je „2015“.

Sledi prikaz jednoznačnog upita za predviđanje uz korišćenje pomenute funkcije i određene vrednosti za atribut „godina“.

```
SELECT
    [Neuronske mreže].[Modul],
    TopCount(PredictHistogram([Modul]), $Ad
justedProbability, 2)
From
    [Neuronske mreže]
NATURAL PREDICTION JOIN
(SELECT 2015 as [godina]) AS t
```

Modul	\$SUPPORT	\$PROBABILITY	\$ADJUSTEDPR...	\$VARIANCE	\$STDEV
resource	927,899990974...	0,13255714226...	0,05921541251...	0	0
forum	1366,79998531...	0,19525714179...	0,05701607728...	0	0

Slika 2. Prikaz rezultata predviđajućeg upita

U prvoj koloni (slika 2) nalaze se nazivi modula, zatim sledi broj slučajeva koji ih podržavaju, i njihova verovatnoća. Postoje dve vrste „verovatnoće“. Prva je realna verovatnoća, dok je druga tzv. „prilagođena“, koja se razlikuje od realne i uzima u obzir i druge parametre u analizi. tj. smanjuje verovatnoću onim vrednostima koje su već popularne. Vrednost za verovatnoću kreće se u

intervalu od 0 do 1. Algoritmi koji se odnose na analizu podataka u okviru Microsoft-ovih alata ne podržavaju izračunavanje varijanse i standardnog odstupanja. Iz tog razloga se u poslednje dve kolone nalaze nule (0).

Kreiran je jednoznačni upit za predviđanje koji sledi:  
SELECT

```
[Neuronske mreže].[Modul],
PredictHistogram([modul])
From
[Neuronske mreže]
NATURAL PREDICTION JOIN
(SELECT 'view' AS [Aktivnost],
'sreda' AS [Dan Ime],
2016 AS [Godina]) AS t
```

Ovaj upit je po svojoj strukturi i svrsi sličan prethodnom, i takođe spada u jednoznačne upite. Razlika se odnosi na korišćenu funkciju, kao i drugačije vrednosti ulaznih atributa za koje se vrši predviđanje vrednosti modula, i to: za atribut „aktivnost“ vrednost je „view“, za atribut ime dana odabrana je „sreda“, a za atribut „godina“ odabrana vrednost „2016“.

Jednoznačni upit za predviđanje (eng. singleton query) je koristan u slučaju kreiranja predviđanja u realnom vremenu. Kod ovog tipa upita, kao što je prikazano u prethodnom primeru, daju se jedna ili više vrednosti koje predstavljaju ulaz u model, a predviđanja se dobijaju u realnom vremenu. Kada se kreira jednoznačni upit za predviđanje, modelu se obezbeđuju novi podaci kroz „PREDICTION JOIN“. Prediction join koristi se za kreiranje predviđanja koja su zasnovana na obrascima koja postoje u modelu. Ovakav upit obavezno ima rezervisanu reč ON koja omogućava koja omogućava mapiranje između ulaznih podataka i kolona u modelu.

U ovom upitu korišćen je NATURAL PREDICTION JOIN jer se predviđanje kreira nad modelom kod koga se podudaraju kolone u modelu sa kolonama u tabeli. Upravo zbog toga uz ovu klauzulu se ne koristi rezervisana reč ON jer se mapiranje vrši automatski.

Dobijeni rezultati prikazani su na slici 3.

modul	\$PROBABILITY
course	0,31016178044...
user	0,18654899909...
forum	0,17957479431...
resource	0,15211102681...
quiz	0,09166637179...
assignment	0,05518378244...
upload	0,00879596780...
choice	0,00566804594...
questionnaire	0,00280143403...
message	0,00277609763...
blog	0,00119773806...

Slika 3. Prikaz rezultata tzv. „singleton“ upita

Rezultati upita koji su prikazani na slici 3 dati su u dve kolone. U prvoj koloni prikazan je modul, a u drugoj verovatnoća.

Za dati jednoznačni upit predviđaju se verovatnoće za spisak modula dat u prvoj koloni. Nakon samog pristupa kursu, najverovatnije je da će student pristupiti nekom od

resursa, što može biti značajno za organizovanje nastave u narednom periodu.

Osim jednoznačnih upita za predviđanje, kreirani su i tzv. paketni upiti. Ovi upiti su korisni za predviđanje sa eksternim podacima koji se koriste kako bi se dobila predviđanja. Pri ovakvom pristupu se vrši mapiranje novih kolona sa podacima sa postojećim u modelu.

U kreiranom paketnom upitu cilj je dobijanje predviđanja za više novih podataka, kako se ne bi pisali pojedinačni „singletone“ upiti za svaki od slučajeva. Ovi upiti spadaju fundamentalne upite za predviđanje.

Ovakvo predviđanje je korisno kada se žele kreirati predviđanja na osnovu treniranog modela, a dostupan je veliki broj podataka. Važno je da u novim podacima postoje sve kolone koje postoje i u modelu. Može se dogoditi da nema vrednosti za neku kolonu u novim podacima. Bez obzira na to, upit će funkcionisati, ali ovakvi nedostaci mogu uticati na preciznost predviđanja. U ovom primeru novi podaci se odnose na period koji nije uključen u istraživanje, mart, april i maj mesec 2013. godine, i ti novi podaci su korišćeni u paketnom upitu. Predviđanje se dobija za svaki red novih podataka. Sledi primer takvog paketnog upita, gde su novi podaci smešteni u bazu pod imenom NOVI.dbo

```
SELECT
t.*,
vba! format (PredictProbability
([Modul]), 'Percent') as [Probability]
From
[Neuronske mreže]
PREDICTION JOIN
OPENQUERY([Moodle],
'SELECT distinct
[Dan],
[Mesec],
[Godina],
[Sat],
[Aktivnost]
FROM
[dbo].[NOVI]
') AS t
ON
[Neuronske mreže].[Dan] = t.[Dan]
AND
[Neuronske mreže].[Mesec] =
t.[Mesec] AND
[Neuronske mreže].[Godina] =
t.[Godina] AND
[Neuronske mreže].[Sat] = t.[Sat]
AND
[Neuronske mreže].[Aktivnost] =
t.[Aktivnost]
order by PredictProbability([modul])
desc
```

Kao što se može videti na slici 4 verovatnoća pristupa određenim modulima sortirana je u opadajućem redosledu. To je postignutom primenom naredbe:

order by PredictProbability([Modul]) desc

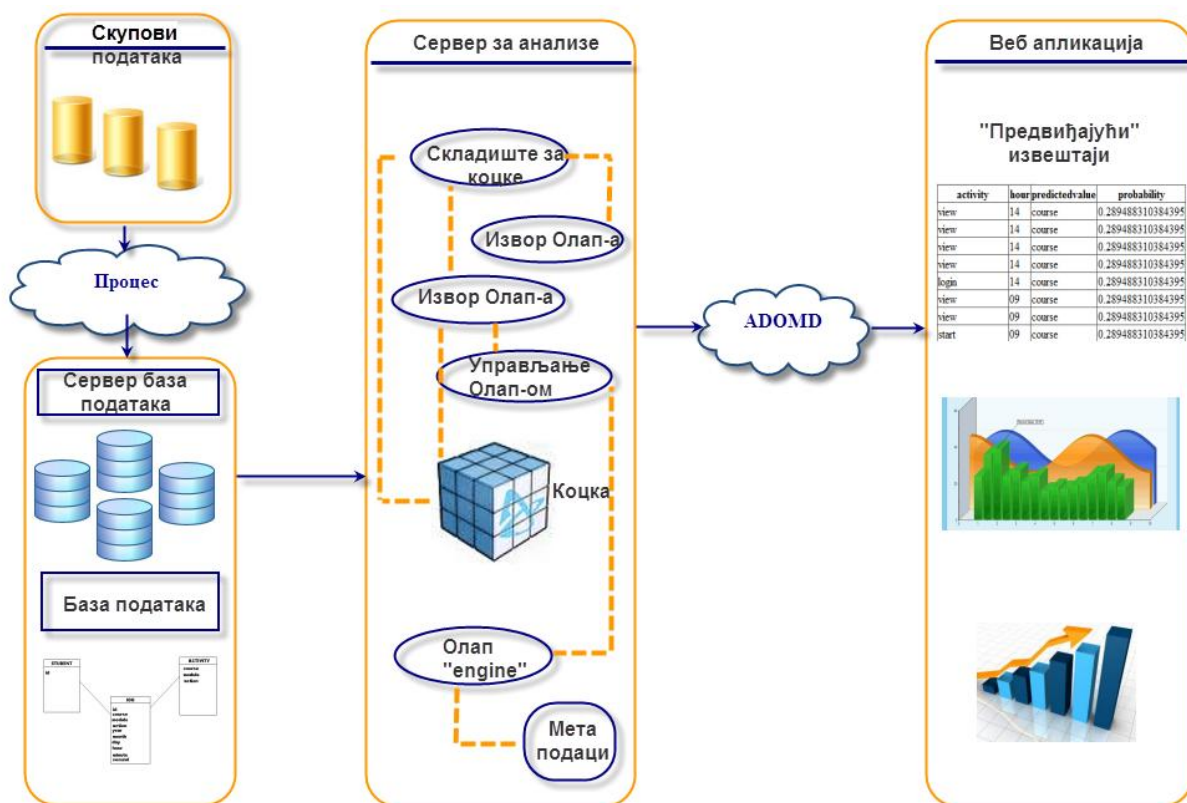
Dan_ime	Mesec	Godina	Sat	Aktivnost	Verovatnoća
субота	3	2013	23	attempt	71,21%
недеља	5	2013	12	attempt	71,18%
понедељак	3	2013	22	attempt	71,18%
петак	3	2013	22	attempt	71,18%
недеља	3	2013	22	attempt	71,18%
уторак	4	2013	10	write	71,16%

Slika 4. Prikaz dela rezultata paketnog upita

Kreirani paketni upit daje rezultate čiji je deo prikazan na slici 3. Na slici je dat samo deo rezultata, jer postoji veliki broj novih zapisa. Rezultat paketnog upita je dat u obliku tabele. Svaki red u tabeli daje jedinstvenu kombinaciju odabranih ulaza, i za njih pridruženu verovatnoću. Ovakvi upiti mogu se koristiti i kada su novi podaci dostupni sa nekog drugog sistema za upravljanje učenjem, ukoliko

sadrže iste kolone, odnosno aktivnost, modul, sat, dan, minut, mesec, godina...

Kreirani upiti će biti podrška u već kreiranom sistemu preko koga se vrši majning podataka dobijenih iz sistema za upravljanje učenjem, a čija je arhitektura prikazana na slici 5.



Slika 5. Arhitektura sistema [6, 7]

#### 4. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati ukazuju na mogućnosti koje pružaju DMX upiti pri testiranju neuronskih mreža. Data je struktura neuro mreža, kao i arhitektura kreiranog sistema za koji će prikazani upiti predstavljati podršku u

odlučivanju. Budući rad odnosi se na integraciju novih upita i proširenje aplikacije novim modelima data majninga.

**ZAHVALNICA**

Ovaj rad je nastao kao rezultat projekta podržanog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (Projekat III 44006, <http://www.mi.sanu.ac.rs/projects/projects.htm#interdisciplinary>).

**LITERATURA**

[1] Moodle LMS, [www.moodle.org](http://www.moodle.org), poslednji pristup 22.12.2013.

[2] Heikki, M., "Data mining: machine learning, statistics, and databases", IEEE 1996.

[3] Blagojević M. and Micić, Ž., "Contribution to The Creation of Dmx Queries in Mining Student Data", International Journal of Emerging Science, Vol. 2, No. 3, pp. 334-344, 2012.

[4] Blagojević M. and Micić Ž., "Adapting e-courses using data mining techniques-PDCA approach and quality spiral", International Journal for quality research, Vol. 7, No. 3, pp. 3-14, 2013. ISSN 1800-6450

[5] Palaniappan, S. and Awang, R., "Web-Based Heart Disease Decision Support System using Data Mining Classification Modeling Techniques", dostupno na: [http://pdf.aminer.org/000/248/170/using\\_neural\\_networks\\_for\\_modeling\\_the\\_input\\_requirements\\_of\\_electronic.pdf](http://pdf.aminer.org/000/248/170/using_neural_networks_for_modeling_the_input_requirements_of_electronic.pdf), poslednji pristup 22.12.2013.

[6] Blagojević, M. Doktorska disertacija, 2014.

[7] Blagojevic, M. and Micić, Ž. "A web-based intelligent report e-learning system using data mining techniques", Computers and Electrical Engineering, Vol. 39, No. 2, pp. 465-474, 2013.



# MODEL ZA LOKACIJU MERNIH STANICA NA MREŽI ŽELEZNICA SRBIJE

## MODEL FOR LOCATING A TRAIN WAYSIDE MONITORING SYSTEMS AT SERBIAN RAILWAYS

Biljana Mitrović<sup>1</sup>, Sanjin Milinković<sup>1</sup>, Slavko Vesković<sup>1</sup>, Irina Branović<sup>2</sup>, Života Đorđević<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,

<sup>2</sup>Univerzitet Singidunum,

<sup>3</sup>Železnice Srbije

**Sadržaj** – Železnica je jedan od ključnih faktora u razvoju i napretku modernog društva. Da bi ostale konkurentne na transportnom tržištu, železnice moraju stalno da rade na povećanju pouzdanosti prevoza i na smanjenju troškova prevoza. Pravovremena detekcija defekta može sprečiti nastajanje vanrednih događaja i da izbegne nepotrebne troškove dodatnog održavanja i investicija. Predmet ovog rada je model za izbor lokacije mernih stanica na mreži železnica u Srbiji. Merne stanice koriste nadzor teretnih kola pomoću savremenih dijagnostičkih sistema i služe da otkriju defekte koji nastaju na kolima. U radu su predstavljena dva modela. Prvi model koristi višekriterijumsku analizu za određivanje makro lokacije mernih stanica (sekciju), a drugi model, zasnovan na fazi logici određuje mikro lokaciju za postavljanje merne stanice na mreži „Železnica Srbije“.

**Abstract** – Railway is one of the key factors in modern society development and progress. To remain competitive in a transport market, railway need to increase a reliability and to reduce the transport costs. Timely detection of a fault can prevent a possible accident and can reduce a maintenance costs. This paper presents a model for selection of locations for wayside train monitoring systems. Wayside train monitoring systems are used to detect a fault on wagons. First model based on multicriteria decision making method are used in selecting a macro location, and second model based on fuzzy logic is used to determine a micro location of a wayside train monitoring system on a Serbian rail network.

### 1. UVOD

Stalnim usavršavanjem tehničkih sistema, gradnjom sistema visokih performansi, koji svoju funkciju cilja treba da ostvaruju u uslovima opštih tehničkih, bezbednosnih, ekoloških, ekonomskih i drugih zahteva, značaj održavanja postaje sve veći. U ovom radu nisu razmatrati svi aspekti železnice, već je akcent stavljen na održavanje i praćenje stanja teretnih kola.

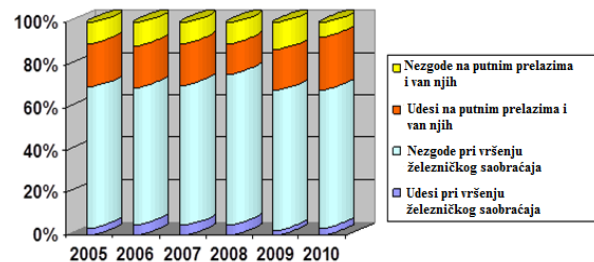
Modernizacija održavanja teretnih kola na mreži Železnice Srbije je, pored izgradnje/rekonstrukcije železničke infrastrukture, proces koji može da podigne teretni železnički transport na viši nivo i da tako poveća efikasnost i konkurentnost. Da bi se utvrdili predlozi razvijanja i unapređenja održavanja teretnih kola, a time i

železničkog teretnog transporta u celini, izvršena je identifikaciju uticajnih parametara na stanje radne ispravnosti teretnih kola, analiza otkaza na mreži ŽS, istraživanje savremenih tehnologija monitoringa i dijagnostičkih metoda, i na kraju je ustanovljen predlog za razvoj dijagnostičkog sistema na domaćim prugama.

### 2. NEISPRAVNOSTI NA ŽELEZNIČKIM VOZILIMA KOJE UGROŽAVAJU BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

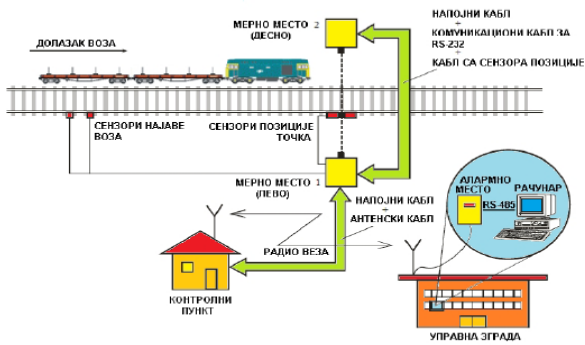
Železničko vozilo je transportno sredstvo sastavljeno od većeg broja funkcionalnih celina (sklopova, podsklopova, agregata, elemenata) i predstavlja tipičan primer složenog tehničkog sistema koji je izgrađen da izvršava određenu funkciju cilja-transport robe i putnika.

U eksploataciji do promene stanja železničkih vozila može doći usled habanja, korozije, zamora, starenja, preopterećenja, uslova korišćenja, pogrešnog rukovanja itd [1]. Značajne negativne promene stanja transportnog sredstva, mogu se dogoditi pri vanrednim događajima.



Slika 1. Grafikon strukture vanrednih događaja na ŽS

Neispravnosti na vagonima mogu da ugroze bezbednost saobraćaja. Međutim, prema dosadašnjim iskustvima, studijama i analizama, kod nas i u svetu, najveći procenat vanrednih događaja u železničkom saobraćaju je posledica neispravnosti trčećeg stroja i kočnica (Slika 1). U ovom radu analizira se lokacija sistema za merenje i detekciju da bi se pravovremenom akcijom na otklanjanju neispravnosti poboljšala efikasnost i smanjili troškovi. To se postiže praćenjem stanja i održavanjem na osnovu detekcije promene određenih parametara i njihovih specifičnosti u zavisnosti od karakteristika pruga, opterećenost vagona, obima saobraćaja, klimatskih uslova, načina prenosa podataka i reakcija na eventualne registrovane nepravilnosti (Slika 2).



Slika 2. Šema jedne vrste merne stanice

### 3. MODEL ZA UTVRĐIVANJE MAKROLOKACIJE MERNE STANICE

Za model utvrđivanja makrolokacije korišćena je višekriterijumska analiza [2] koja istražuje načine kako bez uprošćenja polaznog problema odrediti kompromisno rešenje. Zadatak optimizacije je da se izabere najbolja varijanta (najbolje rešenje) iz niza mogućih ili niza povoljnih, na osnovu usvojenih kriterijuma. Kriterijum definiše kvalitet i predstavlja meru za poređenje prilikom odabiranja najbolje varijante.

Kriterijumi za upoređivanje i izbor najbolje varijante za postavljanje mernih stanica su (Tabela 1):

- Broj isključeni kola iz saobraćaja po vrsti kvara, po sekcijama;
- Obim prevoza po sekcijama;
- Procentualno učešće međunarodnih pruga po sekcijama.

Varijante odnosno alterantive predstavljaju su sekcije na mreži železnica Srbije

Tabela 1. Ulazni podaci po sekcijama

Sekcije	Broj isključenih kola	Obim prevoza	Učešće međunarodnih pruga po sekcijama (usvojena ocena)
Beograd	2057	37172	4
Požarevac	3572	120082	1
Zrenjanin	1689	57195	2
Subotica	3357	85906	4
Novi Sad	687	126956	1
Ruma	901	76987	1
Zaječar	811	147960	1
Niš	4567	79689	4
Lapovo	570	100439	2
Kraljevo	269	110698	1
Požega	1200	79689	1

Anketiranjem eksperata dobijeni su podaci pomoću kojih su definisani težinski koeficijenti za model kriterijume u modelu (Tabela 2).

Tabela 2. Normalizovani težinski koeficijenti za problem izbora varijante

Kriterijumi	Broj isključenih kola	Obim prevoza	Procenat međ. pruga po sek. (usvojena ocena)
Normaliz. težinski koeficijenti	0,4	0,3	0,3

Primenom višekriterijumske analize, metodom PROMETHEE u SANNA okruženju (MC Excel add-in), urađen je model za utvrđivanje makro lokacije mernih stanica [4].

Rešavanje problema u ovom programu prikazano je kroz sledeće korake:

➤ **Nova postavka zadatka.** Korisnik poziva komandu *Data-New data set*, koja prikazuje prozor parametara problema (*Parameters of the problem*), gde korisnik mora odrediti broj alternativa i kriterijuma. Lista za problem sa 11 alternativa i 3 kriterijuma je prikazana na Slici 3.

➤ **Postavka problema.** Date su varijante  $a_i$  sa vrednostima kriterijuma za svaku varijantu  $f_j(a_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ . Cilj je rangirati varijante. Svakom kriterijumu  $f_j$  dodeljuju se odgovarajući težinski koeficijent  $w_j$ . Polazni podaci prikazani su na Slici 3. Težine kriterijuma se mogu uneti bilo direktno u data sheet ili putem jednog od dostupnih načina.

	MAX Бр. искљ. коле	MAX Обим прев.	MAX Уч. Међ. Пр.
Београд	2057	37172	4
Пожаревац	3572	120082	1
Зрењанин	1689	57195	2
Суботица	3357	85906	4
Нови Сад	687	126956	1
Рума	901	76987	1
Зајечар	811	147960	1
Ниш	4567	79689	4
Лапово	570	100439	2
Краљево	269	110698	1
Пожега	1200	79689	1
Weights	0,40000	0,30000	0,30000

Slika 3. Polazni podaci

➤ **Određivanje funkcija preferencija  $P_j(a_i, a_s)$ .** Za primenu metoda PROMETHEE u zavisnosti od generalizovanog kriterijuma za svaki par varijanti ( $a_i, a_s$ ) i svaki kriterijum  $f_j$  treba da se odredi vrednost funkcije preferencije  $p_{isj} = P_j(a_i, a_s)$ ,  $i, s \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $i \neq s$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ; uz definisanje potrebnih parametara ( $q_j, p_j, \sigma_j$ ). Funkcija preferencija za posmatrani problem prikazane su na Slici 4.

Preference function: 3 - linear 3 - linear 4 - level

Preparation	3	3	4
	Бр.искљ.колњ	Обим прев. Уч. Међ. Пр.	
q-indif			1
p-pref	4000	100000	3
sigma			

Slika 4. Funkcija preferencije ulaznih promenljivih

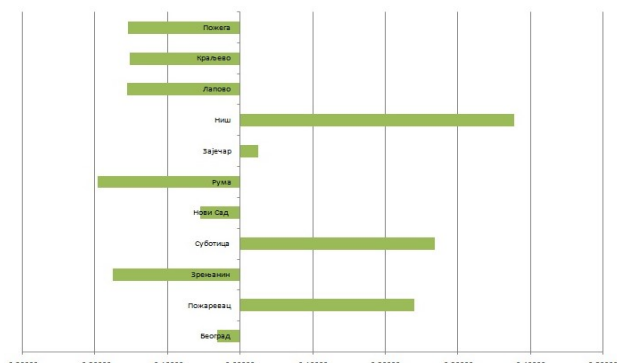
➤ **Rešavanje problema metodom PROMETHEE**

Problem makro lokacije rešen je primenom metode PROMETHEE II. Naredbom *Report wizard* izveštaja prikazuje se prozor u kome korisnik može definisati oblik na osnovu napravljenog izveštaja.

Nakon što smo zadali naredbu za rešavanje problema, i izabrali kakav tip izveštaja želimo da dobijemo, dobijamo konačne rezultate, tačnije dobijamo potpuni poredak varijanata (slika 5). Primenom metode PROMETHEE II dobili smo poziciju alternativa na rang listi (slika 5). Dobijeni rezultati mogu da se predstave i na sledeći način:  $a_8 > a_4 > a_2 > a_7 > a_1 > a_5 > a_{10} > a_{11} > a_9 > a_3 > a_6$ , dok je njihov prikaz odgovarajućim grafom prikazan na Slici 6.

Ranking	Alternative	F	F+	F-
1	Ниш	0,37873	0,44290	0,06417
2	Суботица	0,26913	0,33636	0,06723
3	Пољаревац	0,24056	0,30593	0,06538
4	Зајечар	0,02561	0,18727	0,16166
5	Београд	-0,03146	0,20272	0,23418
6	Нови Сад	-0,05411	0,12377	0,17788
7	Краљево	-0,15076	0,07734	0,22810
8	Пожега	-0,15366	0,04793	0,20159
9	Лапово	-0,15448	0,05881	0,21329
10	Зрењанин	-0,17410	0,06297	0,23707
11	Рума	-0,19546	0,03055	0,22602

Slika 5, Potpuni poredak varijanti



Slika 6. Graf po metodi PROMETHEE II

Na osnovu predstavljenih rezultata, možemo zaključiti da se na prvom mestu nalazi sekcija Niš, a zatim redom sekcije Subotica, Požarevac, Zajecar, Beograd, Novi Sad, Kraljevo, Požega, Lapovo, Zrenjanin, Ruma.

Prema tome, sekcija Niš je izabrana makro lokacija i najpogodnija za izgradnju merne stanice na teritoriji ŽS,

sa aspekta broja isključenih kola, obima saobraćaja i procenta međunarodnih pruga po sekcijama.

**4. MODEL ZA UTVRĐIVANJE MIKROLOKACIJE**

Nakon izbora makrolokacije, potrebno je odrediti mikrolokaciju za postavljanje merne stanice. Za rešavanje ovog problema napravljen je model koji koristi tehnike računarske inteligencije, tj. fazi logiku. Model fazi logičkog sistema izrađen je u softverskom paketu Matlab. Matlab® Fuzzy Logic Toolbox (FLT) predstavlja kolekciju funkcija i alata koji se koriste za izgradnju i prikazivanje Fuzzy sistema zaključivanja na bazi aproksimativnog rezonovanja (Fuzzy Interface System - FIS), ali i za njegovo uključivanje u simulacioni proces u okviru dela softverskog paketa MATLAB® Simulink. Model fazi sistema za određivanje mikrolokacije mernih sistema definisan je tako da ima tri ulazne promenljive i jednu izlaznu promenljivu [4].

Ulazne promenljive su:

1. ocena deonica pruge sa tehničkog aspekta sa opisnom ocenom: „loša“, „zadovoljavajuća“ i „odlična“. Svaka pruga u sklopu sekcije, podeljena je na određene deonice i dodeljena joj je opisna ocena (Tabela 3).

Tabela 3. Ocena deonica pruge sa tehničkog aspekta

NIŠ – DIMITROVGRAD	
NIŠ – Niška Banja	1,4
Prosek staj. – Radov Dol staj	1,5
Dolac – Bela Palanka	1,6
Crkvice staj.	1,5
Božurat staj. – Dimitrovgrad	2
NIŠ – PREŠEVO	
NIŠ – Doljevac	2,2
Kočane staj. – Pečenjevce	3
Živkovo staj. – Leskovac	2
Đorđevo – Seline staj.	1,6
Vladičin Han – Vranje	1,6
Neradovac staj. – Preševo	1,8
NIŠ – KOSANIČKA RAČA	
NIŠ – Doljevac	1,6
DOLJEVAC - Žitorađa	1,8
Rečica staj. – Prokuplje	1,6
Toplička Mala Plana tov. i staj. – Pločnik tov. i staj.	1,6
Barlovo tov. i sta. – Kuršumljija	1,6
Rasputnica Kastrat –Kosanička rača	1,6
NIŠ - STALAĆ	
NIŠ - Supovački Most staj.	2
Grejač St. - Nozrina staj.	2
ALEKSINAC - ĐUNIS	2,4

2. broj teretnih vozova. Ova parametar je opisan ocenama: „mali“, „srednji“ i „veliki“ (Tabela 4).

Tabela 4. Ocena parametra „broj teretnih vozova“

<b>NIŠ – DIMITROVGRAD</b>	50
<b>NIŠ – PREŠEVO</b>	30
<b>NIŠ – KOSANIČKA RAČA</b>	20
<b>NIŠ – STALAC</b>	90

3. udaljenost deonice pruge od mernih stanica koje se nalaze na graničnim prelazima. Ocene su: „mala“ i „velika“ (Tabela 5). Model je pravljen pod pretpostavkom da se na svim graničnim prelazima nalaze merne stanice.

Tabela 5. Ocena parametra „udaljenost deonice od mernih stanica“

<b>NIŠ – DIMITROVGRAD</b>	
NIŠ – Niška Banja	103,9
Prosek staj. – Radov Dol staj	89,2
Dolac – Bela Palanka	82,2
Crkvice staj.	55,4
Božurat staj. – Dimitrovgrad	27
<b>NIŠ – PREŠEVO</b>	
NIŠ – Doljevac	157
Kočane staj. – Pečenjevce	137,3
Živkovo staj. – Leskovac	122,5
Đorđevo – Seline staj.	104,7
Vladičin Han – Vranje	70,9
Neradovac staj. – Preševo	38,6
<b>NIŠ – KOSANIČKA RAČA</b>	
NIŠ – Doljevac	87,5
DOLJEVAC - Žitorada	66,27
Rečica staj. – Prokuplje	56,9
Toplička Mala Plana tov. i staj. – Pločnik tov. i staj.	47,9
Barlovo tov. i sta. – Kuršumlja	23
Rasputnica Kastrat –Kosanička rača	11,4
<b>NIŠ – STALAC</b>	
NIŠ - Supovački Most staj.	121,7
Grejač St. - Nozrina staj.	132,2
ALEKSINAC - ĐUNIS	151,5

Izlazna promenljiva je rezultat model koji daje mikro lokaciju deonice za postavljanje merne stanice. Formira se na osnovu promenljivih izraženih preko numeričke skale za ocenu od 1 do 15. Najmanja ocena pokazuje da je to najlošija, a najveća ocena pokazuje da je to najbolja deonica za postavljanje merne stanice. Model je razvijen u *Matlabu* sa tri ulazne promenljive i jednom izlaznom promenljivom (Slika 7).

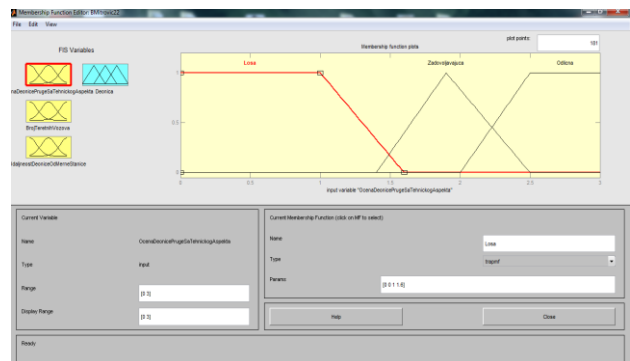
Fuzzy proces aproksimativnog rezonovanja sastoji se iz 5 delova, tzv. koraka:

**Korak 1: Fazifikacija ulaznih promenljivih.**

Fazifikacija ulaza određena je izgledom funkcije pripadnosti. Za svaki od odabranih fuzzy skupova određen je stepenom pripadnosti preko funkcije pripadnosti i to, za ulaznu promenljivu:

- Ocena deonice pruge sa tehničkog aspekta:
  - „loša“ (0 0 0.8 1.6) – trapezoidna f-ja pripadnosti (*trapmf*)
  - „zadovoljavajuća“ (1.2 2 2.5) - trigonometrijska f-ja pripadnosti (*trimf*)
  - „odlična“ (2 2.5 3 3) - trapezoidna f-ja pripadnosti (*trapmf*)

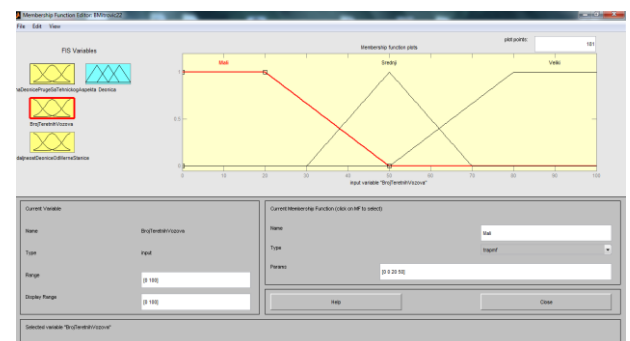
Na Slici 7 prikazane su funkcije pripadnosti ulazne promenljive „Ocena deonice sa tehničkog aspekta“ u *Fuzzy Logic Toolboxu (FLT) Membership Function Editor* –u.



Slika 7. Funkcija pripadnosti ulazne promenljive „Ocena deonice pruge sa tehničkog aspekta“

- Broj teretnih vozova:
  - „mali“ (0 0 20 40) - trapezoidna f-ja pripadnosti (*trapmf*)
  - „srednji“ (30 50 70) - trigonometrijska f-ja pripadnosti (*trimf*)
  - „veliki“ (60 80 100 100) - trapezoidna f-ja pripadnosti (*trapmf*)

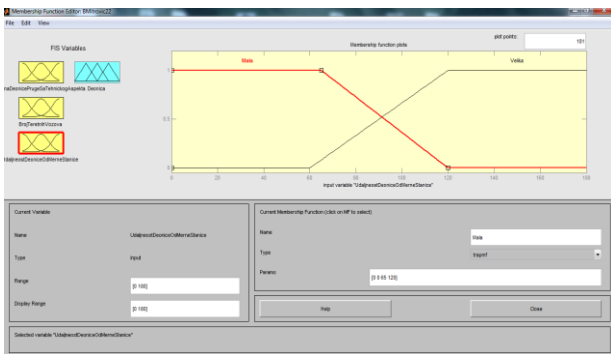
Na Slici 8 prikazane su funkcije pripadnosti ulazne promenljive „Broj teretnih vozova“ u *FLT Membership Function Editor* –u.



Slika 8. Funkcija pripadnosti ulazne promenljive „Broj teretnih vozova“

3. Udaljenost deonice od merne stanice
  - „mala“ (0 0 65 120) - trapezoidna f-ja pripadnosti (*trapmf*)
  - „velika“ (60 120 180 180) - trapezoidna f-ja pripadnosti (*trapmf*)

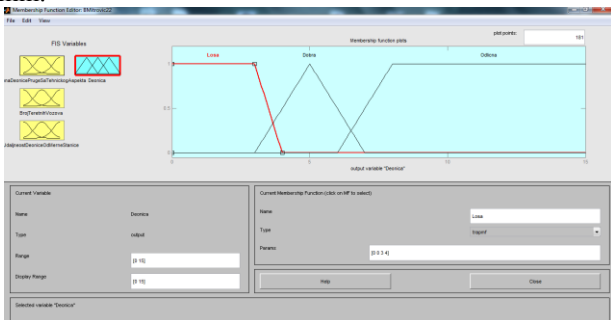
Na Slici 9 prikazane su funkcije pripadnosti ulazne promenljive „Udaljenost deonice od merne stanice“ u FLT Membership Function Editor –u.



Slika 9. Funkcija pripadnosti ulazne promenljive Udaljenost deonice od merne stanice

**Korak 2. Uvođenje i primena fuzzy operatora**

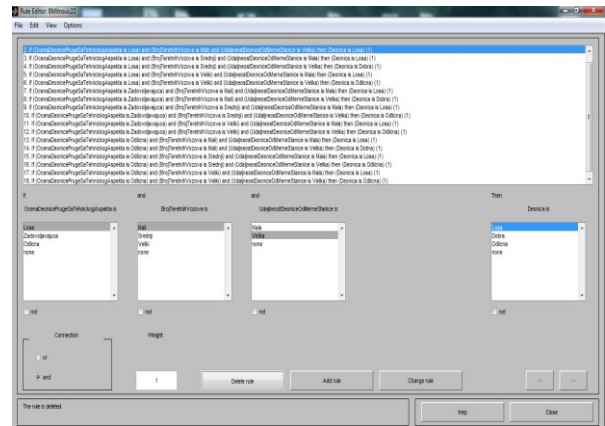
Nakon fazifikacije ulaza, poznat je stepen pripadnosti za svaki od podataka postavljenih na ulazu. Kao fazi operator koji treba da obezbedi jedan broj koji predstavlja rezultate pretpostavki za dato pravilo i koji se aplikuje na izlaznu funkciju usvojen je „AND“ metod: min.



Slika 10. Funkcije pripadnosti izlazne promenljive

Postavljeno je 18 „If-Then“ pravila za date pretpostavke (Slika 11). Pravila su kreirana na sledeći način:

- Pravilo 1: If OcenaDeonicePrugeSaTehnickogAspekta „loša“ and BrojTeretnihVozova „mali“ and UdaljenostDeoniceOdMerneStanice „mala“ then Deonica „loša“
- Pravilo 2: If OcenaDeonicePrugeSaTehnickogAspekta „zadovoljavajuća“ and BrojTeretnihVozova „mali“ and UdaljenostDeoniceOdMerneStanice „velika“ then Deonica „dobra“, itd....



Slika 11: „If-Then“ pravila

**Korak 3. Primena metoda implikacije – zaključivanja**

Pre nego što se pređe na metodu implikacije, za svako pravilo se odredi težina pravila (broj između 0 i 1), koji se uvodi za zadat broj pretpostavki.

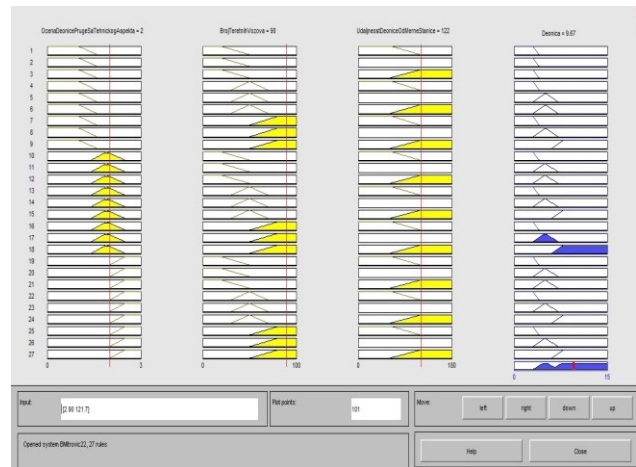
**Korak 4. Agregacija svih izlaza**

Odluke su zasnovane na testiranju svih pravila, a pravila se kombinuju u po određenom redosledu kako bi se formiralo pravilo za svaku kombinaciju vrednosti ulaznih i izlaznih promenljivih. Zatim se kroz agregaciju procesa fazi skup koji predstavlja izlaz svakog pravila sažima u jedan fazi skup.

**Korak 5. Defazifikacija**

Ulaz u proces defazifikacije je fazi skup (fazi skup kao rezultat procesa agregacije), a izlaz za svaku promenljivu je jedan broj. Za proces defazifikacije izabran je metod „centroid“ (težište površine ispod krive).

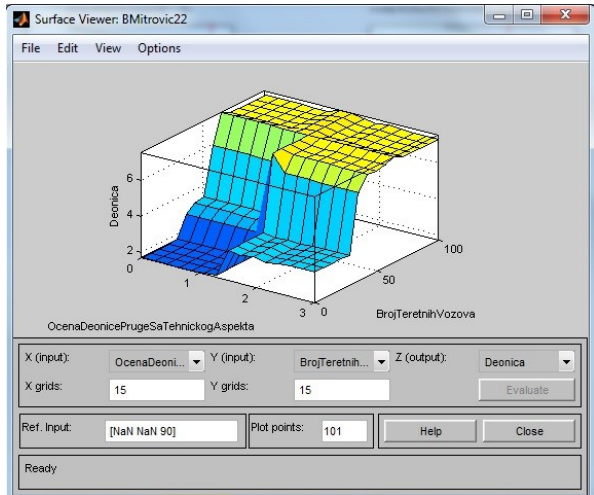
Na Slici 12 prikazana je vrednost izlazne promenljive u FLT Roulter Viewer -u, a na Slici 13 vrednost izlazne promenljive u FLT Surface Viewer – u.



Slika 12. Proračun izlazne promenljive u zavisnosti od vrednosti ulaznih promenljivih

Ocena pogodnosti deonice za postavljanje merne stanice sa Slike 12 uzima vrednost 9.67, odnosno nalazi se u

skupu vrednosti „odlična“. Ocena sa aspekta tehničkih karakteristika pruge u tom slučaju uzima vrednost 2 (što pripada skupu „zadovoljavajuća“), ocena broj vozova vrednost 90 (što pripada skupu vrednosti „veliki“), a ocena deonice sa aspekta udaljenosti od merne stanice ima vrednost 121,7 (što pripada skupu vrednosti „velika“).



Slika 13. Zavisnost ulazne i izlazne promenljive

Makrolokaciju, odnosno, sekciju za postavljanje merne stanice dobili smo primenom višekriterijumske metode PROMETHE II. Na osnovu ranga alternativa, zaključujemo da je sekcija Niš najpogodnija sa aspekata broja isključenih kola, obima saobraćaja i procenta međunarodnih pruga po sekcijama. Nakon sekcije Niš, merne stanice bi trebalo postaviti u sekcijama Subotica, Požarevac, Zaječar, Beograd itd. Za izabranu sekciju primenili smo model za izbor mikro lokacije mernih sistema primenom fazi logike. Za svaku deonicu na sekciji Niš proračunata je ocena. Dobijeni rezultati pokazuju da mernu stanicu treba locirati na pruzi Niš – Stalać, između Niša i Nozrina stajališta (Tabela 6).

Tabela 6. Rezultati modela mikro lokacije mernih stanica

Pruge podeljene na deonice	Ocena ulaznih promenljivih			KONAČNA OЦENA
	Тех. Карактер.	Бр. Возова	Удаљеност	
<b>НИШ – ДИМИТРОВГРАД</b>				
НИШ – Нишка Бања	1,4	50	103,9	3,41
Просек стај. – Ралов Дол стај.	1,5	50	89,2	7,51
Долац – Бела Паланка	1,6	50	82,2	6,38
Црквица стај. – Пирот	1,5	50	55,4	3,27
Бозурат стај. – Димитровград	2	50	27	3,01
<b>НИШ – ПРЕШЕВО</b>				
НИШ – Дољевац	2,2	30	157	5
Кочане стај. – Печевце	3	30	137,3	5
Живково стај. – Лесковац	2	30	122,5	5
Ђорђево – Селине стај.	1,6	30	104,7	3,59
Владичин Хан – Врање	1,6	30	70,9	3,27
Нерадовац стај. – Прешево	1,8	30	38,6	3,12
<b>НИШ – КОСАНИЧКА РАЧА</b>				
НИШ – Дољевац	1,6	20	87,5	3,27
ДОЉЕВАЦ – Жигораћа	1,8	20	66,27	3,27
Речница стај. – Прокупље	1,6	20	56,9	3,27
Топличка Мала Плана тов. и стај. – Пљочник тов. и стај.	1,6	20	47,9	3,27
Барлово тов. и ста. – Куршумлија	1,6	20	23	3,27
Распутница Кастрат – Косаничка рача	1,6	20	11,4	3,27
<b>НИШ – СТАЛАЋ</b>				
НИШ – Сутовачки Мост стај.	2	90	121,7	9,67
Грејач Ст. – Нозрина стај.	2	90	132,2	9,67
Алексинач – Ђупис	2,4	90	151,5	9,64

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ulaznih podataka o broju i strukturi isključenih kola, obima saobraćaja i procenta međunarodnih pruga po sekcijama, višekriterijumskom analizom dobijeno je da je sekcija Niš najbolja sekcija za postavljanje merne stanice na mreži ŽS. Za sekciju Niš, napravljen je fazi model u Matlab-u, kako bi se dobila najpogodnija deonica u okviru ove sekcije za izgradnju merne stanice. Model je napravljen na osnovu broja teretnih vozova, udaljenosti od graničnih prelaza i tehničkih karakteristika pruga. Dobijeni rezultati sugerišu da mernu stanicu treba locirati na pruzi Niš – Stalać, na deonici između Niša i Nozrina stajališta. Za određivanje sledeće lokacije potrebno je ponoviti ceo postupak primene modela i određivanja ulaznih promenljivih za izmenjene vrednosti.

Model za lokaciju mernih stanica mogao bi se dodatno podesiti uz upotrebu iskustava prve merne stanice koja se nalazi kod stanice Batajnica.

Razvojem dijagnostičkih sistema za kontrolu tehničkog stanja voznih sredstava „Železnice Srbije“ će se uključiti u savremeni evropski transportni sistem, kroz podizanje nivoa pouzdanosti i kvaliteta usluga. Uvođenje dijagnostičkih sistema je proces koji treba stalno inovirati u skladu sa novonastalim uslovima i spoznajom novih podataka.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srbije (br. projekta 36012 od 2011. do 2014.).

## LITERATURA

- [1] Đorđević Ž., „Razvoj dijagnostičkog sistema za održavanje železničkih teretnih kola“, Mašinski fakultet, Niš, 2012.
- [2] Čičak M., „Modeliranje u železničkom saobraćaju“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2003.
- [3] Milanović Z., „Primena logike u razvoju modularnog pristupa u planiranju osnovne ponude železničkog putničkog saobraćaja“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2007.
- [4] Mitrovic B., „Model za lokaciju mernih stanica za teretna kola na mreži „Železnica Srbije“, master rad, Saobraćajni fakultet, Beograd 2013.

# ANALIZA SISTEMA BG VOZA PRIMENOM SIMULACIONOG PAKETA OPENTRACK

## ANALYSIS OF THE BGVOZ SYSTEM BY OPENTRACK SIMULATION SOFTWARE

Milan Milosavljević<sup>1</sup>, Sanjin Milinković<sup>1</sup>, Slavko Vesković<sup>1</sup>, Irina Branović<sup>2</sup>, Slaviša Aćimović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,

<sup>2</sup>Univerzitet Singidunum

**Sadržaj** - Visok kvalitet prevozne usluge je postao osnovni uslov opstanka na savremenom transportnom tržištu. U saobraćajnom sistemu Beograda postoji potreba za kvalitetnom i pouzdanom gradskom železnicom sa većom brzinom prevoza, odgovarajućim redom vožnje, ali uz sve prednosti koje železnica kao ekonomičan i ekološki prihvatljiv sistem nudi. U ovom radu predstavljen je simulacioni model saobraćaja vozova u sistemu BG voza, na relacijama Batajnica-Pančevački most i Resnik-Karaburma. Cilj je da se simulacionim modeliranjem analiziraju efekti pojave konfliktnih situacija u saobraćaju vozova i proračunaju vremena vožnje na ovim relacijama kako bi se uz primenu računara prikazalo ponašanje realnog sistema.

**Abstract** – High quality public transport is a key condition for competitiveness in a modern transport market. In Belgrade public transport system there is a need for a quality and reliable urban passenger rail transport with increased speed, good timetable, and other economic and ecological benefits of railway transport. This paper presents a simulation model of a city railway system BgVoz on lines Batajnica-Pančevački most and Resnik-Karaburma. The aim of the paper is to analyse the results of the simulation model in order to detect the conflicts of the trains and to calculate the train running times on BgVoz lines.

### 1. UVOD

Od transportnog sistema korisnici prevozne usluge zahtevaju određeni kvalitet prevoza koji zadovoljava njihove kriterijume. Najveći značaj za korisnike imaju sledeći parametri: pouzdanost, brzina prevoza, ekonomičnost, kapacitet, komfor i bezbednost. U velikim gradovima osnovni princip uspešne koncepcije moderne gradske železnice je adekvatna frekvencija polazaka vozova [1]. Da bi gradska železnica bila konkurentna, potrebno je obezbediti dovoljan broj garnitura kojima će se ostvariti određeni broj polazaka u toku dana, a naročito u vršnom času kada najveći broj putnika putuje ka ili od radnog mesta, škole i sl. Druga važna karakteristika uspešnog železničkog transportnog sistema je integracija i povezivanje sa ostalim vidovima saobraćaja. Realizacijom projekta “Gradske železnice – BG voz novi gradski prevoz”, železnica je pokazala da može biti konkurentna ostalim vidovima prevoza, što se najbolje vidi po stalnom porastu broja putnika, ali i pouzdanosti saobraćaja vozova. Dalji unapređenje usluge gradske železnice mora se pažljivo planirati u skladu sa mogućnostima železničke

infrastrukture, karakteristikama prevoznih sredstava, ali uz poštovanje zahteva putnika za kvalitetnim prevozom. Cilj rada je analiza mogućnosti uvođenja još jedne linije kao i produžetak postojeće linije sistema BG voza. Sistem saobraćaja vozova na linijama gradske železnice modeliran je računarskom simulacijom. Prilikom izrade simulacionog modela nije uvek moguće uzeti u obzir sve komponente realnog sistema, pa tako je i ovaj model izrađen sa nekim ograničenjima i pretpostavkama koje se odnose na način vožnje mašinovođe i odabir koloseka za formiranje puteva vožnji u stanicama. Pre izrade simulacionog modela potrebno je upoznati se sa realnom sistemom kao i zakonitostima i pravilima saobraćaja vozova. Iako je u radu razmatran sistem BG voza, potrebno je pre svega bliže upoznavanje sa celokupnim železničkim čvorom Beograd, redom vožnje vozova, kao i sa garniturama koje će se koristiti u sistemu BG voza.

### 2. SISTEM BG VOZA – GRADSKJE ŽELEZNICE

Stalni porast broja stanovnika u velikim gradovima, razdvojenost mesta stanovanja od radnog mesta kao i zakrčenost saobraćajnica uz želju putnika da stignu na određite u što kraćem roku, dovodi do potrebe da se saobraćajni sistem bolje organizuje i poboljša. Železnički saobraćaj je jedan od ključnih vidova prevoza za razvoj i modernizaciju sistema transporta ne samo ne velikim rastojanjima već i prigradskom i gradskom jezgru. Ovaj vid prevoza pruža mnoge pogodnosti kao što su masovnost, odnosno prevoz velikog broja putnika, obično na kratkom rastojanju od 10 do 50 km, kao i veliku frekventnost i brzinu kretanja vozova, što čini ključne preduslove za prevoz gradskih i prigradskih putnika. Za uspešan sistem prevoza u gradskim sredinama veoma je važna koordinacija između različitih vidova prevoza, dok je jedan od najvažnijih uslova, za što bolje opsluživanje putnika, minimizacija utroška vremena na čekanje voza i na sam prevoz. Ovim zahtevima u najvećoj meri odgovaraju elektrificirane linije sa elektromotornim vozovima, visoki peronima na stanicama i ostale usluge i objekti koje se nude da bi olakšale pristup železnici (npr. Park&Ride usluga, veze sa ostalim vidovima itd.). U cilju pružanja bolje usluge javnog gradskog prevoza u Beogradu, a po ugledu na druge evropske gradove, grad Beograd je, u saradnji sa JP “Železnice Srbije” realizovao projekat “Gradske železnice – BG voz novi gradski prevoz”. BG voz je sistem gradske železnice u Beogradu koji funkcioniše u okviru integrisanog tarifnog sistema i deo je integrisanog sistema naplate Bus Plus. Ovaj tip

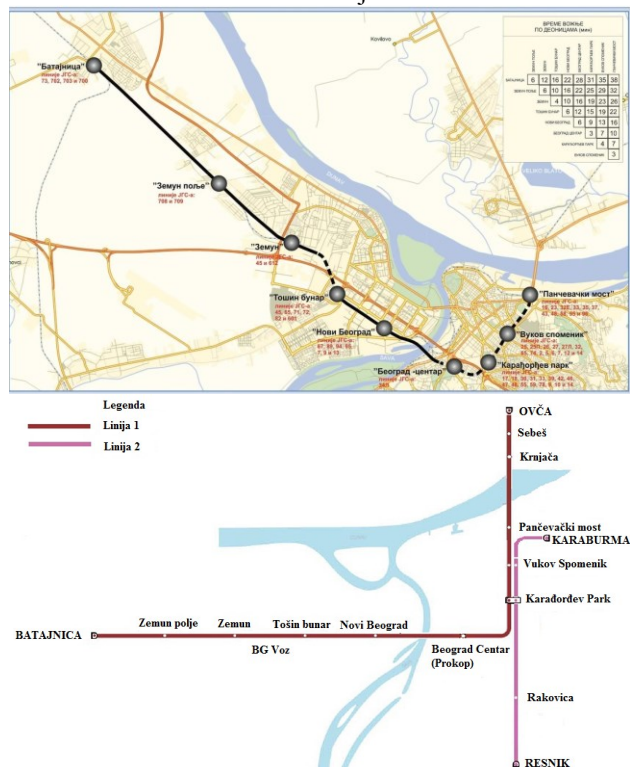
javnog prevoza počeo je da funkcioniše 1. Septembra 2010. godine na relaciji Novi Beograd – Pančevački most, a 15. aprila 2011. godine linija je produžena do Batajnice. Radno vreme linije Pančevački most – Batajnica je svakodnevno od 6.00 do 23.30 časova. Planirani interval sledenja kompozicija je 15 minuta u periodima vršnog opterećenja odnosno 30 minuta u van vršnom periodu, dok je subotom interval 30 minuta do 12h, a od 12h i nedeljom 60 minuta.

Na trasi od Pančevačkog mosta do Batajnice ima 9 stanica/stajališta i to (Slika 1): Pančevački Most, Vukov spomenik, Karađorđev park, Beograd Centar, Novi Beograd, Tošin Bunar, Zemun, Zemun Polje i Batajnica. Gradsku železnicu najviše koriste zaposleni, studenti i srednjoškolci. U stanicama Pančevački most i Batajnica dolazi do preklapanja između linija BG i Beovoza pa putnici iz prigradskih delova grada mogu da presedaju i vrlo lako dođu do samog gradskog jezgra.

Kako za sada postoji samo jedna linija BG voza, da bi gradska železnica bila maksimalno iskorišćena, potrebno je nastaviti sa njenim razvojem. Dalji razvoj se planira u tri faze:

1. Nova stajališta “Kamendin” i “Altina-Plavi horizonti”.
2. Produžetak prve linije do Ovče i izgradnja linije od Resnika do Karaburme.
3. Povezivanje Mladenovca, Lazarevca i Umčara sa centralnim gradskim jezgrom.

Projekat “Gradske železnice – BG voz novi gradski prevoz” je održiv i otvoren za dalju nadogradnju, npr. elektrifikacijom pruge oko Kalemegdana i povezivanjem sa Višnjičkom banjom, sa aerodromom Nikola Tesla, Dobanovcima kao i budućim linijama metroa.



Slika 1. Linije obrađene modelom

### Vozna sredstva u sistemu BG voza

Postoje nekoliko različitih tipova elektro-motornih garnitura koje bi bile interesantne za naše transportne

ulove, i koje bi zadovoljile sve potrebe gradskih železnica. To su (Slika 2):

1. EMV serije 412/416,
2. EMV Stadler Flirt,
3. EMV Siemens Desiro,
4. EMV Bombardier Talent.



Slika 2. Elektromotorne garniture

Trenutno se u sistemu BG voza koriste Elektromotorni vozovi serije 412/416, dok su preostale tri garniture približnih tehničkih karakteristika, dok je razlika u dizajnu i spoljašnjem izgledu [4].

### 3. IZRADA MODELA OPEN TRACK ZA DEO BEOGRADSKOG ŽELEZNIČKOG ČVORA

Simulacioni model sistema BgVoza izrađen je u softveru Open Track [2,3] pri čemu je uzet u obzir deo beogradskog železničkog čvora, odnosno pruge kojima trenutno saobraćaju BG vozovi kao i pruge na kojima se planira uvođenje novih linija BG voza. U modelu postoji 15 stanica, odnosno stajališta, koja su podeljena na dve linije BG voza.

Jedna linija obuhvata trasu Batajnica – Zemun polje – Zemun – Tošin bunar – Novi Beograd – Beograd centar – Karađorđev park – Vukov spomenik – Pančevački most – Krnjača – Sebeš – Ovča a druga linija obuhvata sledeća stajališta: Resnik – Rakovica – Karađorđev park – Vukov spomenik – Karaburma.

U modelu su korišćene tri različite garniture za saobraćaj BG vozova, koje predstavljaju tri različite varijante modela, a to su garniture Stadler Flirt, Siemens Desiro kao i već postojeća garnitura koja saobraća, garnitura EMV 412/416.

Za izradu simulacionog modela korišćen je softverski paket Open Track, koji je namenjen za kontinualne simulacije kretanja vozova na mreži. Najveća prednost ovakvih i sličnih simulacionih modela je u tome što se na jednostavan i brz način mogu ispitati veliki sistemi kao što su sistemi kretanja vozova. Za samo nekoliko minuta moguće je simulirati kretanje vozova i rezultate prikazati u vidu grafikona i raznih statistika.

### Opis rada modela

Zbog kompleksnosti železničkog čvora Beograd, nisu uzete u obzir sve pruge koje se nalaze u čvoru kao i drugi vozovi koji se nalaze na mreži, iako u stvarnosti oni i te



kako utiču na planiranje reda vožnje i organizaciju saobraćaja u celini. Svi podaci o dužinama prostornih odseka pruga, broja koloseka i položaja signala na mreži su preuzeti iz planova pruga i definisani su pre početka izrade simulacionog modela [5, 6].

Potrebno je naglasiti da je, zbog ograničenja raspoložive verzije softvera, simulacija vremena vožnje vozova vršena za samo četiri voza, po jedan iz svake polazne stanice, dok je vreme simulacije ograničeno na sat vremena.

### Podaci o infrastrukturi

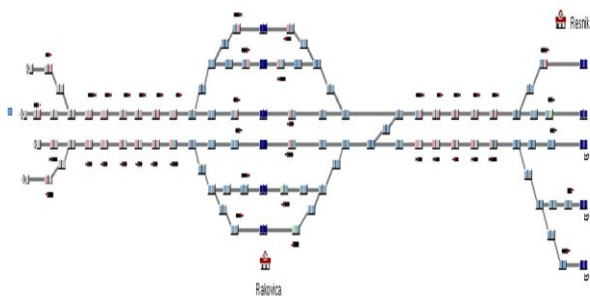
Na početku izrade modela, najpre je potrebno definisati sve koloseke, odnosno celokupnu železničku infrastrukturu. Pored toga potrebno je napraviti i bazu podataka svih stanica u modelu.

Pravljenje modela počinje na sledeći način: Iz toolbox palete se bira ikonica „*vertex*“ koja predstavlja deo na pruži na kome se jedan deo osobine pruge menja (nagib, brzina, izolovani odsek pruge, itd.) ili mesto gde se nalazi signal. Pored osnovnog *vertex*-a u modelu postoji i još jedan tip *vertex*-a koji se zove „*station vertex*“. On predstavlja referentnu tačku u modelu i mora da se nalazi gde i stanična zgrada u svakoj stanici. Ovaj *vertex* je stvoren jednostavnim uključivanjem opcije *station vertex* u „*vertex inspector*“ meniju.

Svaka dva postavljena *vertex*-a moraju biti povezana, izborom ikonice „*edge*“, pri čemu se mora voditi računa o tome kako se povezuje jer će smer u kome se povežu dva *vertex*-a biti smer kretanja voza. Na ovaj način pruga se deli na deonice, pri čemu svaka od njih ima svoje osobine koje se definišu u okviru „*Edge Inspector*“ menija. Ovde se mogu definisati dužina odseka, zatim poluprečnik krivine, nagib, kao i da li ima tunela ili ne. Takođe može se definisati i brzina kojom se mogu kretati vozovi za različite kategorije vozova, uz mogućnost izbora da ta brzina bude ista za oba smera kretanja.

Ikonica „*Connector*“ služi za povezivanje delova koloseka odnosno sekcija ukoliko je model kompleksan ili ukoliko zbog preglednosti samog modela želimo da podelimo isti na nekoliko delova. Potrebno je imati dva konektora, na svakoj strani modela koji želimo da spojimo konektorima.

U modelu su na ovaj način ostvarene veze između dva rada lista, u jednom se nalaze stanice Rakovica i Resnik (Slika 3), a u drugom modelu se nalaze sve preostale stanice, kao i neke veze unutar samog radnog lista.



Slika 3. Izgled jednog dela modela

Signal se unosi u model tako što se nakon izbora ikonice za signal u Toolbox meniju, izabere jedna od dve strane *vertex*-a, i nakon toga se signal pojavljuje na radnoj površini. Ovde je potrebno voditi računa o izboru strane jer postoji razlika između strana *vertex*-a, jedna strana je za jedan smer a druga za drugi smer kretanja voza. U modelu su korišćeni glavni signali (ulazni, izlazni i prostorni), dok su se u stanici Batajnica i Karaburma koristili i signali *Stop Head*, koji označavaju da se voz mora da se zaustavi do svojom čeonom stranom do ovog signala, i svi vozovi pored signala prolaze brzinom koja je definisana na trasi.

Stanično područje se određuje označavanjem i grupisanjem svih elemenata opcijom *Function – Group – Station Area*, a sama stanica se pravi izborom odgovarajuće ikonice i definisanjem parametara. Sve stanice u modelu su posednute, osim Tošinog bunara i Sebeša koji su u modelu predstavljeni kao stajališta, dok se saobraćaj na stajalištu Karađorđev park reguliše iz stanice Beograd Centar.

### Podaci o voznim sredstvima

Da bi definisali garnituru odnosno voz koji će se kretati moraju se definisati podaci o vučnom vozilu. To se vrši u okviru menija *Engines*, gde se za svako vučno vozilo definisane tehničke karakteristike, brzina, masa, otpori. Pored toga bitno je napraviti dijagram vučne sile po brzini i podatke sačuvati kako bi se lokomotiva mogla koristiti u modelu.

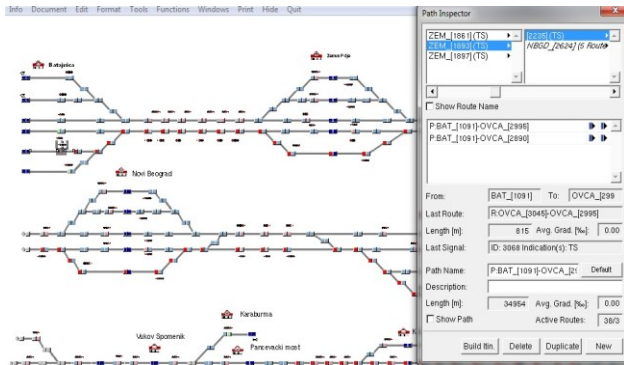
Nakon definisanja garniture, neophodno je definisati voz, pri čemu su za svaki voz definisana vučna vozila (garniture), broj kola u sebi ili broj jedinica, naziv koji koristi kao i koji je tip voza, da li je teretni, IC ili voz za prevoz putnika. Svi vozovi u simulacionom modelu su zapravo elektromotorne garniture za prevoz putnika.

Kada su definisani svi vozovi, pristupa se definisanju određenih operacija koje će se odvijati sa vozovima i koje su iste za sve varijante koje će se simulirati.

Pre svega, neophodno je definisati rute kojim će se garniture kretati, pri čemu jedna ruta uvek počinje i završava se pored nekog glavnog signala što znači da se rute definišu za svaki odsek pruge između dva signala.

Nakon izbora nekog od signala od koga će početi ruta, i izborom opcije „*Routes*“, pojavljuje se meni u kojem sam softver automatski pretražuje sve moguće rute od tog signala. Odgovarajuću rutu je potrebno prebaciti u model preko dugmeta *fetch* tako da ona može da ostane u modelu. Moguće je definisati postojeća ograničenja brzine na pruži, brzinu kojom će se vozovi kretati kroz rutu, videti dužinu tog dela pruge kao i sve *vertex*-e koje obuhvata.

Naredni deo informacija o vozovima u softveru predstavljaju putanje (*Path*). One se sastoje od nekoliko uspešno napravljenih ruta u jednom pravcu kretanja, pri čemu se u okviru jedne putanje može uključiti neograničen broj ruta.



Slika 4. Izgled jedne od putanja na liniji Batajnica – Ovča

U modelu su definisane dve linije BG voza, Resnik – Karaburma i Batajnica – Ovča, tako da su sve putanje koje se nalaze u modelu počele upravo u nekoj od ove četiri stanice. Kao i rute i putanje počinju pored glavnih signala, a to su u ovom slučaju izlazni signali ovih stanica. U opisu putanje može se videti koja je zadnja ruta na putanji, kolika je dužina svake od ruta kao i ukupna dužina putanje, koji je poslednji signal, koliko je ruta uključeno i tako dalje. Za svaku od linija proizvoljno je napravljeno po nekoliko ruta koje počinju sa različitim koloseka i koje će se koristiti za simulaciju i dobijanje rezultata.

Poslednji deo i ujedno i najvažniji deo informacija i podataka o vozovima je maršuta odnosno itinerer garnitura (*Itinerery*). Jedna maršuta se sastoji od nekoliko upesno povezanih putanja, pri čemu jedna putanja može ujedno biti i jedna maršuta voza. U samom simulacionom procesu svakom vozu se dodeljuje lista itinerera sa prioriteta za svaki itinerer posebno. Kojom maršutom će se voz kretati zavisi od same simulacije, odnosno voz će uvek ići rutom koja je slobodna i ima najveći prioritet i tako redom.

U okviru menija Tools postoji opcija „*Itinerers*“ nakon čega se otvara lista svih postojećih itinerera. Nov itinerer se dodaje izborom iz liste svih putanja koje su prethodno definisane, tako da u modelu imamo neki od sledećih itinerera:

```
I:BAT_[1091]-OVČA_[2995]
I:OVČA_[2927]-BAT_[1347]
I:RES_[57]-KAR_[3259]
I:KAR_[3268]-RES_[32]
```

Brojevi u zagradi označavaju lokacije izlaznih signala iz stanica odnosno lokacije signala do kojih voz mora da se zaustavi u krajnjim stanicama.

Na kraju ostaje još jedan deo podataka koji moraju da se definišu pre simulacije. To su podaci o kretanju vozova na mreži u toku nekog perioda dana, a termin koji se koristi u programu OpenTrack je „*Course*“. Kurs se sastoji od niza itinerera sa definisanim redovima vožnje. Nakon pokretanja simulacije svako zaustavljanje voza i svaki prolazak voza kroz neku od stanica se beleži i poredi se sa planiranim vremenima, ukoliko su ta vremena definisana. Svaki kurs može da se sastoji od nekoliko različitih itinerera, kojima je dodeljen prioritet koji će se poštovati prilikom kretanja voza. Najpre se unosi ID kursa, nakon toga daje se bliži opis samog kursa, a potom je izabran voz koji će saobraćati na toj liniji. Deo „*speedtype*“ je u modelu uvek „*Reihe R*“, a on predstavlja brzine kojima se

voz kreće po svakoj deonici posebno. Razlog postojanja više tipova brzina je taj što se na prugama nalaze različite kategorije vozova, i kako nije ista brzina za sve njih na ovaj način se lako model može prilagoditi različitim kategorijama vozova.

Za sve tri garniture su korišćeni isti kursevi sa jedinom razlikom u tipu voza koji se koristi. Definisano je po nekoliko kurseva za svaku od linija za oba smera, da bi se pronašla srednja vremena kojima se vozovi kreću, jer se vozovi neće uvek kretati istim kolosecima kroz železničku mrežu.

Nakon što se definišu svi kursevi u modelu oni se nalaze u bazi podataka, i svakom od njih je potrebno dodeliti odgovarajući red vožnje. Red vožnje se sastoji od vremena polazaka, zaustavljanja po međustanicama u sekundama, od podatka da li će se voz zaustaviti u stanici ili ne, zatim od oznake kursa kao i svih stanica koje se nalaze u okviru kursa.

Course ID	Station	Arrival	Departure	Wait	Stop	M. Del.
Linija 1	BAT	HH:MM:SS	10:10:00	0	0	0
Linija 1	ZFLJ	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	ZEM	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	TOB	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	NBGD	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	BGC	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	VS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	MOST	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	KRNU	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	SEB	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0
Linija 1	OVCA	HH:MM:SS	HH:MM:SS	35	0	0

Slika 5. Red vožnje za liniju Batajnica – Ovča

U modelu postoje redovi vožnje za dve linije Batajnica – Ovča u oba smera kao i Resnik – Karaburma u oba smera. Definisana su samo vremena polazaka voza iz stanica, a uzeto je i to da će se garnitura zaustaviti u svakoj stanici, pri čemu definisano vreme zaustavljanja voza u svakoj stanici iznosi 35 sekundi.

### Analiza rezultata simulacije

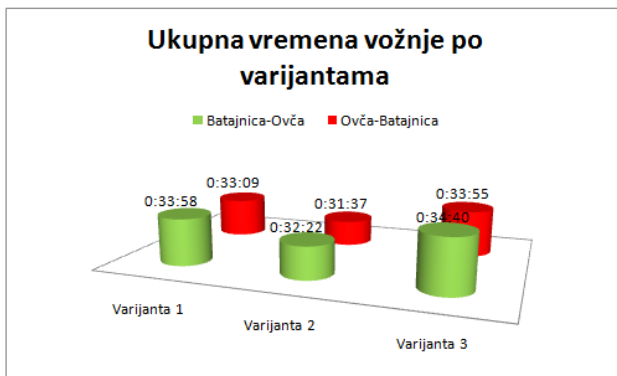
Pre početka simulacije potrebno je izvršiti izbor rezultata koje želimo da posmatramo i analiziramo. Za analizu su odabrani podaci o vremenu vožnje, zaustavljanja i kašnjenja kako u samim stanicama tako i na otvorenoj pruzi. Pored toga podešava se i način na koji će se podaci prikazati na izlazu, grafikoni, tabele i animacije.

U modelu postoje tri varijante koje su simulirane [7]. Varijante su iste sa aspekta linija na kojima su se garniture kretale, a jedina razlika je u vrsti garniture koja se kreće, tj. u razmatranim tipovima garnitura i njihovim tehničkim i vučnim karakteristikama (Slika 2). U varijanti 1 korišćen je BG voz 1, u varijanti 2, BG voz 2, a u varijanti 3 garnitura BG voza 3. Takođe potrebno je naglasiti da je maksimalna brzina kojom se vozovi kreću kroz mrežu 90km/h jer je to preporučena brzina za kretanje vozova unutar BG čvora. U slučaju da ovo ograničenje nije uzeto u obzir, rezultati simulacije bili bi značajno drugačiji i bili bi više zavisni od tehničkih karakteristika vozila.

U modelu je najviše pažnje usmereno na izračunavanje vremena vožnje za sve tri varijante za obe posmatrane linije i za poređenje dobijenih rezultata. Pored toga, razmatrana je i pojava konfliktnih situacija u modelu, odnosno situacije nepredviđenog zaustavljanja nekih od vozova na nekom od signala, pri čemu je pažnja usmerena na deonicu pruge od Pančevačkog mosta do Karađorđevog parka.

Rezultati simulacionog modela dali su podatke o vremenu vožnje vozova (Slika 6). Ukupno vreme vožnje od Batajnica do Ovče kada je u pitanju Varijanta 1 je 32 minuta i 22 sekunde, dok je ovo vreme vožnje za varijantu 2, 33 minuta i 58 sekundi. Za varijantu 3 to vreme vožnje iznosi 34 minuta i 40 sekundi.

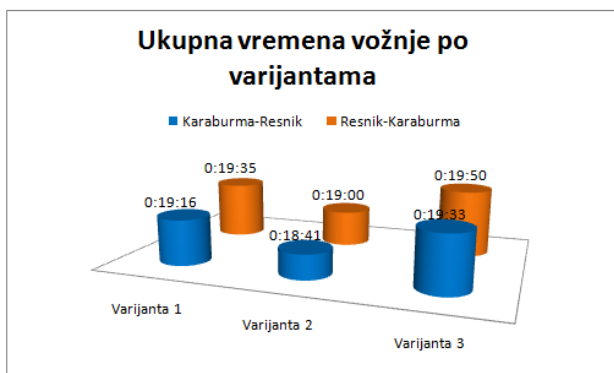
Za suprotan smer ukupna vremena vožnje su 31 minut i 37 sekundi za varijantu 1, za varijantu 2 vreme vožnje je 33 minuta i 9 sekundi, dok je za varijantu 3 to vreme vožnje jednako 33 minuta i 55 sekundi.



Slika 6. Grafik ukupnog vremena vožnje po varijantama za relaciju Batajnica-Ovča

Na Slici 6 može se videti da je za smer Batajnica – Ovča najviše vremena potrebno BG vozu 1, dok je za smer Ovča – Batajnica najviše vremena u vožnji provela garnitura BG voz 3. U oba slučaja najmanje vremena u vožnji provede garnitura BG voza 2.

Ukupna vremena vožnje za planiranu trasu od Resnika do Karaburme (faza II izgradnje BgVoza) za sve tri varijante su predstavljena su na Slici 7.



Slika 7. Grafik ukupnog vremena vožnje po varijantama za relaciju Resnik – Karaburma

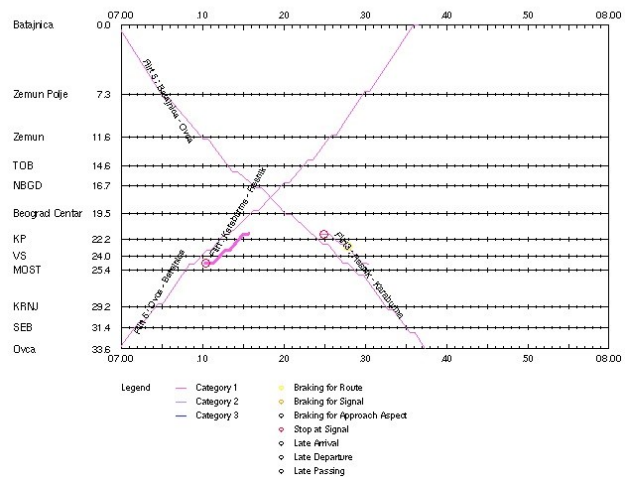
Na osnovu Slike 7, može se videti da su vremena vožnje za sve varijante približno ista i da će u sve tri varijante, vozu biti potrebno oko dvadeset minuta od početne do krajnje

stanice. U ovom slučaju kod varijante 3 se javljaju najveća vremena vožnje i ona iznose 19 minuta i 30 sekundi za smer Karaburma – Resnik odnosno 19 minuta i 50 sekundi za suprotan smer. Najmanje vremena vožnje su za varijantu 2 i iznose za smer Karaburma – Resnik 18 minuta i 41 sekunda odnosno 19 minuta za suprotan smer. Posmatrajući dobijene rezultate za obe varijante može da se konstatuje da nema velike razlike u vremenima vožnje između sve tri garniture, što je i pretpostavljeno s obzirom na ograničenja infrastrukture. Donosioci odluke o izboru i investicijama u nove garniture mogu koristiti rezultate ovog modela uz dodatne podatke o tehničko-tehnološkim, eksplotacionim i drugim karakteristikama garnitura.

### Analiza konfliktnih situacija

Drugi deo analize dobijenih rezultata odnosi se na neke karakteristične tačke na pruzi. To su dva signala, prostorni signal ispred stajališta Vukov spomenik sa strane Pančevačkog mosta i Karaburme čija je oznaka u modelu element 3520 i prostorni signal ispred stajališta Karađorđev park sa strane Rakovice, čija je oznaka 3552.

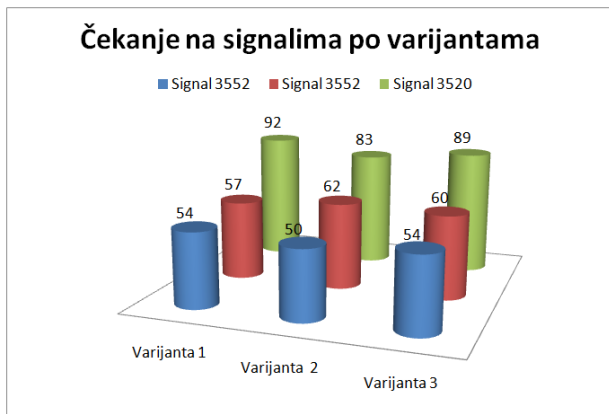
Batajnica - Ovča



Slika 8. Konfliktno situacije za varijantu 1

Na Slici 8, mogu se videti vremena vožnje vozova, kao i zadržavanja po međustanicama na posmatranoj relaciji za varijantu 1, kao i delovi linija koje saobraćaju na relaciji Karaburma – Resnik u oba smera i to na onim delovima koji su zajednički za ove dve relacije. Takođe, na Slici 8, na grafikonu saobraćaja vozova, prikazane su i konfliktno situacije koje se mogu javiti (označene su kružićima). Prikazani grafikon saobraćaja vozova je za relaciju Batajnica – Ovča za varijantu 1. Može se uočiti da postoje konfliktno situacije koje predstavljaju čekanje voza ispred signala. To su signali 3520 i 3552, pri čemu je raznim varijantama saobraćaja garniture u različitom vremenskom period utvrđeno da je će voz koja saobraća na trasi Karaburma – Resnik čekati u proseku 92 sekunde na signalu 3520 ukoliko se otprema u intervalu od sedam do deset minuta nakon što je otpremljen voz iz stanice Ovča i koji se kreće ka Batajnici. Ukoliko se voz otpremi pre i posle ovog vremena neće imati nikakvih čekanja. Pored ovoga javlja se i čekanje na signalu 3552 pri čemu ovde postoje dve varijante, da voz iz Resnika čeka na prolaz voza iz pravca Batajnice i da voz iz pravca

Batajnice čeka na voz iz pravca Resnika. Ukoliko je to vreme veće od 10 minuta neće se javiti nikakve smetnje ni čekanja.



Slika 9. Grafik čekanja na signalima po varijantama

Na osnovu poređenja sve tri varijante (Slika 9) možemo da potvrdimo već dobijene rezultate simulacije, da se najveća čekanja na signalu 3520 javljaju kod varijante 1, da je najveće čekanje na signalu 3552 u prvom slučaju podjednako za varijantu 1 i 3 a da je najveće čekanja za signal 3552 u drugom slučaju onda je to varijanta 2.

Čekanja koja se javljaju na ovim signalima nisu velika, ali ipak postoje, što ukazuje da se o tome mora voditi računa o tome kada će se koji voz otpremati iz svoje polazne stanice prilikom planiranja reda vožnje. To je posebno izraženo za stanicu Karaburma u kojoj se javilo čekanje, odnosno zakašnjenje voza u polasku, što bi moglo da doprinese da se poremeti celokupan red vožnje i da prouzrokuje kašnjenja narednih vozova.

#### 4. ZAKLJUČAK

Sistem BG voza kao i celokupan sistem beogradskog železničkog čvora ima veliki potencijal za veće učešće u saobraćajnom sistemu Beograda. Dosadašnja iskustva sa organizacijom i eksploatacijom ove gradske železnice pokazuju da su očekivanja prevaziđena. Vozovi saobraćaju bez kašnjenja, broj putnika je sve veći, što navodi na zaključak da unapređenjem BgVoza i daljim razvijanjem, grad Beograd može imati mnogo koristi, dok će putnici dobiti, brz, efikasan, bezbedan i pouzdan sistem prevoza.

Izgradnjom drugog koloseka do Pančeva, završetkom železnice stanice Beograd centar, kao i osposobljavanjem i prilagođavanjem ostalih stanica u čvoru mogle bi se u ovaj sistem uvesti i još neke linije, tako da svi delovi grada budu povezani i da putnici iz svih krajeva mogu stići na svoje odredište za relativno kratko vreme.

Rezultati dobijeni simulacijom pokazali su da pri zadatim uslovima dobijamo odlična vremena vožnje na posmatranim linijama, kao i da ne postoje neke velike razlike između posmatranih elektromotornih garnitura.

Rezultati dobijeni simulacionim modelom su samo početne analize koje su ograničene primenom studentskom verzijom softvera OpenTrack. Detaljniji rezultati mogli bi se dobiti primenom pune verzije softvera pri čemu bi se mogao simulirati saobraćaj svih vozova u čvoru i železničkoj mreži Beograda. Rezultati

simulacionog modela mogu se koristiti u višekriterijumskoj analizi pri odlučivanju o investicijama i planiranju novog reda vožnje i daljeg razvoja gradske železnice.

#### ZAHVALNOST

Ovaj rad je je podržan od strane Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srbije (br. projekta 36012).

#### LITERATURA

- [1] Čičak, M. "Organizacija železničkog saobraćaja II", Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005.
- [2] Huerlimann, D. and Nash, A. "Open Track Simulation of railway network Version 1.3.", Institute for Transport Planning and Systems, Zurich, 2010.
- [3] Fischer, U., Mirković, S., Milinković, S., Schöbel, A., „Possibilities for integrated timetables within the Serbian railway network“, Facta universitatis-series: Mechanical Engineering, Vol. 10, 145-156, 2012.
- [4] Generalni projekat novih elektromotornih vozova za potrebe JP „Železnice Srbije“, Beograd, 2007.
- [5] Putnički sistem železničkog čvora Beograd – Modeliranje i utvrđivanje propusne moći, ISF, Beograd, 1999.
- [6] Putnički sistem železničkog čvora Beograd – Metode i relevantni parametri za utvrđivanje propusne moći, ISF, Beograd, 1998.
- [7] Milosavljević, M. "Simulacija kretanja vozova u sistemu BG voza primenom softverskog paketa Open Track", master rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2013.

# PRIKAZ STRUJNOG I TEMPERATURNOG POLJA IZRAČUNATIH LB METODOM U PROGRAMU ZA POST-PROCESIRANJE PARAVIEW

## VISUALISATION OF FLOW AND TEMPERATURE FIELD CALCULATED BY LB METHOD IN POST-PROCESSING SOFTWARE PARAVIEW

Jelena Tekić, Predrag Tekić, Miloš Racković  
*Priradno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu*

**Sadržaj** – U radu je prikazan način za vizualizaciju podataka, koji nastaju kao rezultat programa za simulaciju toka fluida, pomoću softvera za post procesiranje ParaView. Date su osnovne jednačine Lattice Boltzmann metode za strujanje fluida implementirane u solver za simulaciju toka fluida. Program simulira tok fluida i temperaturna polja u ograničenom domenu i određuje polje brzina i temperaturno polje koji se zatim post procesiraju u softveru ParaView. Prikaz polja strujanja i temperaturnih polja dat je na primeru prirodne konvekcije u kvadratnoj šupljini.

**Abstract** – In this paper a data visualization, which are result of fluid flow simulation software, using post processing software ParaView has been presented. Basic Lattice Boltzmann method equations that have been implemented in this fluid flow solver are given. Software simulates fluid flow and temperature fields in limited domain and results, velocity field and temperature field, are post processed using ParaView. Visualisation of velocity field and temperature field has been presented on natural convection flow in a square cavity example.

### 1. UVOD

Program za simulaciju toka fluida i temperaturnih polja je razvijen od strane autora [6]. Solver koji predstavlja centralni deo razvijenog programa implementira Lattice Boltzmann metodu za računanje (simuliranje) toka fluida. Metoda koja je implementirana izuzetno je pogodna za paralelizaciju, s obzirom na tu činjenicu, program je napisan tako da se izvršava paralelno na više procesorskih jezgara koristeći potencijal čipova novih grafičkih kartica (GPU) i/ili čipova novih procesora sa više jezgara (CPU).

Kopjuterska dinamika fluida (Computational Fluid Dynamics) je oblast kojoj pripada napisan program. Programi iz ove oblasti zahtevaju da pored pisanja koda za sam solver, koji služi za izračunavanje simulacije, postoji način i za pre i post procesiranje. Jedan od programa otvorenog koda koji se koristi za post procesiranje dobijenih rezultata je ParaView. ParaView je softver otvorenog koda koji se koristi za analizu i vizualizaciju podataka [4][5].

Program je napisan u Java programskom jeziku i koristi OpenCL standard za paralelno izvršavanje algoritma. Izborom ovakve arhitekture, postignuta je softverska i

hardverska nezavisnost razvijenog softvera, takođe, postignuta su značajna ubrzanja izvršavanja simulacije u odnosu na programe koji se izvršavaju sekvencijalno na centralnim procesorskim jezgrama, što je i pokazano u radu [7].

### 2. MATEMATIČKI MODEL I METOD SIMULACIJE

Lattice Boltzmann-ova jednačina koja opisuje strujanje fluida pod dejstvom sila, korišćenjem BGK aproksimacije može se napisati u obliku:

$$f_i(\vec{x} + \vec{e}_i \Delta t, t + \Delta t) - f_i(\vec{x}, t) = \dots \\ \dots = -\frac{1}{\tau} [f_i(\vec{x}, t) - f_i^{eq}(\vec{x}, t)] + F_i \quad (1)$$

Ovde je  $f_i(\vec{x}, t)$  raspodela gustine čestica, a  $f_i^{eq}$  ravnotežna raspodela gustine čestica na poziciji  $\vec{x}$  u trenutku  $t$  sa vektorom brzina  $\vec{e}_i$ .  $F_i$  je sila koja deluje na fluid, a  $\tau$  je vreme relaksacije. Makroskopske vrednosti gustine treba da zadovolje sledeće jednačine:

$$\rho = \sum_i f_i \quad (2)$$

$$\rho \vec{u} = \sum_i f_i \vec{e}_i \quad (3)$$

Gornje LB jednačine zamenjuju Navier-Stokes-ove jednačine u CFD uz odgovarajući izbor mreže i  $f_i^{eq}(\vec{x}, t)$ . Oblik funkcije ravnotežne raspodele gustine čestica mora biti izabrana tako da za fluid važi princip održanja mase i količine kretanja. Za dvodimenzioni D2Q9 model, ravnotežna raspodela gustine čestica je data kao:

$$f_i^{eq} = \omega_i \rho [1 + 3 \frac{\vec{e}_i \vec{u}}{c^2} + \frac{9}{2} \frac{(\vec{e}_i \vec{u})^2}{c^4} - \frac{3}{2} \frac{\vec{u} \vec{u}}{c^2}] \quad (4)$$

Makroskopsko temperaturno polje opisano je korišćenjem LBE za funkciju raspodele energije, bez disipacije usled viskoznih sila, koja može biti napisana kao:

$$g_i(\vec{x} + \vec{e}_i \Delta t, t + \Delta t) - g_i(\vec{x}, t) = \dots \\ \dots = -\frac{1}{\tau_T} [g_i(\vec{x}, t) - g_i^{eq}(\vec{x}, t)] \quad (5)$$

Gde je  $\tau_T$  relaksaciono vreme za energetska jednačinu. Funkcija raspodele energije  $g_i$  u ravnotežnom stanju može biti napisana kao:

$$g_i^{eq} = \omega_i \rho T [1 + 3 \frac{\vec{e}_i \vec{u}}{c^2} + \frac{9}{2} \frac{(\vec{e}_i \vec{u})^2}{c^4} - \frac{3}{2} \frac{\vec{u} \vec{u}}{c^2}] \quad (6)$$

Ovde je makroskopska veličina temperature  $T$  definisana sa:

$$\rho T = \sum g_i \quad (7)$$

Viskozitet  $\nu$  i toplotna difuzivnost  $\alpha$  su povezane sa vremenima relaksacije sa

$$\nu = (\tau - 1/2)/3 \quad (8)$$

$$\alpha = (\tau_T - 1/2)/3 \quad (9)$$

Za problem prirodne konvekcije u kvadratnoj šupljini, prikazan na Slici 2., sila  $F_i$  u jednačini (1) je uz korišćenje Boussinesq-ove aproksimacije data kao:

$$F_i = -3\beta\omega_i(T(\vec{x}, t) - T_R)\vec{g} \quad (10)$$

Gde je  $\beta$  koeficijent toplotnog širenja,  $\vec{g}$  gravitaciono ubrzanje, a  $T_R$  referentna temperatura.

Strujanje fluida kao posledica razlike temperatura može se u bezdimenzionom obliku definisati preko Rayleigh-ovog broja

$$Ra = \frac{g\beta\Delta TH^3}{\alpha\nu} = Gr \cdot Pr \quad (11)$$

Gde je

$$Gr = \frac{g\beta\Delta TH^3}{\nu^2} \quad (12)$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (13)$$

$g\beta$  neophodno za izračunavanje  $F_i$  definisane jednačinom (10) računa se iz Rayleigh-ovog broja uz pretpostavku da je  $\Delta T=1$  a  $H=N$ , gde je  $N$  broj latica u pravcu  $H$ .

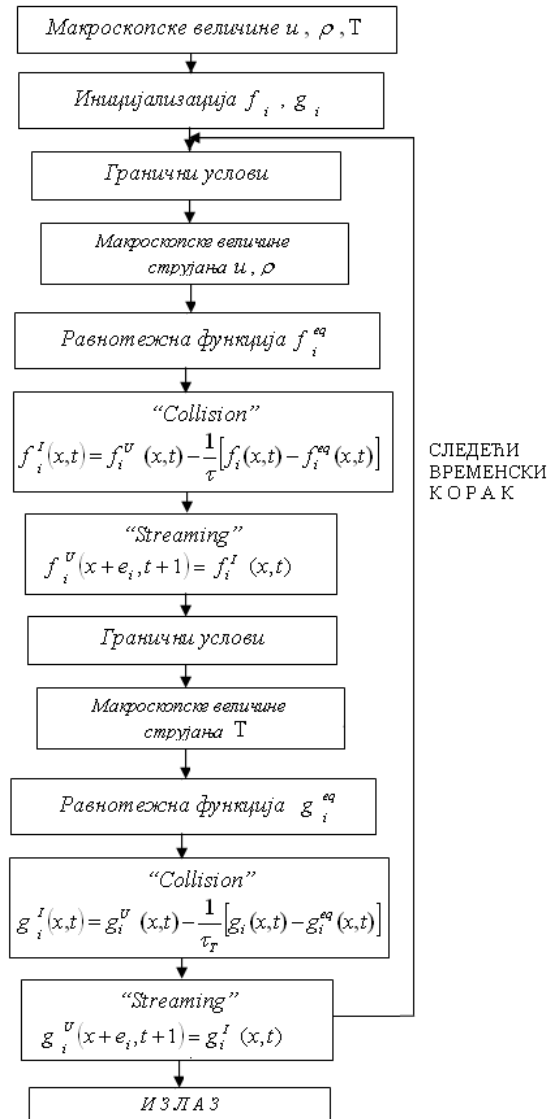
U ovoj simulaciji, funkcija raspodele gustine čestica i funkcija raspodele energije date jednačinama (1) i (5) su rešene u dva koraka, t.j. kolizionog koraka i streaming koraka. Takođe, pri računanju korišćena su samo prva dva člana, na desnoj strani jednačine (6) [3].

### 3. STRUKTURA PROGRAMA

Na Slici 1, prikazan je dijagram strukture programa za simulaciju toka fluida u kvadratnoj šupljini. Program je napisan u kombinaciji Java programskog jezika i OpenCL standarda. Sastoji se iz *host* dela koji se izvršava u Java programskom jeziku i metoda/procedura (*kernel*-a) koji su napisani po OpenCL standardu i izvršavaju se na uređaju koji podržava OpenCL standard (npr. grafička kartica). Korišćena je biblioteka JOCL (Java OpenCL Library) [8], napisana u java programskoj jeziku, kao veza između Java programskog jezika i OpenCL-a.

Korišćenje uređaja za izračunavanja pomoću OpenCL-a zahteva i driver-e za upravljanje samim uređajem (grafičkom karticom). OpenCL driver-i, za Windows platformu se nalaze u paketu *OpenCL.dll*. S obzirom na tu činjenicu, da bi uređajem upravljali iz Java programskog

jezika, potrebno bi bilo da koristimo *Java Native Interface* (JNI) za pozivanje konkretnih metoda/procedura. JOCL je biblioteka koja nam omogućava da koristimo OpenCL uređaj bez direktnih poziva JNI metoda.



Slika 1. Dijagram strukture programa

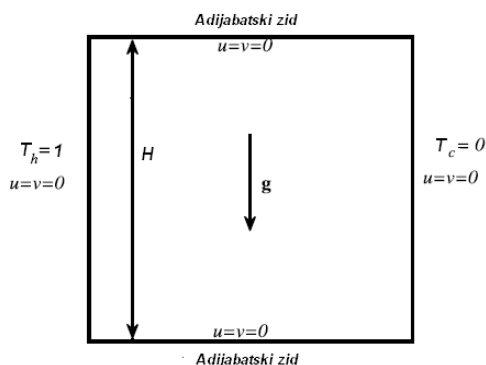
U *host* delu programa postavljaju se vrednosti za makroskopske promenljive, vrši se inicijalizacija funkcija za strujanje i temperaturu. Zatim se pozivaju *kernel*-i, kojima se prosleđuju podaci nad kojima će se vršiti izračunavanje i oni se izvršavaju paralelno na OpenCL uređajima (u ovom slučaju, grafičkoj kartici). Program sadrži dva *kernel*-a, prvo se poziva *kernel* koji vrši računanje graničnih uslova, makroskopskih veličina, ravnotežne funkcije, *collision* i *streaming* za strujanje. Nakon toga se poziva *kernel* koji računa granične uslove, makroskopske veličine, ravnotežne funkcije, *collision* i *streaming* za temperaturu.

U toku izvršavanja programa, koristi se metoda u *host* delu programa, koja rezultate izračunavanja dobijene sa OpenCL uređaja, upisuje u format (.vti fajl) koji je prilagođen ParaView softveru. Metoda je napisana tako da dobijene rezultate izvršavanja simulacije zapisuje u formatu koji je moguće iskoristiti za postprocesiranje (vizualizaciju).

#### 4. OPIS PRIMERA I PRIKAZ REZULTATA U SOFTVERU PARAVIEW

Primer predstavljen u ovom radu je simulacija prirodne konvekcije toka, koji se koristi kao *benchmark* primer za poređenje i testiranje koda. Kvadratna šupljina (*square cavity*) visine  $H$ , ispunjena vazduhom, prikazana je na Slici 2, gornji i donji zid kvadratne šupljine su adijabatski (*adiabatic*), desni zid je konstantno hladan, a levi zid se uniformno greje. Primer je urađen za *Rayleigh*-ov broj od  $10^3$  do  $10^5$ , *Prandtl*-ov broj je fiksiran na 0.71, jer je *square cavity* ispunjen vazduhom.

Simulacija problema urađena je kombinacijom Java programskog jezika i koda napisanog u skladu sa OpenCL specifikacijom. Na kraju simulacije rezultati su upisani u fajl VTK formata, za dalje postprocesiranje pomoću softvera ParaView.



Slika 2. Prirodna konvekcija u kvadratnoj šupljini

Softver ParaView je aplikacija koja u svojoj osnovi koristi *Visualization Toolkit* (VTK) [9] skup biblioteka koje se koriste i za vizualizaciju podataka. VTK skup biblioteka omogućava rad, (metode za "čitanje" i "pisanje") sa popularnim formatima za čuvanje podataka, a koristi i svoje formate za reprezentaciju podataka. Postoje dve vrste VTK formata, stari ("*Legacy*") format, i noviji, XML, format.

Stari format koristi ASCII naslove koji razdvajaju grupe podataka, dok podaci mogu biti binarni ili ASCII. Novi format koji je zasnovan na XML-u grupiše podatke u XML tagove, podaci u okviru ovih tagova mogu biti ASCII ili binarni. XML format ima sledeće prednosti: podržava prenosno binarno kodiranje, proizvoljan pristup podacima, big endian i little endian raspored bajtova, kompresiju podataka, delovi podatka mogu biti u različitim fajlovima i različiti tipovi podataka koji su upisani u VTK fajlove imaju različite ekstenzije. Postoje

dve vrste VTK XML fajlova, paralelni i serijski, koji mogu sadržati podatke o strukturiranim i nestrukturiranim skupovima podataka.

U ovom primeru korišćen je XML format fajlova sa ekstenzijom .vti pošto fajl sadrži serijske strukturane podatke o slici. Na Slici 3 prikazana je struktura jednog file-a zapisanog u XML VTK formatu pogodnog za postprocesiranje softverom ParaView.

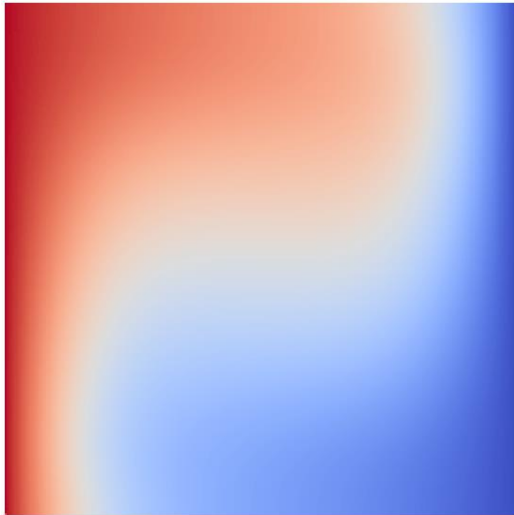
```
<?xml version="1.0"?>
<VTKFile type="ImageData" version="0.1" byte_order="LittleEndian">
  <ImageData WholeExtent="0 511 0 511 0 0" Origin="0 0 0" Spacing="0.01 0.01 0.01">
    <Piece Extent="0 511 0 511 0 0">
      <PointData>
        <DataArray type="Float32" Name="temperature" format="ASCII" >
          0.8765239 0.9645083 ....859E-4
        </DataArray>
        <DataArray type="Float32" Name="velocity" format="ASCII" NumberOfComponents="3">
          0 -1.3060866E-6 0.0 ..... 0 -1.6574786E-4 1.6574786E-4
        </DataArray>
      </PointData>
    </Piece>
  </ImageData>
</VTKFile>
```

Slika 3. Primer XML koda

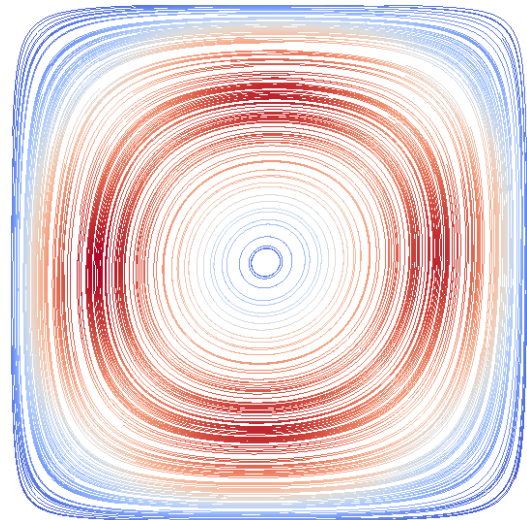
Element VTK fajla koji je na nivou dokumenta sadrži informaciju o tipu VTK fajla (u ovom primeru korišćen je *ImageData* tip), verziji i redosledu bajtova. Sledeći XML element je *ImageData* koji sadrži podatke o dimenzijama slike po X, Y i Z osi, početku osa i razmaku podeoka osa. Zatim se navodi *Piece* element, koji sadrži dimenzije dela podataka koji će biti prikazani, a u okviru *Piece* elementa navodi se element *PointData*. Element *PointData* sadrži *DataArray* elemente. Svaki *DataArray* element sadrži podatke o nazivu tog elementa, tipu i formatu (binarni ili ASCII) podataka koje sadrži, takođe ukoliko su podaci koji će biti navedeni u okviru ovog elementa vektorski onda se navodi i podatak o dimenziji tog vektora. Zatim se u okviru ovog elementa navodi skup podataka koji treba da bude vizualizovan, u prikazanim primerima to su podaci o temperaturi (*scalar*) i podaci o brzini (*vector*).

Program je izmenjen tako da podaci izračunavanja simulacije budu sačuvani u file-ovima formiranim u skladu sa opisanim pravilima XML VTK formata. Kreirani su posebni fajlovi za svaki korak simulacije toka fluida u kvadratnoj šupljini, kako za temperaturna polja, tako i za polja strujanja (strujnice), za *Rayleigh*-ov broj od  $10^3$  do  $10^5$ .

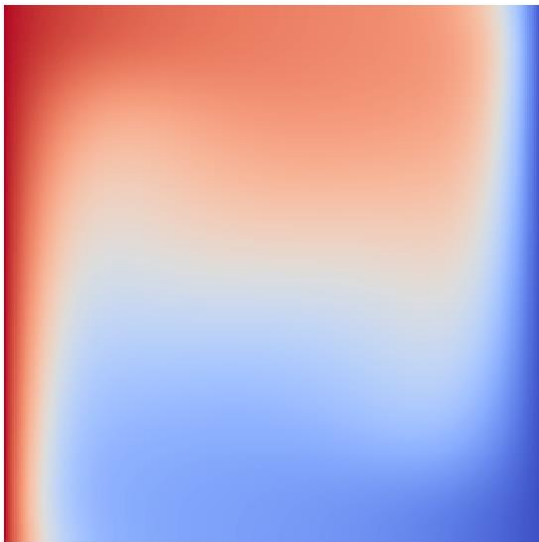
Vizualizacija podataka, pomoću softvera ParaView, dobijenih na osnovu paralelnog izračunavanja (simulacije) na grafičkoj kartici, je prikazana na slikama od 4-9. Na slikama 4-6 su prikazana temperaturna polja za *Rayleigh*-ov broj od  $10^3$  do  $10^5$ , a na slikama od 7-9 prikazane su strujna polja (strujnice) za *Rayleigh*-ov broj od  $10^3$  do  $10^5$ .



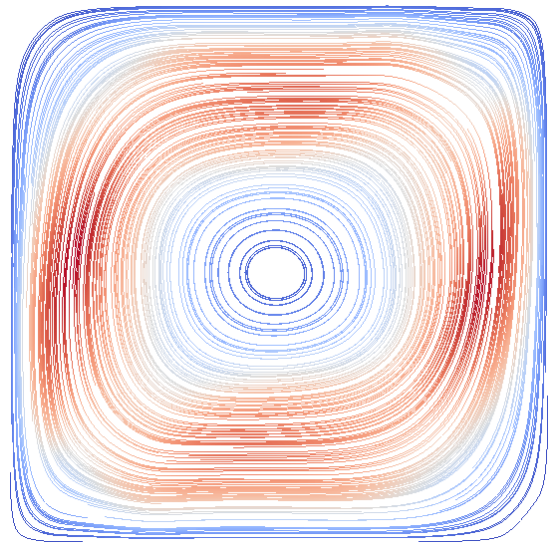
Slika 4. Temperaturna polja za  $Ra=10^3$



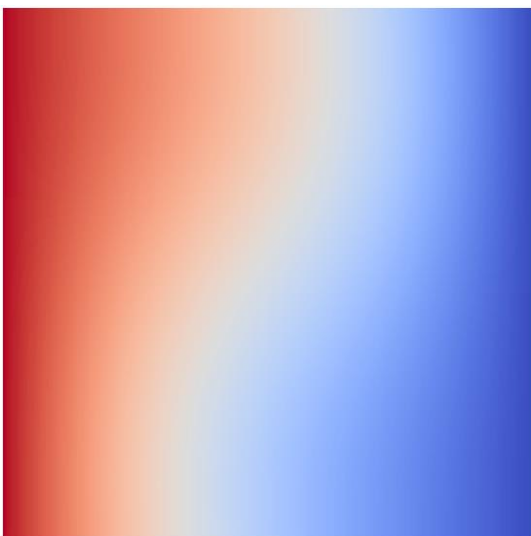
Slika 7. Strujnice za  $Ra=10^3$



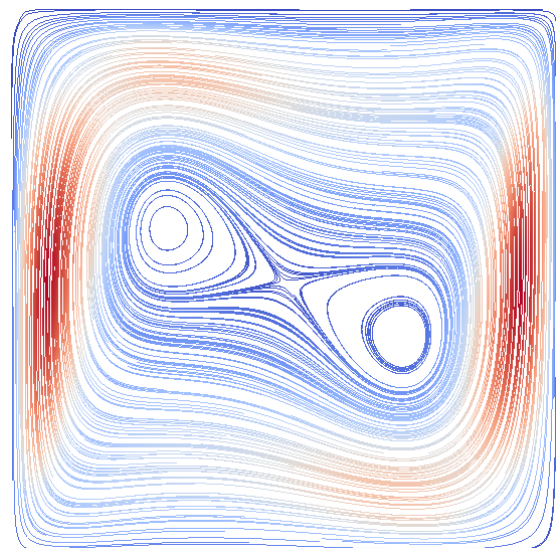
Slika 5. Temperaturna polja za  $Ra=10^4$



Slika 8. Strujnice za  $Ra=10^4$



Slika 6. Temperaturna polja za  $Ra=10^5$



Slika 9. Strujnice za  $Ra=10^5$



## 5. ZAKLJUČAK

Program, koji je napisan za potrebe simulacije strujanja fluida i temperaturnih polja, se izvšava paralelno na arhitekturama sa više procesorskih jezgara i nezavistan je od platforme na kojoj se izvršava. Paralelnim izvršavanjem programa postignuta su bolje performanse (brzina) izračunavanja simulacije, a izborom arhitekture je postignuta platformska nezavisnost programa. Pokazano je da se za post procesiranje rezultata simulacija ovog programa može uspešno koristiti softver ParaView. ParaView se, takođe, može koristiti na više različitih platformi, pa se kombinacijom ova dva softvera dobija efikasan, platformski nezavistan paket za kompjutersku simulaciju tokova fluida.

Pravci daljeg istraživanje vezano za postprocesiranje rezultata simulacije bili bi vezani za prikaz rezultata simulacije u realnom vremenu, ili kreiranje animacije od dostupnih podataka. U tom slučaju bilo bi potrebno napisati poseban modul programa koji bi se koristio postprocesiranje. Takođe, jedan od pravaca bi mogao biti upoređivanje mogućnosti softvera ParaView, vezano za postprocesiranje rezultata simulacije toka fluida, sa nekim od komercijalno dostupnih softvera kao što je MATLAB.

## LITERATURA

- [1] Y. Shi, T.S. Zou, Z.L. Guo, Thermal Lattice Bhatnagar-Gross-Krook Model For Flows with Viscous Heat Dissipation In The Incompressible Limit Physics.Rev. E70:66310(2004)
- [2] S. Hou, Q. Zou, S. Chen, G.D. Doolen, A.C. Cogley, Simulation of Cavity Flow by the Lattice Boltzmann Method, Journal Of Computational Physics, 118,329, (1995)
- [3] A.A. Mohamad, Lattice Boltzmann Method, Springer (2011)
- [4] ParaView User's Guide v3.12, Kitware
- [5] ParaView, <http://www.paraview.org/>, Kitware
- [6] Tekić, P., Rađenović, J., Lukić, N., Popović, S., Lattice Boltzmann simulation of two-sided lid-driven flow in a staggered cavity, International Journal of Computational Fluid Dynamics, (ISSN 1061-8562), Vol. 24, Issue 9, pp. 383-390, 2010.
- [7] Tekić, P., Rađenović, J., Racković, M., Implementation of the Lattice Boltzmann Method on Heterogeneous Hardware and Platforms using OpenCL, Advances in Electrical and Computer Engineering, (ISSN: 1582-7445), Vol. 12, No 1, pp. 51-56, 2012.
- [8] Java OpenCL Library - JOCL, <http://www.jocl.org/>
- [9] Visualization Toolkit - VTK, <http://www.vtk.org/>

# MERENJE EFIKASNOSTI REČNIH PRISTANIŠTA PRIMENOM DEA I SFA METODE

## EFFICIENCY MEASUREMENT OF RIVER PORTS USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS

Danijela Pjevčević, Ivana Vukićević, Miloš Nikolić, Katarina Vukadinović  
*Univerzitet u Beogradu-Saobraćajni fakultet, Beograd*

**Sadržaj** – U radu je prikazana primena DEA (Analize obavijanja podataka) i SFA (Analiza stohastičkih granica) metode za merenje efikasnosti rečnih pristaništa na Dunavu na teritoriji Srbije. Razmatra se efikasnost pet pristaništa na osnovu izabranih resursa, ukupne dužine keja i broja dizalica angažovanih pri pretovaru, kao i njihovog ostvarenog prometa.

**Abstract** – *This paper presents the application of DEA (Data Envelopment Analysis) and SFA (Stochastic Frontier Analysis) methods for measuring the efficiency of river ports on the Danube in Serbia. Authors discuss the efficiencies of five ports on the basis of the chosen resources, which are the total quay length and the number of quay cranes, and their products which are throughputs.*

### 1. UVOD

U radu su primenjene i poređenje dve metode efikasnosti na primeru pet rečnih pristaništa na Dunavu na teritoriji Srbije. Promet odgovara poznatom ostvarenom prometu pristaništa, a za potrebe predložene analize izabrane su dve ulazne promenljive, dužina keja i broj dizalica. Tokom daljih istraživanja ostali resursi će biti uključeni u modele.

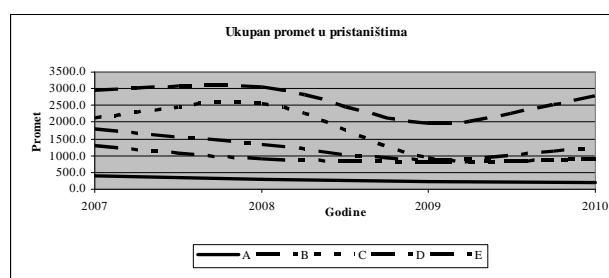
Izvršena je analiza efikasnosti predloženih pristaništa korišćenjem DEA (Analiza obavijanja podataka) i SFA (Analiza stohastičkih granica) metode uključujući dužinu keja, broj dizalica i ostvareni godišnji promet tereta u pristaništima u periodu od 2007 do 2010. godine.

U Tabeli 1., dat je prikaz ostvarenog prometa tereta (u hiljadama tona) za period od 2007. do 2010. godine.

Tabela 1. Promet tereta (u hiljadama tona) u periodu od 2007.-2010. god.

Pristanište	2007	2008	2009	2010
A	389.6	299.5	234.6	200.7
B	2923.5	3030.4	1956.2	2782.6
C	2123.4	2541.9	909.2	896.7
D	1275.2	890.7	791	903.2
E	1788.9	1316.7	852.4	1224.1

Grafički prikaz promene prometa po godinama dat je na Dijagramu 1.



Dijagram 1. Promet tereta u pristaništima za period 2007. do 2010. godine

Sa Dijagrama 1., može se zaključiti da ostvareni promet u pristaništima varira.

U Tabeli 2. je prikazana procentualna promena prometa u posmatranim pristaništima.

Tabela 2. Procentualne promene ostvarenog prometa po pristaništima u periodu od 2007.-2010. god.

Pristanište	Promene ostvarenog prometa (u %)		
	2007. - 2008.	2008. - 2009.	2009. - 2010.
A	-23%	-22%	-14%
B	4%	-35%	42%
C	20%	-64%	-1%
D	-30%	-11%	14%
E	-26%	-35%	44%

U pristaništu A promet je u opadanju. Pristanište B beleži blagi rast od 4% 2008. godine a zatim 2010. godine znatan porast prometa od 42%. Kod pristaništa C, 2008. godina donosi povećanje prometa od 20%, a zatim je u opadanju. Pristaništa D i E beleže pad do 2009. godine i ponovni rast 2010. godine, i to za 14% u pristaništu D, odnosno za 44% u pristaništu E.

Zbog načina prikupljanja i obrade podataka u Republičkom zavodu za statistiku, nisu nam bili dostupni podaci za 2011. i 2012. godinu, tako da nisu ni razmatrani.

Ideja ovog rada jeste da se ispita efikasnost posmatranih pristaništa korišćenjem DEA i SFA

metode, kao i da se izvrši poređenje ove dve metode na istom skupu podataka [5], [6].

## 2. ANALIZA OBAVIJANJA PODATAKA I ANALIZA STOHAŠTIČKIH GRANICA

*Analiza obavljanja podataka* [3], [4] ("Data Envelopment Analysis" – DEA) je tehnika matematičkog programiranja koja se koristi za određivanje relativne efikasnosti organizacija koje imaju više raznorodnih ulaza i koriste ih za stvaranje više raznorodnih izlaza.

Organizacija čiju efikasnost treba proceniti u terminologiji DEA naziva se jedinica o kojoj se odlučuje ili jedinica odlučivanja ("Decision Making Unit" – DMU).

Charnes, Cooper i Rhodes su predložili da se za svaku DMU reši optimizacioni zadatak (u literaturi poznat kao CCR ratio model) kojim bi trebalo odrediti vrednosti promenljivih, koje su težinski koeficijenti pridruženi svim ulazima i izlazima,  $u_r$  i  $v_i$  tako da njena efikasnost bude maksimalna. Za  $k$ -tu jedinicu optimizacioni zadatak glasi [3], [4]:

$$\text{Max } h_k(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}$$

(1)

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$$

(2)

$$u_r \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

(3)

$$v_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$$

(4)

gde su:

$h_k$  – relativna efikasnost  $k$  – te DMU;

$n$  – broj DMU koje treba porediti;

$m$  – broj ulaznih promenljivih;

$s$  – broj izlaznih promenljivih;

$u_r$  – težinski koeficijent izlazne promenljive  $r$ ;

$v_i$  – težinski koeficijent ulazne promenljive  $i$ .

Relativna efikasnost  $h_k$ ,  $k$ -te jedinice  $DMU_k$ , je definisana kao odnos težinske sume vrednosti njenih izlaznih promenljivih (virtuelni izlaz) i težinske sume

vrednosti njenih ulaznih promenljivih (virtuelni ulaz). CCR ratio model izračunava ukupnu tehničku efikasnost u koju su uključena i čista tehnička efikasnost i efikasnost kao posledica različitih obima poslovanja. Pretpostavlja se dakle konstantni prinos na obim, odnosno da povećanje vrednosti angažovanih ulaznih promenljivih treba da rezultuje u proporcionalnom povećanju ostvarenih izlaznih nivoa. Može se pokazati da vrednost  $h_k$  ne zavisi od jedinica u kojima se posmatraju izlazne i ulazne promenljive, pri čemu su naravno ove jedinice iste za sve DMU.

Pošto i za  $k$  – tu DMU za koju se traži maksimalna efikasnost (1) važi uslov (2), očigledno je da važi  $0 < h_k \leq 1$ . Ako je vrednost za  $h_k$  u funkciji cilja jednaka 1, onda je  $k$  – ta DMU relativno efikasna, a ako je manja od 1  $DMU_k$  je relativno neefikasna i vrednost  $h_k$  pokazuje za koliko procentualno ova jedinica treba da smanji svoje ulaze.  $DMU_k$  se može smatrati potpuno efikasnom ako, i samo ako, dostignuća drugih DMU ne obezbeđuju dokaz da bi se neki od njenih ulaza ili izlaza mogao poboljšati bez pogoršavanja nekog od njenih preostalih ulaza ili izlaza.

*Analiza stohastičkih granica (Stochastic frontier analysis)* - Proizvodnu funkciju stohastičkih granica (5) su nezavisno predložili Aigner, Lovell i Schmidt (1977) [1] i Meeusen i Broeck (1977). [7] Predložena proizvodna funkcija obuhvata grešku koja se sastoji od dve komponente. Prva komponenta greške je slučajna, a druga se odnosi na tehničku neefikasnost. Ova funkcija može biti zapisana kao:

$$Y_i = x_i \beta + (V_i - U_i), \quad i = \overline{1, N}$$

(5)

gde su:

$Y_i$  – proizvodnja ili logaritam proizvodnje  $i$ -te firme;

$x_i$  –  $k \times 1$  vektor ulaza  $i$ -te firme;

$\beta$  – vektor nepoznatih parametara;

$V_i$  – slučajna promenljiva normalno raspodeljena

$N(0, \sigma_v^2)$ ;

$U_i$  – nenegativna slučajna promenljiva normalno raspodeljena  $| N(0, \sigma_u^2) |$ , koja predstavlja tehničku neefikasnost proizvodnje; pri čemu su  $V_i$  i  $U_i$  nezavisne slučajne promenljive.

U ovom radu je korišćen Kob-Daglasov model koji obuhvata i vremensku komponentu:

$$Y_{it} = x_{it}\beta + (V_{it} - U_{it}), \quad i = \overline{1, N} \quad t = \overline{1, T} \quad (6)$$

gde su:

$Y_{it}$  - logaritam proizvodnje  $i$ -te firme u periodu  $t$ ;

$x_{it}$  -  $k \times 1$  vektor logaritama ulaza  $i$ -te firme u periodu  $t$ ;

$V_{it}$  - slučajna promenljiva normalno raspodeljena

$N(0, \sigma_v^2)$ ;

$$U_{it} = U_i^{(-\eta(t-T))}$$

(7)

$\eta$  - parametar čija se vrednost određuje;

### 3. ODREĐIVANJE EFIKASNOSTI PRISTANIŠTA

Analizira se efikasnost pet pristaništa: A, B, C, D i E u periodu od 4 godine. Ova pristaništa su uzeta u razmatranje kao pristaništa istog, međunarodnog statusa.

Procena efikasnosti posmatranih pristaništa započinje izborom odgovarajućih ulaznih i izlaznih veličina. Za ulazne promenljive korišćeni su: ukupna dužina keja i broj dizalica, a kao izlazna promenljiva godišnji promet tereta. *Dužina keja* je značajna sa aspekta dimenzija brodova koji mogu da pristanu u pristanište, a samim tim i količine tereta koji se pretovara. *Broj dizalica* utiče direktno na povećanje propusne sposobnosti luke pri pretovaru tereta pa je stoga uvršćen u ulazne promenljive.

Ukupna količina tereta koja se pretovari na pristaništu u toku godine predstavlja godišnji *promet tereta*.

Pregled vrednosti ulaznih i izlaznih promenljivih po pristaništima i godinama dat je u Tabeli 3.

Za određivanje efikasnosti posmatranih pristaništa najpre je primenjen osnovni CCR DEA model korišćenjem LP Solvera [8].

Jedno pristanište predstavlja jednu DMU.

Tabela 3. Prikaz ulaznih i izlaznih promenljivih

Pristanište	Godina	Dužina keja (Ulaz)	Broj dizalica (Ulaz)	Promet (u hiljadama tona) (Izlaz)
A	2007	560	6	389.6
	2008	560	6	299.5
	2009	560	6	234.6
	2010	560	6	200.7
B	2007	500	7	2923.5
	2008	500	7	3030.4
	2009	500	7	1956.2
	2010	500	7	2782.6
C	2007	950	16	2123.4
	2008	950	16	2541.9
	2009	950	16	909.2
	2010	950	16	896.7
D	2007	720	5	1275.2
	2008	720	5	890.7
	2009	720	5	791
	2010	720	5	903.2
E	2007	760	5	1788.9
	2008	760	5	1316.7
	2009	760	5	852.4
	2010	760	5	1224.1

U tabeli 4. dat je prikaz efikasnosti posmatranih pristaništa po godinama primenom DEA metode, kao i srednja efikasnost.

Tabela 4. Efikasnost primenom DEA metode

	DEA Efikasnost			
	2007	2008	2009	2010
<b>A</b>	0.155 5	0.115 3	0.139 9	0.084 1
<b>B</b>	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
<b>C</b>	0.382 3	0.441 5	0.244 6	0.169 6
<b>D</b>	0.610 7	0.411 5	0.566 1	0.454 4
<b>E</b>	0.856 7	0.608 3	0.610 0	0.615 9
<b>Srednja efikasnost</b>	<b>0.601</b> <b>0</b>	<b>0.515</b> <b>3</b>	<b>0.512</b> <b>1</b>	<b>0.464</b> <b>8</b>

Na osnovu Tabele 4. može se zaključiti da pristanište A ima najmanju efikasnost u svim posmatranim godinama. Pristanište B se u posmatranom periodu jedino izdvaja kao efikasno i to u

svim godinama, što nas dovodi do zaključka da ono svojim ulazima, posmatranim resursima, adekvatno ostvaruje zadati izlaz, tj. ostvareni promet. Srednja efikasnost posmatranih pristaništa ima opadajući trend.

U Tabeli 5. je prikazana dobijena efikasnost primenom SFA metode korišćenjem softvera Frontier 4.1. [2] Korišćen je Kob-Daglasov model.

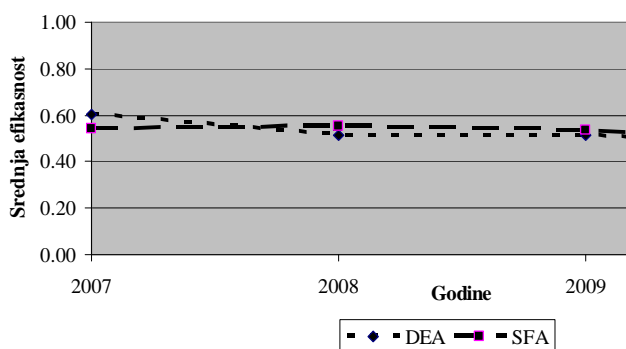
Dobijeni rezultati srednje efikasnosti SFA metodom imaju veoma bliske vrednosti sa rezultatima osnovnog CCR DEA modela.

DEA model daje kao rezultat nižu srednju efikasnost posmatranih pristaništa u odnosu na SFA model po svim godinama izuzev prve.

Tabela 5. Efikasnost primenom SFA metode

	SFA Efikasnost			
	2007	2008	2009	2010
<b>A</b>	0.143 5	0.128 7	0.135 1	0.079 1
<b>B</b>	0.999 0	0.999 6	0.994 6	0.999 5
<b>C</b>	0.382 1	0.296 3	0.381 2	0.312 2
<b>D</b>	0.501 8	0.533 2	0.551 5	0.406 9
<b>E</b>	0.696 8	0.815 2	0.606 7	0.575 1
<b>Srednja efikasnost</b>	<b>0.544</b> <b>6</b>	<b>0.554</b> <b>6</b>	<b>0.533</b> <b>8</b>	<b>0.474</b> <b>5</b>

Na Dijagramu 2. je dat uporedni prikaz srednje efikasnosti posmatranih pristaništa u periodu od 2007 do 2010. godine primenom DEA i SFA metode.



Dijagram 2. Srednja efikasnost posmatranih pristaništa

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su primenjene DEA i SFA metoda za analizu efikasnosti pet pristaništa na Dunavu na teritoriji Srbije. Posmatran je vremenski period od

2007. do 2010. godine. Kao ulazne promenljive korišćene su dužina keja i broj angažovanih dizalica, a kao izlazna promenljiva ostvaren godišnji promet.

Ovaj rad ima za cilj da identifikuje neefikasna pristaništa i izvrši poređenje srednje efikasnosti primenom DEA i SFA metode. DEA metoda daje niže vrednosti efikasnosti posmatranih pristaništa u odnosu na SFA metodu, osim u prvoj godini.

Izborom drugih pokazatelja ili uključivanjem novih, postoji mogućnost da bi se dobili drugačiji rezultati efikasnosti, što ističe važnost odabira ulaznih i izlaznih promenljivih.

Realna analiza efikasnosti postojećih pristaništa na Dunavu, zahtevala bi detaljno ispitivanje postojećeg stanja u pristaništima, kako po pitanju prometa, pristanišne infrastrukture, vlasništva, tako i po broju angažovane radne snage.

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije kroz projekat TR 36002, za period 2011 - 2014

#### LITERATURA

- [1]. Aigner, D., J., Lovell, C., K., Schmidt, P., *Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models*, *Jurnal of Econometrics*, 6, pp 21-37, 1977.
- [2]. Coelli, T.J., *A Guide to FRONTIER Version 4.1.*, <http://www.une.edu.au/econometrics/cepa/wp>
- [3]. Cooper, W., W., Seiford, M., L., Tone, K., *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses*, 2004., Boston.
- [4]. Cooper, W., W., Seiford, M., L., Zhu, J., *Handbook On Data Envelopment Analysis*, 2004., Boston.
- [5]. Cullinane, K., Wang, T-F., Song, D-W., Ji, P., *The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis*, *Transportation Research Part A* 40, pp. 354-374, 2006.
- [6]. Lin, L.C., Tseng, L.A., *Application of DEA and SFA on the Measurement of Operating Efficiencies for 27 International Container Ports*, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5. pp. 592-607, 2005
- [7]. Meeusen, W., van den Broeck, J., *Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error*, *International Economic Review*, 18, pp 435-444, 1977.
- [8]. *Software Efficiency Measurement System, LP Solver DLL*. <http://www.netlib.org>.

# Prepoznavanje karaktera korišćenjem neuralnih mreža

## Character Recognition Using Neural Networks

Mikloš Pot<sup>1</sup>, Rokuš Arnold<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija, Subotica

**Sadržaj** – U ovom radu izvršeno je prepoznavanje rukom napisanih karaktera korišćenjem neuralnih mreža. Neuralne mreže se naveliko koriste za prepoznavanje uzoraka. Pomoću softverskog paketa Matlab i njegovog Neural Network Toolbox-a izvršeno je prepoznavanje rukom napisanih karaktera koji su projektovani na rešetke različitih veličina (5x7, 7x11 i 9x13). Rezultati su pokazali da tačnost prepoznavanja zavisi od rezolucije rešetke na koju se karakter projektuje. Takođe je utvrđeno da procenat prepoznatih karaktera zavisi i od rukopisa kao i od veličine rešetke na koju se projektuje. Na osnovu toga zaključeno je da jedna namenska neuralna mreža ne može biti pogodna za prepoznavanje svačijeg rukopisa.

**Abstract** – In this paper we presented a method for recognizing handwritten characters using neural networks. Neural networks are widely used for character recognition. Using the Matlab software package and its Neural Network Toolbox we tried to recognize handwritten characters by projecting them on different sized grids (5x7, 7x11, 9x13). The results showed that the precision of the character recognition depends on the resolution of the character projection. We also realized that not every writing style can be recognized using the same network with the same precision. This shows that the variety of human handwriting habits can not be fully covered with one neural network.

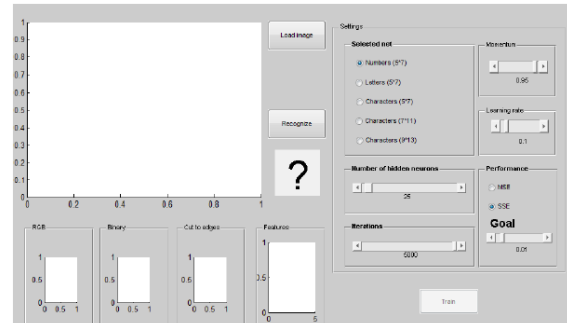
### 1. UVOD

Zadatak optičkog prepoznavanja karaktera je klasifikacija alfanumeričkih ili drugih optičkih uzoraka koji su sačuvani u obliku digitalne slike. Proces prepoznavanja sastoji se od nekoliko koraka. Programski paket Matlab poseduje poseban skup funkcija (Neural Network Toolbox) koji umnogome olakšava konstrukciju najoptimalnije neuralne mreže. Iako Toolbox pruža značajnu podršku, neophodno je i dobor poznavanje teorije iz ove oblasti.

Cilj napisanog programa je da istraži preciznost i brzinu prepoznavanja karaktera u zavisnosti od parametara implementirane neuralne mreže. Komunikacija se korisnikom odvija se preko grafičkog korisničkog interfejsa (GUI). Nakon učitavanja slike (karaktera) na raspolaganju su tri neuralne mreže različite veličine za prepoznavanje. Sve mreže mogu da se obuče sa željenim parametrima.

### 2. OPIS POSTUPKA

Sledeće metode su veoma važne jer opisuju način rada neuralnih mreža pri prepoznavanju karaktera. Metode opisuju na koji način se menjaju parametri neuralne mreže pri prepoznavanju skupa karaktera.



Slika 1. Korisnički interfejs programa

#### A. Feedforward Backpropagation (propagacija greške unazad)

Najznačajnija osobina Backpropagation (BP) algoritma je greška koju neuralna mreža dobija na svom izlazu. Ova greška jednaka je razlici između stvarne i željene vrednosti na izlazu mreže. Pošto algoritam propagacije greške unazad predstavlja obuku neuralne mreže sa nadzorom (supervised), u svakoj iteraciji algoritma potrebno je menjati težine što dovodi do minimizacije greške na izlazu. Obučavanje se završava kad greška na izlazu padne ispod unapred definisane vrednosti  $\epsilon$ .

Algoritam propagacije greške unazad je metoda koja zavisi od gradijenta momenta. Obučavanje počinje kada se svi podaci za obuku dovedu na ulaz mreže najmanje jednom. Način obučavanja sastoji se od modifikacije težina mreže.

Algoritam BP sastoji se od malih iterativnih koraka: nakon prikazivanja svih uzoraka neuralnoj mreži, ona će generisati izlaznu vrednost na osnovu inicijalnih težina. Zatim se dobijena izlazna vrednost upoređuje sa željenom izlaznom vrednošću, i izračunava se srednja kvadratna greška. Nakon toga, greška se šalje unazad kroz mrežu (Backpropagation), a težine se u svakom koraku podešavaju. Za podešavanje (promenu) težina koristi se gradijentkako bi se srednja kvadratna greška minimizovala. Ovaj metod će obraditi sve uzorke i vršiti minimizaciju greške sve dok greška ne padne ispod zadatog nivoa. Nakon obučavanja, možemo konstatovati da je mreža naučila da prepozna uzorke dovoljno dobro. Neuralna mreža nikad neće biti obučena da savršeno prepozna sve uzorke, ali će asimptotski težiti ka tome.

Algoritam se sastoji od sledećih koraka:

1. Definisane uzoraka za obuku mreže
2. Poređenje dobijenog izlaza sa željenim izlazom, i izračunavanje greške za svaki izlazni neuron.
3. Izračunavanje željenog izlaza za svaki (ne samo izlazni) neuron, na taj način određujemo lokalnu grešku. Mora se voditi računa i o znaku greške (incremental factor).

4. Modifikacija težina tako da se minimizuju lokalne greške.
5. Svakom neuronu dodeljuje se „blame“, tako da neuroni sa većim težinama imaju i veći značaj.
6. Ponavljati algoritam počev od koraka 3.

Podešavanje težina u svakom koraku vrši se na osnovu sledeće formule:

$$x_{k+1} = x_k - a_k g_k \quad (1)$$

gde  $x_k$  predstavlja vektor trenutnih težina i *bias*-a,  $g_k$  označava trenutni gradijent, a  $a_k$  je koeficijent obučavanja (Learning Rate – LR).

### B. Koeficijent učenja i moment

Trenutno ne postoji opšti metod za određivanje koeficijenta obučavanja. Kada obučavamo neuralnu mrežu koja se sastoji od samo jednog neurona (perceptron), nije teško odrediti LR, ali kod mreža sa više slojeva koeficijent obučavanja se određuje na osnovu iskustva. Za svaki sloj potrebno je odrediti LR vrednost ( $\mu$ ) drugačije. Mala izabrana vrednost za  $\mu$  rezultovace sporim učenjem, dok veliko  $\mu$  nosi opasnost od preskakanja tačke minimuma i nenalaženja optimalnog rešenja. Dobra praksa predlaže da se obučavanje započne sa velikom vrednošću parametra  $\mu$ , i da se u svakom koraku parametar postepeno smanjuje.

Metod momenta je heuristička metoda gde u svakom iterativnom koraku promena težina se sastoji dva koraka. Prvo se pomoću gradijenta definišu vrednosti za modifikaciju težina, ali treba takođe uzeti u obzir i prethodne promene. Formula za promenu težina ima sledeći oblik:

$$\Delta w(k+1) = \mu(-\nabla(k)) + \eta \Delta w(k) \quad (2)$$

pri čemu je sa  $\eta$  obeležen moment čija vrednost varira između 0 i 1.

### C. Opadanje gradijenta

U toku procesa obučavanja traži se optimizacija skupa kriterijuma, to jest vrednosti težina  $w$  za koji će funkcija kriterijuma minimizovati grešku. Vizuelno gledano, funkcija kriterijuma (criteria-function) je površina koja se naziva poljem kriterijuma (criteria-field). Zadatak je odrediti vrednosti za koje ovo polje dostiže svoj maksimum ili minimum. Funkcije obučavanja su optimizacione funkcije koji se često sreću u terminologiji neuralnih mreža, kao i u drugim naučnim disciplinama. U slučaju neuralnih mreža najvažniji je metod najvećeg nagiba gradijenta (steepest descent) koji ima zadatak da pronađe minimum polja kriterijuma.

$$\nabla[C(w)] = \frac{\partial C(w)}{\partial w} = 0 \quad (3)$$

gde  $\partial C(w)$  predstavlja generalizovanu grešku. Na osnovu izraza (3) dobija se analitičko rešenje sto u složenijim slučajevima može predstavljati problem jer u

mnogim primenama nije moguće dati analitičko rešenje. U tim slučajevima potrebno je menjati parametre sistema dok ne odredimo minimum polja kriterijuma.

Najznačajnija metoda kod rešavanja problema prepoznavanja karaktera je metod najvećeg nagiba koja vrši iteracije u negativnom smeru gradijenta. Iterativna jednačina ima oblik:

$$w(k+1) = w(k) + \mu(-\Delta C(k)) \quad (4)$$

## 3. NEURALNE MREŽE

Kod rešavanje aovog problema koristi se pet neuralnih mreža od kojih svaka ima istu konstrukciju. Sve poseduju jedan ulazni sloj i dva aktivna sloja od kojih je jedan izlazni sloj a drugi je skriveni sloj. U korisničkom interfejsu moguće je menjati broj neurona u skrivenom sloju. Broj skrivenih neurona može da varira između 1 i 5000, i na taj način se definiše veličina skrivenog sloja. Veličina ulaznog i izlaznog sloja zavisi od izabrane neuralne mreže, i to je mesto po čemu se pet neuralnih mreža razlikuju. Tako se opisuje rezolucija neuralne mreže, ili tačnije tako se opisuje rezolucija karaktera koji se prepoznaje. Dimenzija neuralne mreže pokazuje rezoluciju slike koju prepoznamo, a to opet definiše mrežu na koju projektujemo karakter. Rezoluciju definiše broj neurona u ulaznom sloju (*broj vrsta x broj kolona*) i to varira između 35 (5x7) i 117 (9x13). Broj karaktera koje treba prepoznati definiše broj nerona u izlaznom sloju. Na početku program učitava prvu neuralnu mrežu. Dimenzije svih korišćenih mreža dati su u Tabeli I.

Tabela I. Dimenzije neuralnih mreža koji su korišćeni u programu

		Dimension	Inputs	Outputs
1	Numbers	5x7	35	10
2	Letters	5x7	35	35
3	Characters	5x7	35	45
4	Characters	7x11	77	45
5	Characters	9x13	117	45

## 4. GLAVNE FUNKCIJE

Prepoznavanje karaktera sastoji se od sledećih logičkih celina:

### 1. Obučavanje

- a. Predobrada – obrada podataka u željenoj formi.
- b. Izdvajanje osobina (feature extraction) – minimizira se veličina podataka snimanjem samo potrebnih podataka. Tako dobijamo vektor sa skalarnim vrednostima.
- c. Estimacija modela – sa jednim brojem vektora vrši se estimacija modela za svaku klasu podataka za obučavanje.

### 2. Testiranje

- a. Predobrada
- b. Izdvajanje osobina
- c. Klasifikacija – vektor se upoređuje sa modelom kako bi se našao vrednost koja najviše odgovara. Za ostvarivanje ovog cilja postoji nekoliko metoda.

Predobrada se sastoji od nekoliko koraka:

1. Konverzija u binarni oblik.
2. Morfološke metode.
3. Segmentacija.

Segmentacija je najvažniji deo postupka predobrade i omogućava izdvajanje i najmanjeg detalja kod svakog karaktera. Nakon segmentacije treba odlučiti koji su značajni detalji. Izdvajanje osobina ima sledeće korake:

1. Detalji bazirani na momentu.
2. Hough i Chain code transformacija.
3. Fourier-ova transformacija.

Estimacija modela sastoji se od estimacije statističkog modela koji je definisan za svaki karakter. Na primer, u toku prepoznavanja vrši se statistička provera orijentacije i veličine za svaki stil pisanja. Na osnovu svega, glavni cilj sistema za prepoznavanje je odlučivanje u slučaju klasifikacije podataka u zavisnosti od uzoraka. OCR programu se dovode izdvojene osobine karaktera na osnovu kojih treba se odlučiti koji je karakter na slici.

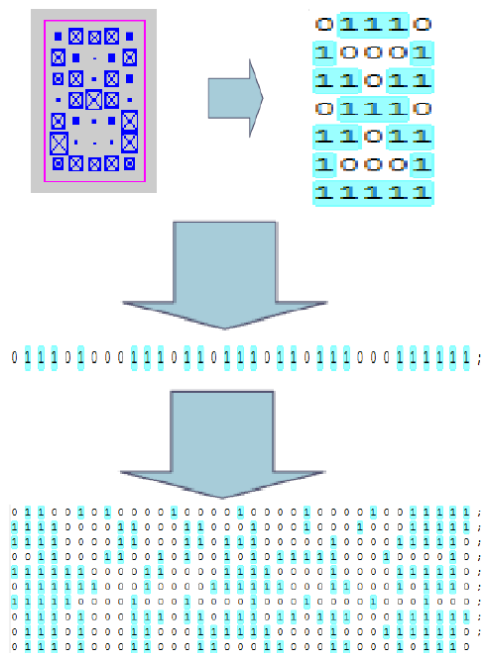
## 5. DEFINISANJE PODATAKA ZA OBUKU

Svakoј neuralnoj mreži potrebni su podaci kako bi se izvršilo obučavanje. Ovi podaci sastoje se od ulaznih (*input*) i ciljnih podataka (*target*). Obučavanje za prepoznavanje jednog karaktera može da se izvrši sa jednim ulaznim i jednim izlaznim vektorom. Dužina ulaznog vektora predstavlja rezoluciju ulaza. Ako na primer prepoznavanje vršimo sa četvrtom mrežom, dužina ulaznog vektora biće 77 elemenata, a elementi će se učitavati po vrstama. Svi elementi uzimaju vrednost iz skupa {0, 1}. U slučaju da je polje na slici prekriveno više od 50%, tada će dati element vektora imati vrednost 1, u suprotnom slučaju imaće vrednost 0, Slika 2. Vektor se popunjava elementima proveravanjem svih polja. U slučaju prve neuralne mreže zadatak je prepoznati 10 brojeva. To znači da ćemo imati 10 vektora vrsta (ili matricu sa 10 vrsta), od kojih svaka vrsta predstavlja jedan broj. Na taj način je definisana ulazna matrica i tako se dovodi na ulaz neuralne mreže u Matlab-u.

Za mrežu sa  $N$  izlaza, izlazna matrica imaće dimenzije  $N \times N$  koja na glavnoj dijagonali ima jedinice, a na ostalim mestima nule. Na taj način su svi karakteri klasifikovani jer su sve vrste razlikuju u jednom elementu. Ovaj korak prepoznavanja izvršen je manualno.

## 6. OSOBINE PROGRAMA

U neuralnoj mreži koju smo konstruisali za prepoznavanje karaktera neki parametri mogu da se podešavaju. To su tip performanse (*performance type*), cilj performanse (*performance goal*), moment i koeficijent obučavanja. Nakon svake promene parametara mreža mora ponovo da se obučava. Tip performanse može biti Sum Squared Error (SSE) ili Mean Squared Error (MSE). Cilj performanse određuje minimalnu vrednost greške pri kojoj će se obučavanje zaustaviti. Moment i koeficijent učenja služe da se prevaziđu problemi lokalnih minimuma, tako da se moraju pažljivo odabrati.



Slika 2. Izgled ulaznih podataka

Veće vrednosti obezbeđuju brže obučavanje, ali se može desiti da se propusti globalni minimum. Pritiskom na dugme za obučavanje (*Train*, Slika 1), počinje obučavanje mreže sa definisanim podacima i podešenim parametrima. Ukoliko imamo učitanu sliku i ako obeležimo deo slike na kom se nalazi karakter, prepoznavanje počinje pritiskom na dugme *Recognize*. Selektovani deo slike se iseca (*Crop*), pretvara se u binarnu sliku i projektuje se na mrežu za prepoznavanje.

Ovaj proces naziva se izdvajanje osobina (*feature extraction*). Poslednjim korakom generiše se vektor čiji elementi pokazuju koji pikseli imaju vrednost 0 a koji pikseli imaju vrednost 1 na ulaznoj slici. Nakon toga, vektor se dovodi na ulaz izabrane mreže. Prepoznavanje podrazumeva proveru koji od izlaznih elemenata ima najveću vrednost i na osnovu toga možemo zaključiti koji od brojeva je prepoznat.

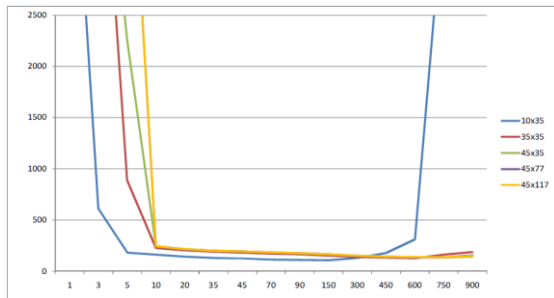
## 7. REZULTATI

Slika 5 prikazuje broj potrebnih iteracija za obučavanje mreže u zavisnosti od broja neurona u skrivenom sloju. Na osnovu Tou-a i Gonzales-a [5], broj skrivenih neurona mora biti bar polovina od broja izlaznih neurona. Sa slike se može uočiti da u slučaju 10 izlaznih neurona, vreme za uspešno obučavanje je bilo najkraće ako je korišćeno 120 neurona. Povećavanjem broja neurona u skrivenom sloju takođe se povećava i vreme potrebno za obučavanje i prepoznavanje. U slučaju da se program ne izvršava na savremenom računaru obučavanje može da potraje. Ipak, korišćenjem višejezgarskih procesora, obučavanje je moguće izvršiti čak i ako je broj neurona u skrivenom sloju 10 puta veći od broja neurona u izlaznom sloju. Veća rezolucija ulaznih podataka takođe povećava broj potrebnih iteracija, ali nema uticaja na performanse mreže. U slučaju da se broj neurona u skrivenom sloju smanji tako da bude manji od polovine izlaznih neurona, mreža će postati nestabilna.

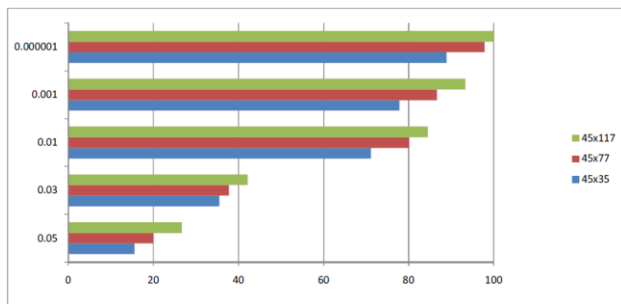




Slika 3. Izdvajanje osobina

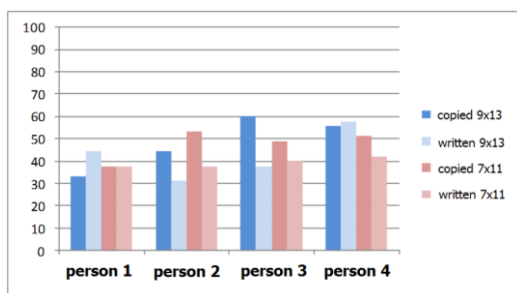


Slika 5. Broj potrebnih iteracija za uspešno prepoznavanje u zavisnosti od broja skrivenih neurona



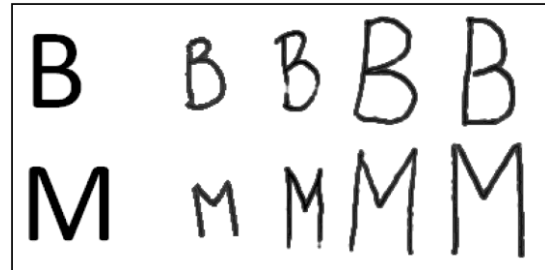
Slika 6. Uspešnost prepoznavanja u zavisnosti od performansi

Na osnovu dijagrama optimalna implementacija podrazumeva bar duplo više neurona u skrivenom sloju nego što ih ima u izlaznom sloju. Slika 6 prikazuje performanse mreže. Uočava se da ja najpreciznija mreža ona sa najvećom rezolucijom. Testiranje je izvršeno na osnovu štampanog teksta. Primećuje se da sa smanjenjem cilja performanse raste preciznost. Za prepoznavanje rukom pisanih karaktera koristili smo poslednje dve neuralne mreže.



Slika 7. Preciznost prepoznavanja karaktera za četiri osobe koje su testirali sistem

Za svrhu testiranja, četiri osobe su napisale po 45 karaktera na sve četiri pravougaone mreže tako što su pokušali da ih napišu na isti način kako su bili odštampani, ali su se karakteri ipak razlikovali zbog specifičnosti njihovih rukopisa. Slika 7 prikazuje tačnost prepoznavanja.



Slika 8. Razlike u rukopisu

U toku procesa prepoznavanja rukopisa preciznost je značajno opala u odnosu na prepoznavanje štampanih karaktera. Razlog za smanjenu tačnost je u tome što se neuralna mreža srela sa podacima koje ranije nije "videla". Najbolji rezultati dobijeni su za štampani tekst koji je imao najveću rezoluciju. Slika 8 prikazuje zašto neki karakteri uopšte nisu bili pravilno prepoznati. Na primer, gornji deo slova "B" i srednji deo slova "M" se veoma razlikuju od originala što je rezultiralo neprepoznavanjem pomenutih karaktera.

Slika 8 takođe pokazuje zašto je teško konstruisati jedinstvenu neuralnu mrežu koja prepoznaje sve rukopise. Pri pisanju karaktera testirane osobe su svaki karakter napisali sa razlikom u orijentaciji i veličini. Manja slova su bolje prepoznata pomoću neuralne mreže sa manjom rezolucijom. Bez obzira na razlike u orijentaciji, veličini i mestu karaktera, neuralna mreža ipak poseduje tačnost od oko 60%. To je daleko od standardno prihvatljivih 97%, ali 2D prepoznavanje je samo deo rešenja. Kombinacijom ove metode sa mnogim drugim metodama za minimizaciju prostora za pretragu, neuralne mreže dokazuju da obećavaju [1].

## LITERATURA

- [1] Alexander J. Faaborg (Cornell University, Ithaca NY) – „Using Neural Networks to Create an Adaptive Character Recognition System” (May 14, 2002)
- [2] Altrichter Marta, Horvath Gabor, Pataki Bela, Strausz Gyorgy, Takacs Gabor, Valyon Jozsef – „Neuralis Halozatok” (2006, Budapest, Panem Konyvkiado Kft.)
- [3] Deepayan Sarkar (University of Wisconsin, Madison) – „Optical Character Recognition using Neural Networks” (December 18, 2003)
- [4] Jesse Hansen – „A Matlab Project in Optical Character Recognition” (OCR)
- [5] J.T. Tou and R.C. Gonzalez (Reading, Massachusetts) – „Pattern Recognition Principles” , Addison-Wesley Publishing (1974)
- [6] Hertz J., Krogh A., Palmer R. G. – „Introduction to the Theory of Neural Computation”, Addison-Wesley Publishing (1991)

# PREDIKCIJA VJEROVATNOĆE POŽARA NA OSNOVU FAZI SKUPA PODATAKA

## THE FIRE POSSIBILITY PREDICTION BASED ON FUZZY LOGIC GENERATED DATASET

Mirjana Maksimović<sup>1</sup>, Vladimir Vujović<sup>1</sup>, Vladimir Milošević<sup>2</sup>

*Faculty of Electrical Engineering, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina<sup>1</sup>*

*Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Sa tačke gledišta oštećenja imovine i lične povrede, protivpožarni sistem je jedan od najvažnijih sistema u inteligentnim zgradama. Bežične senzorske mreže (BSM) su oblast istraživanja koja se vrlo brzo razvija i ima širok opseg primjene. Pomoću BSM mnogi kritični događaji, kao što su požari, mogu biti detektovani ranije i na taj način gubici ljudskih života, velike materijalne štete i oštećenja objekata mogu biti spriječeni. Integracija fazi logike, neuronskih mreža i data mining (dubinska analiza podataka) tehnika u senzorske čvorove, može rezultovati značajnijim poboljšanjem detekcije kritičnih događaja. Odabir odgovarajućeg data mining algoritma zavisi, ne samo od primjene, već i od kompatibilnosti skupa podataka. U ovom radu vjerovatnoća požara se određuje na osnovu vrijednosti senzora temperature i dima. Nekoliko data mining tehnika i algoritama je primjenjeno na unaprijed generisani fazi skup podataka sa ciljem pronalaska koji od njih je odgovarajući i ima najbolju klasifikacijsku tačnost za konkretan slučaj detekcije požara.

**Abstract** - From the point of view of property damage and personal injury, fire detection system is one of the most important systems in intelligent buildings. Using Wireless Sensor Networks (WSN), a rapidly growing area for research and commercial development with very wide range of applications, many critical events like fire can be detected earlier to prevent losing human lives and heavy structural damages. Integration of fuzzy logic, neural networks and data mining technique on sensor nodes, can significantly lead to improvements of critical events detection possibility. The selection of a correct data mining algorithm depends on not only the goal of an application, but also on the compatibility of the data set. In this paper fire confidence is determined based on the values of temperature and smoke sensors. Various data mining techniques and algorithms are applied on predefined fuzzy logic generated dataset with the goal to find out which of them has the best classification accuracy and is the most appropriate for a particular application of fire detection.

### 1. INTRODUCTION

Fire as an extreme event can cause massive damage to the indoor area and life threatening conditions. Early residential fire detection is important for prompt extinguishing and reducing damages and life losses [1]. Using Wireless Sensor Networks (WSN) fire can be detected earlier and also initiate the rescue operation before it becomes fire [2]. In this paper, the possibility of few different data mining techniques for detecting the fire

is examined. To detect fire, one or a combination of sensors and a detection algorithm are needed. The sensors might be part of a WSN or work independently [1]. The main purpose of sensors network for fire detection is to collect the monitoring original data, and provide basic information and decision support for monitoring centre. Also, data mining algorithm has to be sufficiently fast to process high-speed arriving data.

Sensor data mining is a relatively new area but it already reached a certain level of maturity. Sensor data brings numerous challenges with it in the context of data collection, storage and processing. Data mining is an iterative process of extracting hidden patterns from large data sets. A variety of data mining methods such as clustering, classification, frequent pattern mining, and outlier detection are often applied to sensor data in order to extract actionable insights (Fig. 1). This data usually needs to be compressed and filtered for more effective mining and analysis.

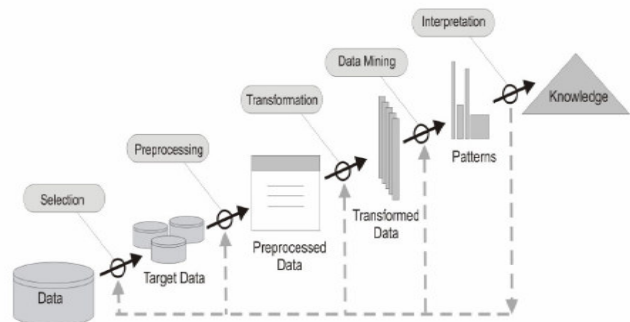


Figure 1. Data mining process

As it can be seen in Fig. 1, data mining process involves three main steps:

- Pre-processing – the raw data must be cleaned in order to become suitable for mining. Data cleaning includes removing noises and abnormalities, handling too large data, identifying and removing irrelevant attributes, and so on. Data cleaning is procedure that usually consumes a lot of time and it is very labor-intensive but it is absolutely necessary step for successful data mining.
- Data mining – the process of applying data mining algorithm that will produce patterns or knowledge.
- Post-processing – Among all discovered patterns or knowledge, it is necessary to discover ones that are useful for the application. For making the right decision there are many evaluation and visualization techniques that can be used.

The main challenge is that conventional mining algorithms are often not designed for real time processing of the data. Therefore, new algorithms for sensor data stream processing need to perform the analytics in a single pass in real time. In addition, the sensor scenario may often require in-network processing, wherein the data is processed to higher level representations before further processing. This reduces the transmission costs, and the data overload from a storage perspective [3].

In sensor networks, data are distributed by nature. Prediction in sensor networks can be performed in the way that each sensor learns a local predictive model for the global target classes, using only its local input data. On this way, individual nodes access and process local information and in order to achieve a collective decision, they must communicate to neighbor nodes, to send local and partial models and negotiate a common decision. In this case, whole data cannot be stored and must be processed immediately by their compressing and filtering for more effective mining and analysis in order to generate actionable insights from massive, disparate and dynamic data, in real time or near real time. This process by reducing the number of inputs, deleting redundancy, and improving the system speed and correct rate would decrease the potential network traffic and prolong network life span making early fire detection possible.

The rest of this paper is organized as following. Second section presents data preparation file while third section provides an implementation of selected data mining techniques. The experimental results including comparative analysis of selected algorithms are shown in fourth section. Fifth section gives the conclusion.

## 2. FIRE DETECTION – PREPARING THE INPUT FILE

Preparing input for a data mining investigation usually consumes the bulk of the effort invested in the entire data mining process [4]. Like many other human-recognizable events, the phenomenon fire has no real meaning to a sensor node. Therefore, suitable techniques that would allow describing events in ways that sensor nodes would be able to "understand" are needed. One of them is fuzzy technique. What makes fuzzy logic suitable for use in WSNs is that it can tolerate unreliable and imprecise sensor readings, it is much closer to human way of thinking than crisp logic and compared to other classification algorithms based on probability theory, fuzzy logic is much more intuitive and easier to use. It allows using linguistic variables whose values are not numbers but words or sentences in a natural or artificial language [5]. Fuzzy rules are conditional statements in the form of IF-THEN which:

- Require less computational power than conventional mathematical computational methods,
- Require few data samples in order to extract the final result,
- and the most important, it can be effectively manipulated since they use human language to

describe problems (based on heuristic information that mainly comes from expert knowledge of the system) and making the creation of rules simple, independently of the previous knowledge in the field of fuzzy logic.

In this work the experiment for fire detection will be based on approach given in [6, 7]. Detection of fire is usually based on temperature and smoke sensors readings. Thus, fire confidence determination can be based on temperature, temperature difference, smoke obscuration and smoke obscuration difference measurement. Temperature and smoke sensors will generate an alarm condition if the temperature and smoke within the protected area reaches a predetermined level and when the temperature and smoke rises at a rate exceeding a predetermined value, respectively. As it already stated, instead of using crisp values, fuzzy logic proposes use of linguistic variables. Therefore, data obtained from proposed detectors according to fuzzy technique and thresholds, for the purpose of the experiment are described with values: *low* (L), *medium* (M) and *high* (H), presented with membership functions shown in Fig. 2 [7]. Due to their simple formulas and computational efficiency, both triangular and trapezoidal membership functions have been used extensively, especially in real-time implementations as it is fire detection.

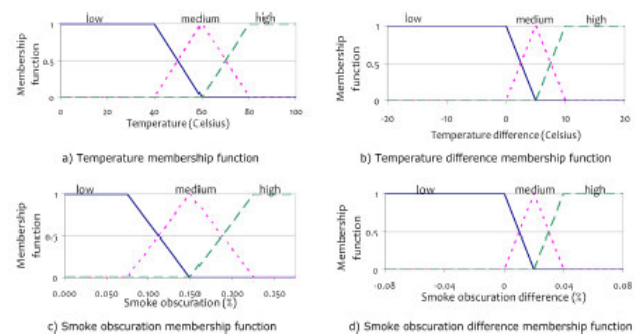


Figure 2. Membership functions of input variables

Fire confidence in this experiment is defined as output variable and is also described with *low* (L), *medium* (M) and *high* (H) linguistic variables as it shown in Fig. 3 [7].

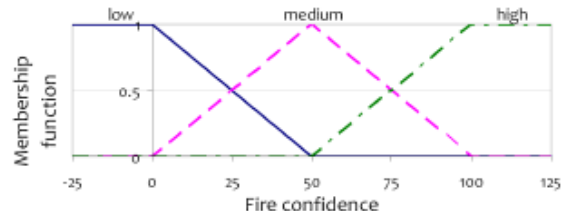


Figure 3. Membership functions of output variable

With 4 input variables, each of which can take 3 values, the number of rules in the full fuzzy rule-base of experiment is 81 ( $3*3*3*3$ ) (with  $n$  variables each of which can take  $m$  values, the number of rules in the rule-base is  $m^n$ ) [6]. Table 1 shows first 10 rules.

Table 1. The fire data test (first 10 rules)

Temperature	Temperature difference	Smoke obscuration	Smoke obscuration difference	Fire confidence (class)
L	L	L	L	L
L	L	L	M	L
L	L	L	H	L
L	L	M	L	L
L	L	M	M	L
L	L	M	H	L
L	L	H	L	L
L	L	H	M	L
L	L	H	H	M
L	M	L	L	L

For further analysis Excel .csv data file is formed based on data given in Table 1. The next step is its exporting to WEKA data mining tool [8] in order to apply chosen classification algorithms presented in rest of the paper.

### 3. CLASSIFICATION ALGORITHMS IMPLEMENTATIONS

Implementations of chosen classification algorithms are performed in WEKA, which is a collection of machine learning algorithms for data mining tasks. The algorithms in WEKA can be applied directly to a previous formed data set as it is used in this paper. The main advantage of using WEKA is to apply the learning methods to a data set and analyze its output to extract information about the data. These learning methods are called classifiers. In simulation process the classifiers from WEKA in order to analyze the classification accuracy of simulation data are used. Classification here means the problem of correctly predicting the probability that an example has a predefined class from a set of attributes describing the example. The purpose is to apply the learning algorithms and then to choose the best one for prediction purposes [4].

There are many methods and measures for estimation the strength and the accuracy of a classification/predictive model. The main measure is the classification accuracy which is the number of correctly classified instances in the test set divided by the total number of instances in the test set. Some of the common methods for classifier evaluation are holdout set, Multiple Random Sampling and Cross-validation.

The output of the simulator proposed in this paper is used to learn the difference between a subject that is *low* (L), *medium* (M) and *high* (H). For the experiment averaging and 10-fold cross validation testing techniques are used. During the process the data set is divided into 10 subsets. Then the classification algorithms are fed with these subsets of data. The left-out subsets of the training data are used to evaluate classification accuracy. When seeking an accurate error estimate, it is standard procedure to repeat the cross-validation process 10 times (that is 10 times tenfold cross-validation) and average the results. This involves invoking the learning algorithm 100 times on data sets that are all nine-tenths the size of the

original. Getting a good measure of performance is a computation-intensive undertaking [4].

In applications with only two classes two measures named Precision and Recall are usually used. Their definitions are:

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

TP, FP and FN used in Eq. (1) and Eq. (2) are the numbers of true positives, false positives and false negatives, respectively. These measures can be also used in case of larger number of classes, which in this case are seen as a series of problems with two classes. It is convenient to introduce these measures using a confusion matrix. A confusion matrix contains information about actual and predicted results given by a classifier. However, it is hard to compare classifiers based on two measures, which are not functionally related [4].

If a single measure to compare different classifiers is needed, the F-measure is often used:

$$FM = \frac{2 \cdot P \cdot R}{P + R} \quad (3)$$

Another measure is the receiver operating characteristic (ROC). It is a term used in signal detection to characterize the tradeoff between hit rate and false-alarm rate over a noisy channel. ROC curves depict the performance of a classifier without regard to class distribution or error costs. They plot the true positive rate on the vertical axis against the true negative rate on the horizontal axis.

In addition, it is possible to evaluate attributes by measuring their information gain with respect to the class using Info-Gain Attribute Evaluation and measuring their gain ratio with respect to the class using Gain-Ratio Attribute Evaluation [4]. Information gain is biased towards multivalued attributes while gain ratio tends to prefer unbalanced splits in which one partition is much smaller than the others.

In simulation process presented in this paper three widely used classification algorithms [4] are implemented for comparative analysis with FURIA on given fire data sets. Thus, the comparative analysis is based on following algorithms:

- FURIA
- J48 decision tree
- Naive Bayes
- Neural Network classifier

#### FURIA

FURIA (Fuzzy Unordered Rule Induction Algorithm) is a fuzzy rule-based classification method proposed in 2009 by Hühn and Hüllermeier [9]. FURIA extends the well-known RIPPER algorithm preserving its advantages, such as simple and comprehensible rule sets. In addition, FURIA includes a number of modifications and extensions. It obtains fuzzy rules instead of the usual strict rules, as well as an unordered rule set instead of the rule list. Moreover, to deal with uncovered examples, it makes

use of an efficient rule stretching method. The idea is to generalize the existing rules until they cover the example.

#### Decision Tree Classifier

The decision tree classifier is a tree based classifier which selects a set of features and then compares the input data with them and its main advantage is classification speed. Learned patterns are represented as a tree where nodes in the tree embody decisions based on the values of attributes and the leaves of the tree provide predictions [4]. WEKA uses the J48 decision tree which is an implementation of the C 4.5 algorithm

#### Naïve Bayes

The Naïve Bayes classifier, for each class value, estimates the probability that a given instance belongs to that class. It is a statistical classifier and performs probabilistic prediction, i.e., predicts class membership probabilities. A simple Bayesian classifier, Naïve Bayes Classifier (based on Bayes' theorem), has comparable performance with decision tree and selected neural network classifiers. Each training example can incrementally increase/decrease the probability that a hypothesis is correct - prior knowledge can be combined with observed data. Even when Bayesian methods are computationally intractable, they can provide a standard of optimal decision [10]. Naïve Bayes gives a simple approach, with clear semantics, for representing, using, and learning probabilistic knowledge and it can achieve impressive results [4].

#### Neural network classifier

The area of neural networks probably belongs to the border line between the artificial intelligence and approximation algorithm. A neural network is a collection of neurons like processing units with weighted connection between them. The Neural network classifier is used for many pattern recognition purposes. It uses the backpropagation algorithm to train the network. The accuracy of the neural network classifiers does not depend on the dimensionality of the training data [4].

In rest of the paper comparative analysis, using FURIA as base predictive model, will be performed.

## 4. COMPARATIVE ANALYSIS OF SIMULATION RESULTS

Simulation results (performances and classifier error) of above described experiment and chosen algorithms are shown in rest of the paper. It will be shown which of applied algorithms has the highest percentage of correct classified instances (CCI), the minimal of incorrect classified instances (ICI), the highest precision (P) and the classification above ROC curve area in function of chosen experiment and its number of data

Attributes evaluation of data used in the experiment are shown in Table 2.

Table 2. Attributes evaluation

Attribute	InfoGainAttributeEval	GainRatioAttributeEval
Temperature	0.257	0.1623
Temperature difference	0.213	0.1342
Smoke obscuration	0.107	0.0678
Smoke obscuration difference	0.101	0.0637

Applying FURIA classifier to existing rules shown in Table 1, 81 rules are generalized into only 9 (Table 3).

Table 3. The fire data test obtained using FURIA

Temperature	Temperature difference	Smoke obscuration	Smoke obscuration difference	Fire confidence (class)
L	L	/	/	L
M	L	L	/	L
L	/	L	L	L
H	/	M	/	H
H	/	H	/	H
M	/	/	H	H
H	/	/	H	H
/	H	H	/	H
M	H	/	M	H

Classifiers evaluation is presented in Table 4.

Table 4. Classifier evaluation

	CCI (%)	ICI (%)	TP	FP	P	R	FM	ROC
FURIA	62.96	37.03	0.63	0.256	0.619	0.63	0.594	0.732
NB	75.3	24.7	0.753	0.161	0.775	0.753	0.757	0.877
J48	70.37	29.62	0.704	0.186	0.704	0.704	0.702	0.74
NN	80.24	19.75	0.802	0.105	0.806	0.802	0.802	0.9

From Table 4 it can be seen that Neural network has the best prediction model. It generated a model with 80% correctly classified instances (CCI), a precision of 80% (0.806) and the classification above the ROC curve area (0.9 > 0.5).

In multiclass prediction, the result on a test set is often displayed as a two-dimensional confusion matrix with a row and column for each class. Each matrix element shows the number of test examples for which the actual class is the row and the predicted class is the column. Good results correspond to large numbers down the main diagonal and small, ideally zero, off-diagonal elements [4]. The results are shown in Table 5.

Table 5. Confusion matrices

FURIA			
Predicted class			Real class
a	b	c	
10	2	4	a=L
5	7	15	b=M
1	3	34	c=H

J48			
Predicted class			Real class
a	b	c	
10	4	2	a=L
3	16	8	b=M
0	7	31	c=H

Naïve Bayes			
Predicted class			Real class
a	b	c	
11	5	0	a=L
0	19	8	b=M
0	7	31	c=H

Neural Network			
Predicted class			Real class
a	b	c	
15	1	0	a=L
4	19	4	b=M
0	7	31	c=H

## 5. CONCLUSION

The general idea of using prediction models for reducing both node activity and bandwidth is to find a prediction models that can predict the measurements of a sensor given a subset of others. Using these prediction models the number of sensors that need to report their measurements is reduced.

The aim of this paper was to make a comparative analysis between few different classification algorithms in a case of fire and to see which of applied techniques has the best prediction performances in order to reduce node activity and bandwidth.

The initial dataset is generated using fuzzy logic principles. FURIA, as fuzzy unordered rule induction algorithm, which significantly reduced the full-rule base, was used as a base prediction model. Results of using FURIA has shown that significantly reduced number of rules led to significantly reduced prediction accuracy. Generally, the main disadvantage of using fuzzy logic is that the number of rules grows exponentially to the number of variables and storing the rule-base might require a significant amount of memory. Since sensor nodes have limited memory, storing a full rule-base on every node might not be reasonable. Also, constantly traversing a large rule-base might considerably slow down the event detection or decision making. To address this problem, a number of techniques that reduce the size of the rule-base have been designed. A key property of applying rule reduction techniques to a particular problem is that they do not affect the application accuracy. In this experiment, 81 rules are generalized into only 9, but accuracy decreased to 62.9%. Considering this results, it can be concluded that choose of the best reduction rule technique for particular case is very challenging.

For simulation results the standard measures for evaluation of the accuracy of the predictive model (the number of correctly and incorrectly classified examples, TP, FP, recall, precision, F-measure, the area of the ROC curve) were applied while confusions matrix was used for a more detailed analysis of the class attribute distribution.

Results have shown that among FURIA, J48, Naive Bayes and Neural Network classifiers, the Neural Network showed the best predicting power on particular data set.

Even applied data mining techniques are efficient in some case, none of them can be considered as unique or general solution. On the contrary, the selection of a correct data mining algorithm depends of an application and the compatibility of the observed data set. Thus, each situation should be considered as a special case and choice of adequate predictor or classifier should be performed very carefully based on empirical arguments. The aim of future research is to explore the possibility of including the additional parameters in the analysis in order to achieve better predictive results and use of other classification algorithms for creating more precise predictive model.

## LITERATURE

- [1] Bahrepour, M. et al., "Use of AI Techniques for Residential Fire Detection in Wireless Sensor Networks," AIAI-2009 Workshops Proceedings, pp. 311-321, Thessaloniki, Greece, 2009
- [2] Sathik, M., Mohamed M.S., Balasubramanian, A., "Fire Detection Using Support Vector Machine in Wireless Sensor Network and Rescue Using Pervasive Devices," Int. J. Advanced Networking and Applications, Volume:02, Issue:02, Pages:636-639, 2010
- [3] Gama, J. and Gaber, M.M., "Learning from Data Streams, Processing Techniques in Sensor Networks," Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
- [4] Witten, I.H. et al., Data mining: practical machine learning tools and techniques, Morgan Kaufmann, Amsterdam, 2011
- [5] Zimmermann, H.J., Fuzzy Set Theory and Its Applications -Third Edition, Kluwer Academic Publishers, 1996
- [6] Kapitanova, K. et al., "Using fuzzy logic for robust event detection in wireless sensor networks," Ad Hoc Netw. , 2011
- [7] Kapitanova, K., Son, S. H. and Kang, K. D., "Event Detection in Wireless Sensor Networks - Can Fuzzy Values Be Accurate?," Ad Hoc Netw., Vol. 49, pp 168-184, 2010
- [8] WEKA data mining tool, Available: [www.cs.waikato.ac.nz/ml/WEKA](http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/WEKA)
- [9] Hühn, J. and Hüllermeier, E., "FURIA: An Algorithm For Unordered Fuzzy Rule Induction," Data Mining and Knowledge Discovery, 19, 293-319, 2009
- [10] Han, J. et al., Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, USA, 2012

# INFORMACIONE OPERACIJE I KONCEPTI INFORMACIONE BEZBEDNOSTI I INFORMACIONE MOĆI

dr Goran Matic<sup>1</sup>, mr Milan Miljković<sup>1</sup>

Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka<sup>1</sup>

*Sadržaj:* U ovom radu je sa teorijskog aspekta opisan odnos informacionih operacija i koncepta informacione bezbednosti i informacione moći.

*Abstract:* This document presents the relationship between information operations and concepts of information security and "information power" from the theoretical aspect.

## 1. UVOD

U savremenom informatičkom dobu, pitanje zaštite i kontrole nad informacijama i kompletnim informacionim spektrom posebno je aktuelizovano. Ključna odlika informatičke revolucije nije samo brzina komunikacije između bogatih i moćnih, nego je suštinska promena u izuzetno smanjenju troškova prenosa informacije. Kao posledica, količina informacija koje se mogu preneti širom sveta postala je neograničena. Rezultat je eksplozija odnosno „obilje informacija“ koje su dostupne raznim korisnicima. Samim tim može da se kaže da je značaj informacija i svih aktivnosti koje su vezane za širenje i produkciju informacija, porastao i od povećanog značaja za nacionalnu bezbednost.

U informacionoj epohi, informaciona revolucija transformiše ratovanje i izaziva promene u tome kako društva dolaze u konflikt i kako njihove oružane snage vode oružani sukob. Savremeni sukob je nezamisliv bez velikog broja relevantnih informacija o protivniku, sopstvenim snagama, prostoru i vremenu. Saglasno tome, savremeni sukobi su naglašeno okarakterisani i kao borba u sferi informacija. Sa vojnog gledišta, informacioni prostor se već duže vreme procenjuje kao borbeni prostor savremenog globalnog društva[1]. Za razliku od industrijskog doba, gde su zemlje koje su imale prevlast na moru i vazduhu „vladale“ svetom, u informacionom dobu zemlje koje dominiraju informacionim prostorom ostvaruju važan preduslov za dominaciju u svetu. Novi način angažovanja država u sukobu uslovio je pojavu novih sredstava, a sa njima i novih načina vođenja sukoba. Jedan od njih je i informaciono ratovanje - (*information warfare - IW*).

Postoje brojne definicije informacionih operacija (*Information Operations - IO*). Stevan Sinkovski navodi da je informaciono ratovanje moguće definisati i kao oblik konflikta kojim se direktno napadaju informacioni sistemi a time i sistemi znanja i ubeđenja protivnika, odnosno utiče na protivničke informacije, procese zasnovan na informacijama, informacione sisteme itd [2]. Američki ekspert za elektronsko

ratovanje, Šleher, pod informacionim ratovanjem podrazumeva: „Akcije preduzete da bi se ostvarila informaciona superiornost, kao podrška nacionalnoj vojnoj strategiji, uticajem na protivničke informacije i informacione sisteme, dok se istovremeno štite sopstvene informacije i informacioni sistemi.“ Dokument Ministarstva odbrane SAD *Information Operation Roadmap* iz 2003. godine definiše informacione operacije kao zajedničke aktivnosti:

- elektronskog ratovanja,
- kompjuterskih mrežnih operacija,
- psiholoških operacija,
- vojnog obmanjivanja i
- „zaštite operacija.“

Ove aktivnosti se sprovode sa ciljem uticaja, prekidanja ili nanošenja neispravnosti protivničkom „ljudskom“ ili automatizovanom sistemu za rukovođenje. Ovom definicijom bliže je objašnjeno koje aktivnosti ulaze u sastav informacionih operacija.

Za ruske eksperte „informacija“ predstavlja važan faktor koji može biti iskorišćen u postizanju političkih ciljeva ali i ciljeva posle završetka vojnih operacija. Ruski eksperti iznose da se informacione operacije sprovode[3]:

- 1) *informaciono-tehničkim sredstvima i metodama* (napadom na kritične objekte nacionalne infrastrukture, kiber napadima) i
- 2) *informativno-perceptivnim sredstvima i metodama* (propagandnom, upravljanjem percepcijom protivnika, dezinformacijama, psihološkim operacijama i obmanom) [4].

Iako ruski stručnjaci smatraju da je razvoj vojnotehničke komponente u okviru transformacije oružanih snaga veoma važna za sustizanje zapadnih oružanih snaga i njihovih borbenih sposobnosti, takođe daju težište na „meku dimenziju“ informacionog rata, tj. na psihološki i propagandni aspekt.

## 2. INFORMACIONE OPERACIJE I INFORMACIONA BEZBEDNOST

U savremenim uslovima, pored tradicionalne i prevaziđene podele komponenti nacionalne bezbednosti na unutrašnju i spoljnu bezbednost, sve više je prisutan koncept *integralne*

*nacionalne bezbednosti* u kojoj u savremenom informacionom dobu značajno mesto zauzima *informaciona bezbednost*.

*Informaciona bezbednost*, kao jedan od novijih pravaca istraživanja u sferi bezbednosti, posledica je tehnološkog razvoja i odraz je novog pogleda na svet. Ona se javlja ne samo kao jedan od vidova bezbednosti, već i kao presek svih drugih vidova bezbednosti u kojima informacione tehnologije zauzimaju važno mesto. O značaju informacione bezbednosti govori i činjenica da je ona postala jedna od osnovnih komponenata nacionalne bezbednosti[5].

U dokumentima Ruske Federacije informaciona bezbednost je definisana „*kao stanje zaštićenosti životno važnih interesa ličnosti, društva i države u informacionoj sferi od spoljašnjih i unutrašnjih opasnosti (rizika)*“.

Kao osnovno polazište u definisanju pojmova informacione bezbednosti, odnosno informacionog obezbeđenja, u SAD poslužila je teorija informacionog ratovanja IW (*information warfare*) i informacionih operacija IO (*information operations*). Informaciona bezbednost je u SAD definisana kao: *zaštita informacionih sistema protiv neautorizovanog pristupa ili modifikacija informacija bilo u skladištenju, obradi ili prenosu i protiv lišavanja usluga autorizovanih korisnika, uključujući neophodne mere detekcije, dokumentovanja i otklanjanja takvih pretnji*[6]. Uočavamo da se u Doktrini informacione bezbednosti Ruske Federacije termin informaciona bezbednost koristi u širem smislu, dok je u američkim dokumentima reč o užem smislu pojma jer se odnosi samo na informacije i informacione (kompjuterske) sisteme. Informaciona bezbednost se u ruskoj definiciji vezuje za bezbednost u informacionoj sferi – infosferi, odnosno informacionoj okolini. *Infosfera* se fizički sastoji od tri elementa: od 1) informacione infrastrukture (sistemi i uređaji za prikupljanje, prenos, obradu i dostavljanje informacija), 2) od informacija i njihovih tokova i 3) od personala koji obavlja različite delatnosti.

Možemo da zaključimo da informaciona bezbednost podrazumeva „*zaštićenost nacionalne informacione sfere i nacionalnih informacionih resursa, od fizičkog i drugog načina ugrožavanja, uz odsustvo opasnosti koje mogu da ugroze informacionu stabilnost i samostalnost*“ . Takođe, za ostvarenje informacione bezbednosti ističe se važnost informacionih operacija (*information operations*), posebno defanzivnih, kao skupa aktivnosti, kojima se obezbeđuje informaciona bezbednost nacionalnih informacionih resursa, imajući u vidu da se informacionim operacijama „*brane vlastite informacije i informacione sistemi*“ [7].

### **3. INFORMACIONE OPERACIJE I „INFORMACIONA MOĆ“**

Održanje i uvećanje moći su osnovni ciljevi države, a najvažniji elemenat moći do kraja Hladnog rata bila je vojna

moć. Nezamislivo je znači govoriti o nacionalnoj bezbednosti odvojeno od vojne ili nekog drugog oblika nacionalne moći. Suština moći je u nametanju sopstvene volje drugome[8]. Konkretnije, „*moć je sposobnost pojedinca, grupe ili države da nametne svoju volju drugome, oslanjajući se pri tom na efikasnost sredstava sile u slučaju nepokoravanja*“ [9]. Država uporebljava svoju moć s ciljem da zaštiti stabilnost svog političkog, ekonomskog i pravnog sistema društva kao celine. U tom kontekstu, pojavljuju se termini kao što su politička moć i nacionalna moć.

Masovna primena informaciono-komunikacione tehnologije u svim sferama društvenog života, pa i u bezbednosnoj sferi, ima za posledicu da se i u savremenim razmatranjima činilaca nacionalne moći, sve više pominje informacioni element kao mogući činilac i značajan faktor ukupne nacionalne i međunarodne moći države. Tako se tokom poslednjih godina, u vojnim doktrinama SAD (Department of Defense - DoD), kao i u Nacionalnoj strategiji za bezbednost SAD iz 2002. godine, navodi se da četiri osnovna stuba američke nacionalne i međunarodne moći predstavljaju diplomatska, vojna, ekonomska i informaciona moć [10] (poznato kao paradigma DIME - *Diplomatic/Political, Informational, Military, Economic*).

I pojedini domaći eksperti međunarodnih odnosa, navode sledeće elemente nacionalne i međunarodne moći: političku, ekonomsku, diplomatsku, finansijsku, informacionu, socijalnu, trgovinsku i, naravno, vojnu[11]. Slično, i pojedini domaći eksperti bezbednosti navode političke, ekonomske, vojne ili informacijske elemente kao osnovne elemente nacionalne moći[12].

U informacionom društvu, komunikacione poruke su odavno počele da skoro bez ikakve kontrole masovno prelaze državne granice. Poruke koje se prenose televizijskim i radio talasima i preko Interneta kreću se oko Zemlje bez prethodnih saglasnosti država, a mogućnosti za nadzor nad njima mogu imati samo subjekti međunarodnih odnosa koji kontrolišu ustanove u okviru kojih one nalaze i koje poruke stvaraju i emituju. To po pravilu znači da su u pitanju države na čijim teritorijama se nalaze ovakve ustanove, osim u slučajevima u kojim su one locirane u međunarodnim vodama mora ili okeana. Države čijim stanovnicima su te poruke namenjene ili do kojih slučajno dopiru mogu koristiti jedino diplomatske i slične akcije (proteste, demarše, intervencije, pregovore) prema prvim ili mogu da se služe često nepopularnim, prilično skupim i uz to nepouzdanim ometanjima[13].

Televizija, Internet i ostale elektronske komunikacije čine granice sve više poroznim; omogućile su da se prodre kroz deo državne cenzure, a tradicionalne koncepcije nacionalnog suvereniteta sve manje su relevantne. Došlo je do slabljenja kontrole komuniciranja unutar granica nacionalnih država. Stabilan, „stari poredak“ nacionalnih



komunikacionih sistema, izgrađivan nakon Drugog svetskog rata, sada je ugrožen i primoran da se prilagodi novim mogućnostima i pritiscima. U ovom slučaju radi se tome da masovna primena informaciono-komunikacione tehnologije uvodi sasvim nove društvene vidove moći. Između ostalog, informacije i komunikacije, zbog mogućnosti uticaja na stavove ljudi i njihove odluke, predstavljaju sredstva kojima su dodeljene ključne uloge u okviru procesa integracije ili razdvajanja, u zavisnosti od njihovih sadržina i ciljeva, odnosno efekata[14].

U skladu sa navedenim, može da se kaže da informaciona moć potiče od pristupa i kontroli nad informacijama. Što je veća mogućnost pristupa i kontrole nad informacijama, to je veća i informaciona moć. U jednoj organizaciji, informaciona moć se stiče raspolaganjem informacijama koje drugi pojedinci u organizaciji ne poseduju ili im nisu dostupne. Informaciona moć se naročito ispoljava u uslovima i sredinama kada informacije nisu dostupne širem krugu zaposlenih, pa oni koji ih poseduju ili su im na raspolaganju, imaju na osnovu toga veliku količinu moći.

Naša oblast interesovanja su informacije koje imaju visoku potencijalnu vrednost za nacionalnu bezbednost. U tom smislu, potencijal za *informaciona moć imaju oni koji stvaraju, kontrolišu i imaju pristup informacijama od značaja za nacionalnu i međunarodnu bezbednost i na taj način imaju prednost u međunarodnoj politici*[15].

Međutim, pre potpunog definisanja pojma moći u informacionoj sferi treba imati u vidu ranije iznete definicije u kojima se ističe da je „moć sposobnost pojedinca, grupe ili države da nametne svoju volju drugome, oslanjajući se pri tom na efikasnost sredstava sile u slučaju nepokoravanja.“ U današnjem svetu, sila se u većini slučajeva može upotrebiti samo u slučaju međunarodnog konsenzusa o njenoj primeni, a do izražaja dolazi „meka moć“, čije su osnovne dimenzije, pored stepena naučno-tehnološkog i ekonomskog razvoja, obrazovna i starosna struktura stanovništva, prevlast u znanju i posebno *informaciona superiornost, tj. informaciona moć*[16].

U vezi sa navedenim, Ruska Federacija je predvodnik velike grupe država koje smatraju da je informaciono ratovanje, oblik agresije na politički i društveni sistem napadnute države i da kao takvo podleže međunarodnoj regulaciji kao i oružani sukobi. Po ruskom shvatanju, informaciona bezbednost se sastoji od ljudskog, društvenog, duhovnog i tehničkog područja, pa se u međudržavnim odnosima, uključujući i sukobe, mora posmatrati sveukupnost informacionog delovanja, a ne samo izolovano tehnološko-tehnički aspekt (kiber ratovanje). U informacionom prostoru se mogu preduzeti tehnološki kiber napadi, ali se mogu širiti i dezinformacije i stvarati lažna slika u medijima izvrtaњem istine, dezorjentisanjem, uticajem na volju stanovništva i drugim oblicima manipulacije radi podrićvanja državnog, ekonomskog i društvenog sistema sa krajnjim ciljem

destabilizacije društva i vlasti. Rusija smatra da se svako namerno širenje informacije na Internetu od strane neke strane vlade sa ciljem podrićvanja ili rušenja vlade druge države mora u međunarodnim odnosima kvalifikovati kao agresija[17].

Sasvim suprotan stav pomenutom promovišu SAD i države okupljene oko NATO saveza koje negiraju pravo na svaki pokušaj uspostavljanja državne cenzure ideja i informacija na Internetu, obrazlažući to univerzalnim principom zaštite ljudskih prava i demokratije. Sa američkog stanovišta informaciono delovanje ne može biti oblik oružane agresije na neku državu u smislu u kome ga prepoznaje međunarodno pravo. SAD podrazumevaju da informacioni napad u smislu primene sile čini isključivo ofanzivna upotreba kiber oružja sa ciljem nanošenja štete (privremenim ili trajnim narušavanjem ili onesposobljavanjem funkcije) određenom cilju koji zavisi od informacija i informacionih sistema koji su direktan objekat napada, odnosno napad čija se priroda manifestuje kroz tehnički aspekt sajber ratovanja.

U situaciji kada u međunarodnoj zajednici nema slaganja u vezi sa pitanjem da li se informaciono medijsko dejstvo na protivnika smatra agresijom, navedeno ostavlja otvoren prostor za maksimalno korišćenje pogodnosti koje daje informacione operacije za ostvarenje nacionalne i međunarodne moći u informacionoj sferi.

Imajući u vidu i gore navedene definicije da moć predstavlja sposobnost da se utiče i konačno iznudi izvesno ponašanje druge države ili međunarodnog subjekata u željenom pravcu, može da se prihvati definicija da informaciona moć predstavlja: „*sposobnost pojedinca, organizacije, grupe, države, ili drugog subjekta bezbednosti da, koristeći informacije i informaciono-komunikacionu tehnologiju, utiče na informacije, informacione sisteme, pa samim tim i odluke drugog subjekta bezbednosti. Informaciona moć se ostvaruje primenom informacionih operacija.*“

Savremena informaciona moć u kontekstu nacionalne bezbednosti i kao mogući činilac nacionalne moći, zasnovana je na stepenu tehnološkog razvoja (tehnološka moć), odnosno na strateškoj informacionoj prednosti (informacionoj superiornosti) u odnosu na druge države koju subjekti bezbednosti dostižu pravovremenim i objektivnim obaveštajnim informacijama i podacima (informaciona moć u užem smislu) [18].

Preduslov za ostvarenje informacione moći je informaciona prednost, odnosno superiornost koja se u američkim vojnim doktrinarnim dokumentima definiše kao sposobnost prikupljanja, obrade i dostavljanja tačnih informacija pravim osobama, na pravo mesto i u pravo vreme, u razumljivom i upotrebljivom obliku, uz

istovremeno onemogućavanje neprijatelja da učini isto[19].

#### 4. ZAKLJUČAK

Masovna primena savremene informacione tehnologije i fenomen „obilja informacija“, pogoduje pomeranju težišta savremenih sukoba sa oružane na neoružane oblike, odnosno sa vojne na druge sfere i delatnosti kao što je informativna, što je materijalizovano u pojavi novih oblika sukoba kao što su „informacione operacije“. Zbog toga u „informacionom dobu“ informacije operacije postaju sve važnije kao aktivnost za ostvarenje nacionalne moći i nacionalne bezbednosti, odnosno postaju jedno od sredstava za odgovor bezbednosnim izazovima na međunarodnoj sceni. U tom smislu, nameće se potreba usklađivanja doktrinarnih dokumenata R. Srbije iz oblasti odbrane i nacionalne bezbednosti i unapređenje uloge organizacija koje učestvuju u izvođenju informacionih operacija u odbrani nacionalne bezbednosti.

#### LITERATURA

- [1]Vuletić D.: Šta je informaciono ratovanje, *Bezbednost*, broj 5, 2005, str. 491.
- [2]Sinkovski S.: „Informaciona bezbednost – komponenta nacionalne bezbednosti“, *Vojno delo*, 2/2005, str.49.
- [3]Thomas L. T., *Comparing US, Russian and Chinese Information operations concept*, Foreign Military studies office, Fort Leaverton, Cansas, 2004., [www.dodccrp.org/events/2004\\_CCRTS](http://www.dodccrp.org/events/2004_CCRTS).
- [4]Thomas L. T., „Russian Views on Information-based Warfare“, *Airpower Journal* (Special Edition 1996), pp.25-35, and Timothy L. Thomas, „The Russian Understanding of Information Operations and Information Warfare“ in Alberts, David S. and David S. Papp (eds), Volume III of *Information Age Anthology: The Information Age Military* (Washington DC: DoD, C4ISR Cooperative Research Program, 2001), pp.777-815.
- [5]Petrović, L.: „Informaciona sigurnost u savremenom svetu“, *Info M – Časopis za informacione tehnologije i*

*multimedijalne sisteme*, broj 24, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2007, str. 10–11.

[6]National Security Agency, „National Information Systems security Glossary“, NSTISSI No 4009, Fort Meade, MD spt 2000

[7]*Joint Vision 2020, United States Department of Defence*, Washington DC, 2000, [www.dtic.mil/jv2020/jv2020.doc](http://www.dtic.mil/jv2020/jv2020.doc)

[8]Mala politička enciklopedija, Savremena administracija, Beograd, 1966, str. 678).

[9]Mijalkovski M.: „Komplementarnost ljudske, nacionalne i kolektivne bezbednosti“, *Vojno delo* 2/2008, str.119.

[10]Veber, M.: *Privreda i društvo*, Prosveta, Beograd, 1976, str. 57-58.

[11]Josten R.J.: „Strategic Communication: Key Enabler for Elements of National Power“, *Infosfere*, Summer 2006, p.16.

[12]Mišćević T.: „Filozofija sveobuhvatnog pristupa bezbednosti“, *Novi vek*, 2013, str 17.

[13]Mijalković S., Đerić V.A., Bošković G.: „Korelacija informacione i nacionalne bezbednosti“, [itvestak.org.rs/ziteh\\_10/zbornik\\_radova](http://itvestak.org.rs/ziteh_10/zbornik_radova), str.5

[14]Isaković Z.: „Teritorija i stanovništvo kao elementi političke moći u međunarodnim odnosima“, *Međunarodni problemi*, Vol 58, MP 3, 2006, str 246.

[15]Mek Kvejl D.: *Stari kontinent - Novi mediji*, NOVA, Beograd, 1994, str. 5.

[16]Milašinić S., Bajagić M.: „Globalizacija i fragmentacija – vladajuće dinamike globalnog društva“, *Megatrend revija*, vol. 2 (2) 2005. str. 28,29.

[17]Mladenović M., Drakulić M., Jovanović D.: *Međunarodno pravo i sajber ratovanje*, *Vojno delo*, proleće 2012, str.17

[18]Mijalković S., Đerić V.A., Bošković G.: „Korelacija informacione i nacionalne bezbednosti“, [itvestak.org.rs/ziteh\\_10/zbornik\\_radova](http://itvestak.org.rs/ziteh_10/zbornik_radova), str.5

[19]FM 3 – 13, „Information Operations: Doctrine, Tactics, Techniques, and Procedures“, 2003.

# RAD SA TAJNIM PODACIMA U INFORMACIONO- TELEKOMUNIKACIONIM SISTEMIMA WORK WITH CLASSIFIED INFORMATION IN THE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Nenad Kovačević<sup>1</sup>, Slavica Rašković<sup>1</sup>, Sanja Dašić<sup>1</sup>  
Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka R Srbije<sup>1</sup>

***Sadržaj** - Zaštita tajnih podataka (TP) trebalo bi da bude u vrhu prioriteta u jednoj državi, budući da je reč o informacijama koje se neposredno odnose na nacionalnu bezbednost i zaštitu vitalnih interesa države. Iz tih razloga postupanje sa takvim podacima trebalo bi da bude regulisano na poseban način i oni ne bi trebalo da budu dostupni javnosti. Rad je namenjen licima i organizacijama koji rade sa TP, a njegov cilj je prezentacija sistema zaštite TP u R Srbiji, kroz prezentaciju pravne materije koja reguliše ovu oblast, sa težištem na ispunjavanju neophodnih uslova IKT sistema za rukovanje sa TP.*

***Abstract** – The protection of classified information (CI) should be the top priority of a country because it concerns information directly related to the national security and protection of the vital interests of the state. For these reasons, handling CI should be regulated in a special way and it should not be publicly available. This work is intended for individuals and organizations working with CI, and its goal is to present the system of CI protection in the Republic of Serbia, through outlining the legislation regulating this area, with an emphasis on fulfilling the necessary conditions for ICT systems handling CI.*

## 1. UVOD

**1.1. Bliža pojmovna određenja** – U cilju prevazilaženja eventualnih nejasnoća, koje bi se mogle javiti u daljem tekstu, smatramo da bi bilo svrsishodno da se na samom početku jasno preciziraju određeni pojmovi koji će biti tretirani u radu, a koji u našoj zemlji još uvek nisu dobili širu upotrebu, budući da je, u predstojećem periodu, neophodna harmonizacija domaćeg zakonodavstva sa evropskim standardima [1].

U tom smislu, težište je na pojmovnim određenjima za sledeće termine:

- Informaciono-telekomunikacioni (IKT) sistem podrazumeva svaki sistem koji omogućava rukovanje podacima u elektronskom obliku i obuhvata sve važne faktore potrebne za njegovo funkcionisanje, uključujući infrastrukturu, organizaciju, osoblje i informacione resurse.
- Informaciona bezbednost (INFOSEC) predstavlja primenu mera bezbednosti za zaštitu informacija koje se obrađuju, čuvaju ili prenose u komunikacionim, informacionim i drugim elektronskim sistemima, kako bi se sprečio slučajan ili nameran gubitak njihove

poverljivosti, integriteta ili raspoloživosti, kao i gubitak integriteta ili raspoloživosti samih sistema.

- Informaciona garancija (Information Assurance) je skup mera kojima se ostvaruje određeni stepen poverenja u zaštitu komunikacionih, informacionih i drugih elektronskih sistema, neelektronskih sistema i informacija koje se čuvaju, obrađuju ili prenose u ovim sistemima u pogledu njihove poverljivosti, integriteta, raspoloživosti, neporicljivosti i utvrđivanja verodostojnosti. podrazumeva poverenje da će IKT sistem adekvatno zaštititi podatke i da će biti obezbeđeno neprekidno funkcionisanje sistema, pod kontrolom ovlašćenih lica. Efikasna informaciona garancija zasniva se na procesu upravljanja rizikom.

- TEMPEST (Transient Electromagnetic Pulse Emanation Standard) je međunarodno prihvaćen termin za kompromitujuće elektromagnetno zračenje.

- Sajber odbrana (CYBER DEFENCE) obuhvata primenu mera bezbednosti preduzetih u cilju zaštite infrastrukturnih komponenti IKT sistema od sajber napada.

- Interna dokumentacija u odnosu na sistem zaštite obuhvata: upravljačku dokumentaciju, interne procedure, projektnu dokumentaciju, tehničku dokumentaciju i ostala dokumenta (materijal za obuku, dokumenta sa konferencija, stručne instrukcije).

- Eksterna dokumentacija, koju u odnosu na sistem zaštite nameće administrativni nivo organizacije obuhvata: politiku zaštite na nivou organizacije (ili program zaštite), ostale politike zaštite, industrijske standarde, uputstva za zaštitu i druga radna dokumenta (radne kontrolne liste, uzorci, katalozi kontrola zaštite, uzorci politika zaštite i dr.).

**1.2. Uvodne napomene** - Kada govorimo o zaštiti IKT sistema moramo razlikovati tipove podataka koji se u tim sistemima nalaze. U tom smislu pre svega se misli na polaznu hipotezu da nisu isti zahtevi za primenom mera zaštite IKT sistema ako se u njemu radi sa TP, od IKT sistema u kome se radi sa podacima bez stepena tajnosti.

Sistem zaštite TP sastoji se od sledećih komponenti: personalna bezbednost, fizička bezbednost, administrativna bezbednost, informaciona garancija (IG) i industrijska bezbednost. U ovom radu će biti razmatran segmenat informacione garancije kao i personalna i fizička bezbednost, ali samo u delu koji je bitan za razumevanje informacione garancije. Navedena oblast je prilično obimna i kompleksna da bi u potpunosti bila

obrađena u ovom radu što i nije cilj, već je u prezentaciji težište na upoznavanju korisnika IKT sistema, u kojima se obrađuju TP, sa zahtevima za zaštitu, kako bi IKT sistem mogao da bude akreditovan za rad sa TP.

Nacionalni organ za zaštitu TP u našoj državi je Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu TP (Kancelarija Saveta), koja predstavlja stručnu službu Vlade Republike Srbije. Kancelarija Saveta je nadležna za zaštitu stranih TP (Evropske unije, NATO, EUROPOL, ...), usaglašavanje bilateralnih sporazuma u oblasti razmene i zaštite TP, izdavanje bezbednosnih sertifikata za pristup nacionalnim i stranim tajnim podacima, kontrolu i stručni nadzor nad primenom Zakona o tajnosti podataka [2] i potpisanih međunarodnih sporazuma, kao i edukaciju kadrova organa javne vlasti po pitanju zaštite TP.

Ministarstvo pravde i državne uprave nadležno je i za „vođenje politike“ zaštite TP i inspekcijski nadzor nad primenom zakona.

## 2. PROPISI

Pravna regulativa na planu uređenja oblasti informacione bezbednosti [3] u R Srbiji još uvek nije zaokružena, ali su u toku aktivnosti državnih organa koje imaju za cilj donošenje propisa koji će biti harmonizovani sa normativom EU.

Trenutno od propisa koji uređuju oblast informacione bezbednosti, za rad sa TP, na snazi su Zakon o tajnosti podataka i Uredba o posebnim merama zaštite TP u IKT sistemima [4]. Navedeni propisi delimično uređuju oblast informacione bezbednosti, a nedostaju, kao najbitniji, Zakon o informacionoj bezbednosti i Uredba o kriptozastiti. U toku je izrada Zakona o informacionoj bezbednosti koji će propisati sve aspekte korišćenja IKT sistema u radu sa tajnim podacima, od podnošenja zahteva za akreditaciju IKT sistema, procesa sertifikacije, nadležnih tela, kontrole i nadzora, krivičnih odredbi i drugo.

Pored navedenog neophodno je propisati i nadležna nacionalna tela, minimalne zahteve koje moraju da ispune IKT sistemi, standarde, i dr.

Nacionalni zakoni o zaštiti podataka i informacija u IKT sistemima moraju obavezati rukovodioce (menadžersku strukturu), korisnike i administratore sistema na obaveznu edukaciju i obuku, adekvatnu odgovornost i ulogama u sistemu zaštite. Programi za razvoj svesti o potrebi zaštite, obuka i obrazovanje u zaštiti višestruko su korisni za organizaciju u celini i zahtevaju posebne metode i tehnike za implementaciju. Presudni su za uspeh programa zaštite u celini, jer ako zaposleni nisu propisno informisani o politici i procedurama zaštite, ne može se očekivati da rade efektivno na zaštiti informacija i objekata IKT sistema.

## 3. NADLEŽNA TELA I ODGOVORNA LICA

U skladu sa propisima EU koji regulišu oblast informacione bezbednosti svaka država treba da ustroji organe nadležne za:

- *bezbednosnu akreditaciju* (SAA);
- *informacionu garanciju* (IAA);
- *TEMPEST* (TA);
- *odobrenje kriptozastite* (CAA);
- *distribuciju kriptomaterijala* (CDA).

IAA je naročito značajan jer je odgovoran za izradu bezbednosne politike i smernica u vezi sa informacionom garancijom i nadgledanje njihove efikasnosti i primenjivosti, obezbeđivanje mera za zaštitu TP u skladu sa relevantnim politikama koje uređuju njihovu primenu, da su kriptografski proizvodi odabrani u skladu sa politikama koje uređuju njihovu primenu i izbor, kao i za koordinaciju obuke i podizanje svesti o važnosti informacione garancije, ...

Svaki organ koji implementira informacionu garanciju na svoj IKT sistem mora da odredi lice ili organizacionu jedinicu unutar svog organa, koji će biti *rukovodilac TP*. Pored rukovodilca TP potrebno je odrediti i lice koje će biti odgovorno za informacionu garanciju. Izbor ovog lica je vrlo osetljiv proces, jer ovo lice pored ispunjenosti kvalifikacija za posao zaštite IKT sistema mora da prođe i odgovarajuće bezbednosne provere.

Za unutrašnju kontrolu i nadzor, obaveza rukovodioca državnog organa je da sistematizuju radno mesto ili organizacionu jedinicu.

## 4. SISTEM ZAŠTITE TP - KLASIFIKOVANI IKT SISTEMI

**4.1. Personalna bezbednost** - Većina najvažnijih pitanja zaštite uključuje ljudski faktor: korisnike, projektante, specijaliste za implementaciju i menadžere zaštite. Širok spektar pitanja personalne zaštite odnosi se na interakciju ovih lica sa objektima IKT sistema, u procesu dobijanja pristupa i ovlašćenja koja su potrebna za obavljanje njihovih poslova.

Personalna bezbednost predstavlja primenu mera kojima se obezbeđuje pristup TP samo za lica koja zadovoljavaju princip „*potrebno da zna*“, imaju izvršenu bezbednosnu proveru odgovarajućeg nivoa i koja su detaljno informisana o svojim odgovornostima („izvršen briefing“). Personalna zaštita usko je u vezi sa servisom logičke kontrole pristupa (lica zadužena za administraciju i bezbednost IKT sistema moraju ispuniti posebne bezbednosne zahteve, u skladu sa osetljivošću prirode posla).

**4.2. Fizička bezbednost** - Jedan od prvih koraka kod implementacije sistema zaštite TP je određivanje stepena potrebnih mera fizičko-tehničke zaštite. Relevantni faktori za određivanje stepena potrebnih mera fizičko-tehničke zaštite su: stepen tajnosti podataka, priroda

dokumenta u kome je sadržan tajni podatak (štampani ili elektronski) i procena pretnje za bezbednost tajnog podatka. Na osnovu relevantnih faktora rukovodilac organa javne vlasti određuje: administrativnu zonu, bezbednosne zone, odgovarajuću bezbednosno-tehničku opremu, kao i mere obezbeđenja bezbednosnih zona.

Za rukovanje TP u IKT sistemu potrebno je obezbediti odgovarajuće kategorije bezbednosnih zona (BZ) za različite stepene TP:

- „INTERNO“ - BZ 2. kategorije
- „POVERLJIVO“ - BZ 1. ili 2. kategorije
- „SP“ i „DT“ - BZ 1. kategorije.

Sam koncept fizičko-tehničke zaštite bazira se na višeslojnom sistemu zaštite „odbrana po dubini“, i potrebno je primenjivati veći broj tehničkih i netehničkih mera bezbednosti, kao i standardne principe fizičke zaštite. Takođe, kada je reč o fizičkoj bezbednosti kod IKT sistema, treba imati u vidu sledeće: planiranje lokacija, smeštaj opreme, redovan nadzor i revizija zaštite, zaštita zaposlenih i korisnika, upravljanje vanrednim događajem, fizička zaštita TP i fizičkih objekata IKT sistema (procena rizika, plan zaštite lokacije, odgovornost za uspostavljanje odgovarajućeg okruženja-restruktivne zone), fizička zaštita računarske opreme konzistentna zaštiti „papirnih informacija“ i zaštita medija za skladištenje, koje zahtevaju posebne fizičko-tehničke mere zaštite jer fizička zaštita „tvrdih kopija i prenosnih medija“ nije direktno primenljiva za fizičku zaštitu IKT sistema.

Fizička bezbednost treba da se zasniva na standardima i principima dobre prakse fizičke zaštite značajnih objekata, koja obuhvata fizičko obezbeđenje i tehničku zaštitu: kontrolu pristupa, video nadzor, protivpožarnu i protivprovalnu zaštitu.

**4.3. Informaciona garancija** - Kada se ispune zahtevi personalne i fizičke bezbednosti pristupa se zaštititi IKT sistema. Prvi korak ka implementaciji zaštite IKT sistema je donošenje programa zaštite, a preduslov za to je poštovanje metodološke osnove, koju čine interna i eksterna dokumentacija zaštite.

Politika zaštite na najvišem nivou organizacije uspostavlja smernice za zaštitu, obezbeđuje resurse za implementaciju, a obuhvata najmanje sledeće strukturne komponente: namenu, obim, odgovornosti i usaglašenost. Program zaštite treba da sadrži izjavu kojom se obavezuju odgovorna lica na izradu svih internih dokumenata zaštite. Ovaj program treba da sadrži minimalno sledeći set dokumenata: Politika zaštite, Procedure zaštite, Plan zaštite i Uputstva za zaštitu.

Procedure za zaštitu moraju da budu razumljive, jednostavne i precizne (upoznavanje korisnika IKT sistema sa obavezama za identifikaciju i kontrolu pristupa, rukovanje i skladištenje TP, način na koji se izveštava o problemima neispravnostima i potencijalnim

bezbednosnim prodorima, upotreba prenosnih računarskih sredstava za rad van bezbednosnih zona, opšte bezbednosne obaveze korisnika, i dr.). Neophodno je obezbediti potpisivanje izjave o bezbednosnim procedurama i obavezama od strane svakog korisnika. Takođe, neophodno je dokumentovati formalizovane procedure, održavati ih ažurnim i koristiti ih kao pomoćnu dokumentaciju, kako se ne bi svaki put radila nova dokumentacija za dati proces.

Donošenje odluke o izboru strategijskog pristupa za razvoj programa zaštite nije jednostavna i to iz više razloga. Naime, zaštita informacija često se smatra nužnim zlom u većini organizacija, uprkos činjenici da ako postojeći sistem zaštite ne funkcioniše na zadovoljavajući način, postoji mogućnost da se zaštita zaobiđe i nanese nepredvidljiva šteta.

Tradicionalni pristup “odozgo na dole”, u reaktivnom sistemu zaštite, počinje sa definisanjem plana i politike zaštite, te njenim razvojem usaglašavanja, što je težak i vremenski zahtevan zadatak. U nekim organizacijama ovo se smatra intelektualnom vežbom bez velike praktične vrednosti.

Za sve organizacije bitno je da je sistem zaštite primenjiv i praktičan, da brzo i efektivno reaguje i efikasno odgovara na sve bezbednosne zahteve. Kratkoročna rešenja sistema zaštite ne obezbeđuju dugoročnu stabilnost procesa (i servisa) zaštite, jer njega može da obezbedi samo strateški pristup, koji po pravilu angažuje sve resurse organizacije uključujući maksimalnu podršku menadžerske strukture. S druge strane, strateške inicijative daju slabe rezultate u kratkoročnim periodima.

Upravljanje bezbednosnim rizikom je sastavni deo definisanja, razvoja, funkcionisanja i održavanja IKT sistema. Upravljanje rizikom (procena, postupanje, prihvatanje i obaveštavanje) je proces koji se ponavlja i sprovodi zajedno sa predstavnicima vlasnika sistema, projektnim organima, operativnim organima i organima za bezbednosno odobrenje uz korišćenje proverenog, transparentnog i potpuno razumljivog procesa procene rizika. Područje primene IKT sistema i njegovih sastavnih delova mora biti jasno definisano na samom početku procesa upravljanja rizikom. Nadležni organi vrše pregled mogućih pretnji za IKT sistem i sprovode ažurne i precizne procene pretnji koje sadrži trenutno radno okruženje. Neprekidno ažuriraju svoja saznanja o pitanjima osetljivosti i periodično pregledaju procene te osetljivosti da bi išli u korak sa promenljivim okruženjem informacionih tehnologija. Posebni zahtevi, obim i stepen detalja, koji je odredio nadležni organ za akreditaciju bezbednosti IKT sistema, moraju biti srazmerni procenjenom riziku, uzimajući u obzir sve važne činioce, uključujući stepen tajnosti TP sa kojima se rukuje u IKT sistema. Akreditacija obuhvata zvaničnu izjavu o preostalom riziku koje daje odgovorni organ i time prihvata preostali rizik.

Upravljanje rizikom u IKT sistemima, u suštini, obuhvata sveukupan proces uspostavljanja i održavanja sistema

zaštite IKT objekata. Analiza rizika, ključna komponenta upravljanja rizikom, je način na koji se rizik identifikuje i procenjuje, da bi se opravdali troškovi sistema zaštite. Cilj analize rizika je da se obezbedi rentabilan i adekvatan sistem IKT zaštite, koji odgovara realnim pretnjama. U praksi zaštite termin upravljanje rizikom često se koristi jedinstveno i obuhvata upravljanje i analizu rizika. Održavanje stanja bezbednosti IKT sistema na prihvatljivom nivou rizika, podrazumeva neprekidno praćenje i što preciznije identifikovanje potencijalnih pretnji i faktora rizika od kojih treba štititi objekte IKT sistema. Faktori rizika određuju se u procesu analize rizika i definišu od čega se informacije i IKT sistemi moraju štititi.

Često dolazi do zabune i mešanja termina „akreditacija“ i „sertifikacija“. Sertifikacija je proces koji obuhvata procenu tehničkih i netehničkih kontrola zaštite IKT sistema i obezbeđuje neophodne informacije da ovlašćeni organ donese valjanu odluku, zasnovanu na proceni rizika, za puštanje sistema u rad. Složenost sistema je glavni problem u procesu sertifikacije, jer što je sistem kompleksniji to je teže temeljno pregledati i evaluirati sve njegove komponente zaštite. Kod zaštite IKT sistema naročito je bitna pri implementaciji mera kriptozastite i TEMPEST zaštite.

Akreditacija je autorizacija ili odobrenje IKT sistema za rad, a sprovodi je nedležno nacionalno telo SAA, kroz kvalitativnu kontrolu rada upravljačkih, operativnih i tehničkih kontrola zaštite.

Plan zaštite je osnovni dokument koji se zahteva na uvid u procesu akreditacije, a potrebno je izvršiti i procenu rizika i evaluaciju sistema zaštite, ili sertifikaciju koja obezbeđuje informacije potrebne telu za izdavanje formalne izjave - akreditacije da je odobreno puštanje nekog IKT sistema u rad, na prihvatljivom nivou rizika. Ova odluka se zasniva na implementaciji planiranog skupa upravljačkih, operativnih i tehničkih kontrola zaštite. Akreditacijom sistema, nadležni organ potvrđuje da prihvata rizik pridružen tom sistemu. Formalizacija postupka akreditacije smanjuje mogućnost da sistem bude pušten u rad, bez odgovarajuće kontrole nadležnog tela. Posle značajnih promena u sistemu, okruženju ili tehnologijama zaštite, treba ponovo izvršiti akreditaciju, najmanje svake treće godine, a češće ako je u pitanju povećan rizik i veća mogućnost nastanka štete.

Podrazumeva se da je potrebno obezbediti zaštitu TP tokom životnog ciklusa IKT sistema [5]. Ostvarivanje zaštite je zahtev koji postoji tokom celog životnog ciklusa IKT sistema, od njegovog puštanja u rad do prestanka rada. Uloga i međudelovanje svih učesnika/činioca, uključenih u IKT sistem po pitanju zaštite, utvrđuje se za svaku fazu životnog ciklusa IKT sistema. Svaki IKT sistem, uključujući tehničke i netehničke mere zaštite, podleže bezbednosnom testiranju tokom procesa akreditacije da bi se ostvario zadovoljavajući nivo bezbednosti i proverilo da li je pravilno primenjen, integrisan i konfigurisan.

Bezbednosne procene, inspekcije i pregledi vrše se periodično tokom rada i održavanja IKT sistema i u slučaju nastupanja vanrednih okolnosti. Bezbednosna dokumentacija za IKT sisteme menja se tokom životnog ciklusa IKT sistema kao sastavni deo procesa upravljanja promenama i konfiguracijom.

Organizacija mora da uspostavi, implementira, primenjuje, prati, preispituje, održava i poboljšava akreditovani IKT sistem u kontekstu zaštite TP.

Nadležni organi/tela moraju da preispituju sistem zaštite IKT sistema organizacije u planiranim intervalima (najmanje jedanput godišnje) da bi se obezbedila njegova stalna pogodnost, adekvatnost i efektivnost. To preispitivanje mora da obuhvati procenjene mogućnosti za poboljšavanje i potrebu za promenama sistema zaštite, uključujući politiku bezbednosti informacija i ciljeve bezbednosti informacija.

Glavni cilj svakog programa zaštite je da obezbedi efikasno upravljanje rizikom koji prati svaku tehnologiju pa i IKT. Upravljanje rizikom uključuje upravljanje sa povredama privatnosti, incidentima u sistemu zaštite, neovlašćenim aktivnostima, malicioznim napadima itd. Program zaštite treba da bude osnov na kojem se vode poslovi organizacije i mora biti u celini implementiran. Odnosno, rizik nije moguće redukovati ako se plan zaštite ne implementira. Program zaštite moraju realizovati zaposleni u organizaciji, a odgovornost za to imaju svi rukovodeći organi na svim nivoima u organizaciji.

Rukovodilac organizacije mora imenovati odgovarajuća lica za koordinaciju i nadgledanje procesa realizacije programa zaštite. Ova lica moraju biti sposobna da identifikuju interne i eksterne faktore rizika za poverljivost, integritet i raspoloživost podataka i informacija, uključujući i rizik od nedovoljne i nekvalitetne obuke u oblastima: upravljanja zaštitom; bezbednog procesiranja, skladištenja, prenosa, ili odlaganja ličnih informacija u IKT sistemu; upravljanja računarskim incidentom; godišnjeg izveštavanja o reviziji programa sa preporukom za poboljšavanje.

*4.3.1. Tehničke mere zaštite* - Postoji veliki broj tehničkih mera koje je potrebno primeniti kod realizacije zaštite IKT sistema, ali s obzirom da rad informativno obrađuje predmet zaštite u IKT sistemima biće navedene i kratko opisane samo neke od obavezujućih mera.

Upravljanje konfiguracijom je dobra inženjerska praksa koja obezbeđuje garanciju da sistem u operativnoj praksi funkcioniše onako kako treba. Namena procesa upravljanja konfiguracijom je da obezbedi da se neizbežne promene u sistemu odvijaju na poznat i kontrolisan način i da ne utiču negativno na bilo koju funkciju sistema ili implementaciju politika zaštite.

Proces upravljanja konfiguracijom zasniva se na četiri osnovna principa:

1. **identifikacija** - neautorizovanog hardvera ili softvera
2. **kontrola promena konfiguracije** - podešavanje parametara dozvoljeno je samo administratorima sistema i zaštite
3. **evidencija** (registrovanje) stanja konfiguracije i
4. **revizija** (auditing) procesa upravljanja konfiguracijom.

Autentifikacija i autorizacija je potrebna zbog obezbeđenja kontrole pristupa, odgovornosti i kontrole, registrovanja pretnji (neovlašćen pristup podacima sa podacima autorizovanog korisnika i ilegalni pristup podacima od strane neovlašćenog korisnika pomoću podataka ovlašćenog korisnika). Svojstva za autentifikaciju mogu biti: znanje (šta korisnik zna, npr. pristupnu šifru), posedovanje (šta korisnik ima, npr. smart karticu), karakteristika (šta je korisnik, npr. biometrija).

Kontrola pristupa treba da obezbedi pristup tajnim podacima po principu „potrebno da zna“, na način da: omogući pristup samo onim podacima koji su korisniku potrebni za izvršenje zadatka, implementirati pristupne privilegije (odobranje/onemogućavanje čitanja, pisanja, izmene i brisanja podataka), obezbediti automatsko zaključavanje radne stanice posle određenog vremenskog perioda nekorišćenja računara (aktivirati screensaver sa potrebom šifre za nastavak rada), aktivirati banere upozorenja pri logovanju (upozorenje da je dozvoljen rad na sistemu samo autorizovanim korisnicima i da sistem identifikuje neovlašćene aktivnosti), i dr. Prilikom kontrola potrebno je pratiti: vreme i datum događaja, vrsta događaja, identitet korisnika (podizanje i gašenje sistema, logovanje i izlogovanje korisnika, promena privilegija i dozvola za korisnike, promena sistemskih parametara koji se odnose na bezbednosne servise, svaki pristup tajnim podacima, neuspešni pokušaji pristupa podacima i resursima sistema, ...), kao i mogućnost analize i revizije aktivnosti sistema i kontroli podataka (kontrola mogućih ili otkrivenih bezbednosnih propusta).

Zaštita od malicioznog softvera obuhvata, u najširem smislu, prevenciju i zaštitu od malicioznog softvera. Neke od mera za zaštitu od malicioznog softvera su: upotreba softvera za detekciju virusa/malicioznog softvera na svim serverima, radnim stanicama, kao i na svim prenosnim računarskim sredstvima; podešavanje automatskog skeniranja prenosnih medija prilikom konekcije na računar; obavezno periodično ažuriranje antivirus baze; i dr.

Primena mera kriptozastite obuhvata definisanje i primenu kriptografskih uređaja i mehanizma koji obezbeđuju poverljivost TP i koji su odobreni od strane nadležnog tela, kao i zaštitu TP sa adekvatnim nivoom zaštite u skladu sa stepenom tajnosti.

TEMPEST [6] zaštita je obavezna komponenta zaštite IKT sistema [6] koji su namenjeni za rukovanje tajnim podacima stepena tajnosti „POVERLJIVO“ i više.

4.3.2. Povezivanje na druge mreže - Povezivanje na druge mreže podrazumeva neophodnost realizovanja zaštite u skladu sa: bezbednosnom akreditacijom i dokumentacijom, bezbednosnom procenom rizika, metodama povezivanja, realizovanim mehanizmima zaštite, proverama bezbednosti i inspekcijama.

4.3.3. Kontinuitet poslovanja - Osnovna ideja kontinuiteta poslovanja je zaštita informacija u slučaju neke veće i neočekivane nezgode, kao i obezbeđenje konstantne dostupnosti informacija.

Dobro je poznato da su IKT sistemi podložni širokom opsegu napada i zloupotreba - od korupcije baza do virusa i razornog uticaja prirodnih katastrofa. Neke od ovih zloupotreba mogu se definisati kroz standardne IKT operativne procedure (npr. greškom izbrisana datoteka restauracijom iz rezervne kopije). Drugi štetni događaji - računarski incidenti, nastaju zbog namernih malicioznih tehničkih aktivnosti iznutra (nezadovoljni zaposleni), spolja (hakera, krakera, vandala), mogu imati nepredvidljive posledice i potrebno ih je kontrolisati.

Planiranje vanrednih događaja uključuje više od samog planiranja evakuacije izvan zone u kojoj je uništen IKT centar organizacije ili drugi kapaciteti IKT sistema organizacije. Plan obuhvata i kako neka organizacija održava kritične IKT funkcije u operativnom stanju u slučaju većih i manjih prekida i nastavlja poslovanje u vanrednim okolnostima.

U većini kriznih situacija za tipične IKT sisteme, potrebno je uspostaviti lanac upravljanja i obezbediti svest rukovodstva o potrebi izgradnje kapaciteta organizacije za efikasno reagovanje. Ovo je bitno i zbog mogućnosti da zaduženi pojedinci ne budu na raspolaganju u datom trenutku, ili ne bude moguće preduzeti neophodne akcije u ograničenom periodu vremena. U kategoriju vanrednih događaja u IKT sistemu mogu se svrstati: sve prirodne katastrofe i nesreće, požari, poplave, nestanak električnog napajanja, štrajkovi i odsustvo zaposlenih sa posla, kvarovi sistema za grejanje/hlađenje, opšti kvarovi opreme i dr. Ovi su događaji stohastički po svojoj prirodi i štetne posledice njihovog uticaja mogu se smanjiti samo planiranjem i uvežbavanjem scenarija vanrednih događaja i oporavka sistema.

Za uspostavljanje kapaciteta organizacije za upravljanje vanrednim događajem treba definisati i implementirati proces planiranja vanrednih događaja, uključujući postavljanje što realnijih scenarija i uvežbavanje svih delova organizacije i IKT sistema.

**4.4. Obuka** - Korisnici se smatraju najslabijom komponentom sistema IKT zaštite, koja se može ojačati sa razvojem svesti o potrebi zaštite, obukom i razvojem veština i izgradnjom potrebnih znanja za razvoj, projektovanje, implementaciju i operativno održavanje sistema zaštite. Realizaciju ove komponente zaštite obezbeđuje program od tri gradivna bloka, za: razvoj i

podizanje svesti o potrebi zaštite, obuku za sticanje veština i edukaciju u oblasti zaštite.

Da bi program zaštite bio efikasan, politika i procedure zaštite moraju biti prenete i dobro objašnjene svim zaposlenima. Od zaposlenih se ne može očekivati da budu odgovorni, ako nikada nisu upoznati sa politikom zaštite i postali svesni šta se od njih očekuje. Bitno je shvatiti da je sajber bezbednost problem ljudi i procesa, u kojem tehnologija igra malu ulogu (ljudske greške zbog nedostatka znanja, obuke i pogrešnog sprovođenja procedura zaštite, uzrokuju 80% proboja sistema zaštite). Obuka u oblasti zaštite treba da obuhvati najmanje sledeće kategorije:

- **Svi zaposleni** moraju izgraditi svest o potrebi zaštite, kroz adekvatnu formu obuke, gde treba predstaviti osnovne koncepte zaštite poverljivosti, integriteta i raspoloživosti informacija, aplikacija i servisa. Svest o potrebi i obuka o etičkim principima bitna je za kreiranje bezbednosne kulture.

- **Tehničko osoblje** zahteva obuku o korišćenju i održavanju opreme i softvera koje koriste u izvršavanju svojih radnih obaveza.

- **Sistem administratori** zahtevaju specijalizovanu obuku za reagovanje i rukovanje sa računarskim incidentom, izbegavanje incidenta, analizu događaja, redukciju ranjivosti sistema, oporavak sistema i nastavak poslovanja. Tehnologija ne može sama rešiti problem računarskog incidenta. Taj proces zahteva eksperte u oblasti IKT sistema, zvanične policijske organe istrage i specijalizovanu tehnologiju za digitalnu forenzičku istragu, akviziciju i analizu.

Edukacija i svest o zaštiti TP podrazumeva: inicijalno upoznavanje sa obavezama po pitanju zaštite IKT sistema sa težištem na bezbednosnim radnim procedurama, periodično obnavljanje obaveza, kao i praćenje novosti na polju zaštite IKT sistema putem interneta, brošura, literature, ...

## 5. ZAKLJUČAK

Dosadašnja praksa u postupanju sa TP, uključujući i njihovu eksploataciju kroz IKT sisteme pokazala je niz problema. U tom smislu, iako postoji potreba za podizanje bezbednosnih kapaciteta za rad sa TP, još uvek smetnju predstavljaju nepoznavanje Zakona o tajnosti podataka, kašnjenje u zakonodavnim aktivnostima, nepostojanje nadležnih organa za IG, sistematizacija posebnih radnih mesta, nedostatak kompetentnih kadrova, strah od novih saznanja, budžetske restrikcije, i dr.

Samo korisnici svesni svoje odgovornosti u zaštiti i obučeni za korektnu praksu, mogu menjati svoje ponašanje i povećati individualno prihvaćenu kontrolisanu odgovornost (accountability), koja je najznačajnija za poboljšanje sistema zaštite. Promena stava korisnika prvi je korak u promeni ponašanja. Tek sa poznavanjem potrebe zaštite, neophodnih mera zaštite

i kako ih koristiti, korisnici mogu istinski prihvatiti odgovornosti za svoje akcije i sprovesti obaveze/procedure propisane politikom zaštite.

## 6. LITERATURA

[1] COUNCIL DECISION of 23 September 2013 on the security rules for protecting EU classified information (2013/488/EU)

[2] Službeni glasnik R Srbije br. 104/2009

[3] mr Goran Matić, Zakon o tajnosti podataka (prikaz pojedinih novih instituta), Sistem zaštite tajnih podataka, Zbornik radova, Misija OEBS u Srbiji i Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka, 2012.

[4] Službeni glasnik R Srbije br. 53/2011

[5] Sistem zaštite tajnih podataka u BiH, Sistem zaštite tajnih podataka, Zbornik radova, Misija OEBS u Srbiji i Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka, 2012.

[6] Zaštita tajnih podataka u R Sloveniji, Sistem zaštite tajnih podataka, Zbornik radova, Misija OEBS u Srbiji i Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka, 2012.



# POSMATRANJE ŽRTVE – PRVI KORAK U NAPADU NA INFORMACIONO-KOMUNIKACIONE SISTEME FOOTPRINTING – FIRST STEP IN HACKING INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS

Mladen B. Trikoš<sup>1</sup>, Dejan M. Savić<sup>2</sup>

*Vojna akademija, Beograd<sup>1</sup>*

*Ministarstvo odbrane Republike Srbije<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – *Praktična potreba globalne povezanosti pored neospornih prednosti dovodi do pojave znatnih bezbednosnih rizika. S obzirom da je dostupnost informacija posredstvom globalne mreže u ekspanziji kao i činjenicu da je informacija najskuplja roba, moramo biti veoma obazrivi koje informacije dostavljamo javnosti a koje ne. Ovaj rad predstavlja praktičan prikaz prvog koraka eventualnog napada na informaciono-komunikacioni sistem jedne visokoškolske ustanove, sa ciljem da skrene pažnju administratorima na mere za povećanje bezbednosti i održavanja IKS koje treba svesti na prihvatljiv nivo rizika.*

**Abstract** - *Practical needs for global connectivity beside undeniable benefits leads to the occurrence of significant safety risks. Bearing in mind that the availability of information through global network is in expansion and that information is the most expensive commodity, we must be aware what information can be deliver to the public and what don't. This paper presents a practical overview of the first steps of an potential attack on information and communication systems of one higher education institution, in order to draw the attention of administrators on measures that must be done to increase the security and maintenance of the ICS to be reduced to an acceptable level of risk.*

## 1. UVOD

U teoriji a i praktično prepoznato je da informaciono-komunikacioni sistem (IKS) napadaju više vrsta napadača[1], od skript-klinaca do pravih hakera. Skript-klinici koriste automatizovane alate koje pronadu na mreži, oni uglavnom poseduju skromno znanje i veštine, veoma su znatiželjni, brzopleti i lako uhvatljivi. Na drugu stranu, hakeri spadaju u veoma obrazovanu i veštu grupaciju. Uglavnom namenski razvijaju sopstvene alate i metode za ciljane napade, a obzirom da vode računa o prikrivanju tragova teško su uhvatljivi i neretko sponzorisani za to što rade.

Napadače, shodno motivima možemo da svrstamo u prave hakere i krekerke (*cracker*). Hakeri su znatiželjne i nadarene osobe koje su sposobne da sa računarima urade nešto za što oni nisu u startu osmišljeni i njihovi motivi su vođeni dobronamernom znatiželjom, odnosno oni su dobri. Krekeri su maliciozni napadači na IKS vođeni željom za ostvarivnje ličnih ili čak i viših interesa (haktivizam) i oni su loši [2].

Razumevanje osnovnih principa koji napadači koriste da osvoje neki sistem neosporno olakšava preduzimanje odgovarajućih mera zaštite.

Napadači pre praktičnog napada čine dva koraka kojima nastoje da sakupe što veću količinu potrebnih informacija koje bi im omogućile neopažen pristup sistemu, footprinting odnosno izviđanje, i enumeraciju i skeniranje. Kada pristupe sistemu, nastoje da ostvare što veće privilegije, kako bi omogućili potpun pristup svim resursima, realizovali svoje motive i bezbedno napustili IKS.

Veoma bitan korak jeste i prikrivanje tragova koje su ostavili u toku prisustva u sistemu što ih čini praktično neuhvatljivim i neprimetnim. Neretko napadači u IKS ostavljaju vešto maskirane maliciozne programe kojima ostvaruju nadgledanje i kontrolisanje IKS ili mogućnost za olakšani ponovni ulazak. Ovaj korak se naziva održavanje pristupa.

U realizaciji napada prvi korak koji se preduzima jeste footprinting. Ukoliko se želi izvesti uspešan napad neophodno je doći do što većeg broja informacija kako bi se napravio otisak žrtve koji će diktirati dalji tok napada. Veoma bitan momenat kod footprinting-a jeste potpuna pasivnost. Footprinting se izvodi tako da ne postoji mogućnost da meta ili treća strana zadužena za njenu bezbednost dobije ikakvu spoznaju o početku interesovanja za nju. To sužava upotrebu alata na sistemske alate za pretragu name servera, alate za pretragu javnih baza podataka i alate za pretragu Interneta. Ovde se može upotrebiti i socijalni inženjering ali krajnje resrtiktivno obzirom da u ovom koraku ne postoje nikakva saznanja o meti.

Ovaj rad ima za cilj da skrene pažnju na primere propusta viđenih u praksi i na taj način doprinese smanjenju grešaka lica koja bitno utiču na funkcionisanje a samim tim i bezbednost sistema, pre svega IT administratora.

## 2. FOOTPRINTING

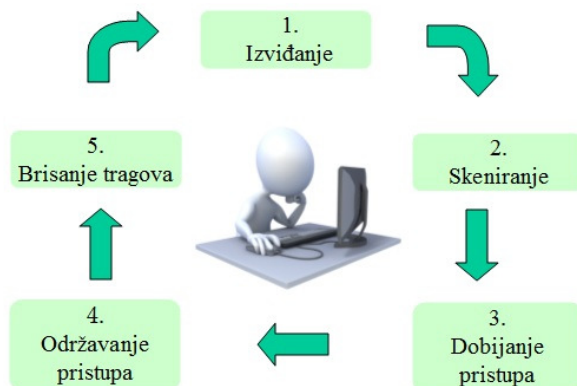
Footprinting se može nazvati i posmatranje žrtve. Kao i kod svakog drugog napada tako i kod napada na IKS, pre praktične realizacije neophodno je sakupiti određene informacije o meti u što većoj količini. To u slučaju IKS predstavlja opseg korišćenih IP adresa, imena aktivnih domena, aktivne mrežne servise, aktivne TCP i UDP portove, vrste operativnog sistema u upotrebi, aktivne korisnike na sistemu, vrste mrežne opreme i način njenog

administriranja. Napadači pri sakupljanju informacija najčešće polaze od potpuno pasivnog istraživanja resursa dostupnih na Internetu. Za početak to je web stranica mete i njen trenutni i istorijski sadržaj kao i svi ostali javno dostupni podaci o meti. Podaci koji sadrže informacije o adresama, telefonskim brojevima, imenima i elektronskim adresama i telefonima zaposlenih, pravilima za zaštitu privatnosti i bezbednosti, vezama ka drugim serverima i mrežama, oglasi kojima se vrši nabavka IT opreme i usluga, zapošljavanje u IT sektoru mete, biografije zaposlenih u IT sektoru su vrednosti na osnovu kojih napadač zaključuje o kom sistemu zaštite se radi, kakva je bezbednosna praksa i praksa u održavanju i razvoju IKS koja se primenjuje, koje su potencijalne žrtve za eventualni socijalni inženjering, koliko je vešto IT osoblje kao i koje tehnologije primenjuju.

Ova faza se sprovodi po unapred definisanom algoritmu namenski razrađenim za metu i predstavlja dugotrajan proces. U toku footprinting-a napadač dolazi do podataka o registrovanim domenima, njihovoj fizičkoj lokaciji, IP adresama, podataka o provajderima, načinu spajanja sa Internetom i slično. Od alata u ovoj fazi napadač najčešće koristi sistemske alate za pravljenje upita na name servere kao što je nslookup [3] (saznaje aktuelne IP adrese IKS), whois (saznaje aktivne domene), traceroute [4] (utvrđuje topologiju i potencijalne puteve pristupanja meti), pretragu po Internetu sa ciljem pronalaženja relevantnih podataka neophodnih za planiranje napada [5].

### 3. PRAKTIČNI PRIMER

Polazeći od pretpostavke da IT osoblje nema dovoljno izgrađenu svest o bezbednosti IKS, a u cilju dokazivanja te pretpostavke pokušano je prikupiti što je moguće više informacija o IKS jedne visokoškolske ustanove. Izvršen je prvi korak napada odnosno napravljen je „otisak žrtve“ koji bi potencijalnim napadačima dao polaznu osnovu za dalje delovanje (Slika 1).



Slika 1. Koraci napada na IKS

Praktično se polazi od whois [6] istraživanja o domenu mete, institutionname.ac.rs. Primarni name server za .ac.rs

domen jeste server Akademske mreže i on je za upit o institutionname.ac.rs dao odgovor o name serveru ac.rs domena. Veoma lepo je zamaskirna meta tako da napadač ovde ništa nemože dobiti.

Drugi alat, nslookup, je dao IP adresu institutionname.ac.rs. U našem slučaju ona je 192.185.x.x. Pošto je domen ac.rs na mreži 147.91.x.x, zaključak je da posmatrana institucija ne koristi resurse Akademske mreže već da ih samostalno hostuje.

Whois upit o IP adresi 192.185.x.x govori da je to IP adresa HGBLOCK-10 mreže kao i to da je njen vlasnik websitewelcome.com kompanija iz Houston-a, Teksas. Ovo je očigledno IP preprodavac i on zasigurno nije voljan da pruži bilo kakve informacije o svom klijentu.

Međutim, whois upit o imenu institucije je dao podatak da ona poseduje 13 domena. Reverznom IP Lookup-om se dolazi do podatka da IP adresa 192.185.x.x hostuje 3 domena, institutionname.ac.rs, institutionname.edu.rs i institutionname.rs. Sa ovom spoznajom napadač može da pretpostavi da je IP adresa 192.185.x.x pristupna tačka institucije i da je to interfejs mrežnog uređaja ili proksija.

Nadalje, whois upit o domenu institutionname.rs daje drugu IP adresu, 217.26.x.x, koja pripada EUNETu i koja treba da se skenira.

Dalje tragajući pomoću Internet pretraživača za email nalozima institutionname.ac.rs dolazi se do obrasca koji se primenjuje za dodeljivanje imena email naloga. Takođe, pokazuje se da email nalozima imaju čak i generičku lozinku za prvo prijavljivanje na sistem. Institucija je implementirala Microsoft Exchange Server sa SkyDrive i SharedView i javno dala detaljne informacije u korisničkom uputstvu za korišćenje studentskog portala kao i email naloga. Obrazac koji se koristi za generisanje email naloga je ime.prezime.godinaUpisa@institutionname.rs.

Obzirom da je email nalog vezan za domen koji hostuje EUNET može se pretpostaviti da EUNET pruža cloud uslugu posmatranoj instituciji.



Slika 2. WiFi oprema institucije

Daljom pretragom institutionname.ac.rs za wireless pristupnim tačkama u kampusu institucije dovodi do pdf dokumenta sa detaljnim popisom resursa koje jedan od departmana posmatrane institucije koristi. U njemu se nalazi detaljan spisak hardvera i softvera koji je u upotrebi: Windows 7 i Office 2010 kod klijenata,

ProLiant ML110 serveri, MACOLA InfinibandRaid POPX1 8TB i Netgear Storage Central SC101 u data centru, wireless AP Linksys WAP54G, Tenda W311R+ i TP-Link WR542G za WiFi pristupne tačke u kampusu (Slika 2). Takođe, institucija koristi 16/2 MB link prema Beotelu.

U pronađenom pdf dokumentu takođe su detaljno pobrojani telefonski i email kontakti celokupnog osoblja institucije što predstavlja polaznu tačku za eventualni socijalni inženjering. Za osoblje departmenta se koristi sledeći obrazac ime.prezime@institutindepartment.edu.rs. Takođe dokument dovodi do sledećeg domena institucije, institutindepartment.edu.rs, i sledeće IP adrese 217.26.x.x koja je u vlasništvu Net++ technology provajdera.

Sudeći po popisu hardvera i softvera u pomenutoj listi u instituciji se nalazi posebna unutrašnja računarska mreža koja je moguće povezana na Internet adrese 77.105.x.x koja pripada Orion Telekom servis provajderu.

Pretragom na Internetu za login ili password stranama na domenu institutionname.ac.rs dovodi do sistema za učenje na daljinu (DLS), dls.institutionname.ac.rs, i nove IP adrese.

DLS platforma ima određena pravila za kreiranje lozinke. Lozinke moraju imati jedno veliko slovo, jedan broj i jedan poseban karakter što omogućava olakšano pravljenje liste potencijalnih lozinki. Shodno upustu pronađenom na sajtu DLS-a korisnička imena nemaju obrazac.

Izvorni kod stranica DLS platforme ukazuje na to da institucija koristi Moodle [7] platformu. Takođe i svi ostali domeni izuzev e-maila su shodno izvornom kodu izrađeni u php-u, na šta ukazuje i sadržaj robots.txt fajlova pronađenih na domenima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu evidentno postojanje nedovoljno razvijene svesti menadžmenta, administratora ili možda nedovoljno obučenosti po pitanju bezbednosti IKS izvršen je prvi korak napada odnosno napravljen je otisak žrtve jedne visokoškolske ustanove. Ovo je urađeno sa ciljem povećanja svesti i uočavanja nedostataka bezbednosti.

Na osnovu dobijenih rezultata dolazi se do zaključka da posmatrana institucija ima decentralizovanu organizaciju IT resursa i nedovoljno izgrađenu svet o bezbednosti informacija kod IT menadžera.

Svaki odsek posmatrane institucije verovatno ima sopstvenu IT infrastrukturu i primenjene mere bezbednosti u skladu sa znanjima IT administratora svakog odseka posebno, što potvrđuje činjenica da posmatrana institucija koristi više provajdera, različite opsege IP adresa i različite tehnologije.

Objavlivanje podataka o konkretnim uređajima i primenjenim tehnologijama u kojima su implementirani pojedini servisi predstavlja kritičan oblik bezbednosnog propusta. Ono omogućava zasiguran pokušaj napada koji koriste poznate i već isprobane slabosti, moguće korišćenje zero day propusta kojih ni sami proizvođači softvera nisu svesni i u znatome olakšava napadaču fokusirajući ga na poznatu mu tehnologiju.

Postojanje obrazaca za bilo koje naloge kao i generičke lozinke za iste predstavlja znatan bezbednosni rizik i daje sliku o neiskustvu IT administratora koji je automatizacijom stvorio eventualni bezbednosni rizik.

Ovaj rad ima za cilj da naglasi značaj centralizovanog menadžmenta i stalne i kvalitetne obuke i nadzora IT osoblja zaduženog za bezbednost IKS.

Bezbednost sistema je u toliko bolja u koliko je svest pojedinca i stepen obučenosti podignut na veći nivo. Time se dobija jača i homogenija sredina koja je otporna na svakodnevne pretnje koje ugrožavaju funkcionalnu sposobnost sistema [8].

#### LITERATURA

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hacker\\_\(computer\\_security\)#cite\\_note-GISEC-17](http://en.wikipedia.org/wiki/Hacker_(computer_security)#cite_note-GISEC-17)
- [2] <http://www.eccouncil.org/>
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Nslookup>
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Traceroute>
- [5] Stuart McClure, Joel Scambray, George Kurtz; Hakerske tajne-prevod trećeg izdanja.
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Whois>
- [7] <https://moodle.org/>
- [8] Slaviša Ilić, Milan Dulanović, "Umanjenje uticaja ljudskog faktora na bezbednost u IT-u", Zbornik radova, YUINFO, Kopaonik, 2012.

## BEZBEDNOST U WIFI MREŽAMA WIFI NETWORK SECURITY

Radivoje Laković, Vladimir Dobrosavljević, Dragan Polimac  
Centar za KISIP, Vojska Srbije - Ministarstvo Odbrane, Beograd

**Sadržaj** – *Bežično umrežavanje (Wifi) predstavlja bezbednosni izazov prethodnih godina. Ovaj rad nam predstavlja kako se IEEE 802.1X standardi za kontrolisanim pristupom mreži primenjuju i omogućavaju nam bezbednosno rešenje na koje se možemo osloniti. U radu je predstavljen pregled 802.1X standard, mehanizam iznad same tehnologije i pregled 802.1X arhitekture. Detaljno su objašnjene prednosti korišćenja 802.1X u bežičnim mrežama.*

**Abstract** – *Wireless networking (Wifi) has presented a important security issue and challenge over the past few years. This paper looks at the fundamentals on how the IEEE 802.1X network access control standard applies and provide an inherently secure solution to wireless networks. It provides an overview of 802.1X, the history behind the technology, and an overview of the 802.1X architecture. It concludes with an explanation of the advantages of using 802.1X in wireless networks.*

### 1. UVOD

Većina 802.11 bežičnih mrežnih pristupnih tačaka i svičeva formira IEEE 802.1X okruženje. Postoje razni termini koji se poistovećuju 802.1X i predstavljaju „sigurnosni protokol“, „sigurnosni aspekt“, „sigurnosni standard“, „metoda autentifikacije“, „protokol autentifikacije korisnika“, „povećanje sigurnosti“, „sigurnije okruženje“. Ovi termini nam često ne prikazuju jasnu sliku kako se 802.1X uklapa u bezbednost na samoj mreži. 802.1X standard, kada se iskoristi na pravi način, obezbeđuje visok nivo mrežne sigurnosti u bežičnim mrežama.

### 2. PREGLED 802.1X

802.1X standard, kontrola pristupa mreži na nivou porta, definiše mehanizme za kontrolu pristupa mreži koja koristi karakteristike fizičkog pristupa IEEE 802 mrežne infrastrukture. 802.1X nam obezbeđuje sredstva autentifikacije i autorizacije uređaja koji su priključeni na LAN port, koji ostvaruje mrežnu konekciju tipa point-to-point. Isto tako nam obezbeđuje zaštitu od neovlašćenog pristupa, u slučaju da autentifikacija i autorizacije nisu uspešne.

802.1X specifikacija uključuje veliki broj opcija koje ciljaju posebno na podršku upotrebi Port Access Control (kontrola pristupa na nivou porta) u IEEE 802.11 mrežama (bežičnim mrežama WLAN). Ovo uključuje mogućnost da WLAN access point distribuira ili da dobavi globalne ključeve od/za priključene stanice, uz

pomoć EAPOL-Key poruke, koju prati uspešna autentifikacija.

Razvoj 802.1X kontrole pristupa u IEEE 802 mrežama je proizašao iz sledećih trendova i zahteva:

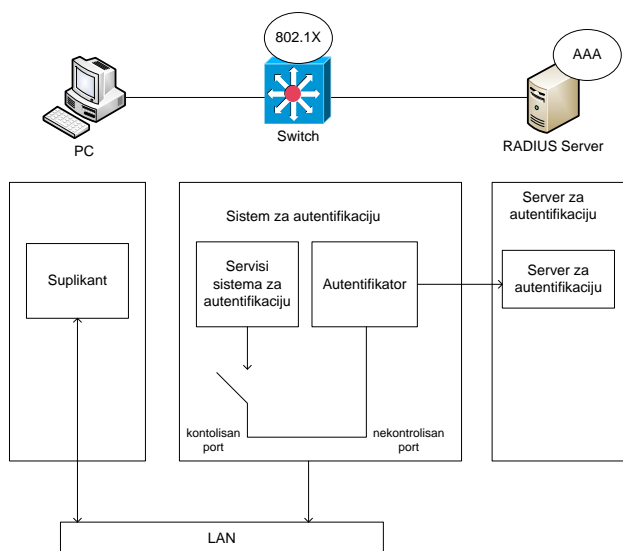
1) *Povećanje potrebe za LAN na javnim i polu-javnim mestima.* 802.1X je originalno dizajniran da kontroliše pristup žičnim mrežama. Slično kao i kod 802.1X, ako korisnik priključi svoj uređaj u fizički port, korisnik je dobijao pun pristup mreži. 802.1X je originalno razvijan da kontroliše pristup mreži primoravajući korisnika da se autentifikuje i da bude autorizovan pre dobijanja pristupa mreži. Ovaj problem je postao očigledan sa ubrzanim rastom bežičnih mreža. Bilo koji korisnik koje se nalazi u dometu WLAN access point može da iskoristi mrežne resurse. Kako se bežične mreže postavljaju na fizičkim/geografskim granicama mreže, mnogo puta se mreže prošire u javnost, mora postojati kontrola pristupa korisnika i korisnički podaci moraju biti enkriptovani;

2) *Potreba za kontrolom na nivou porta.* Port predstavlja mesto priključenja na mrežu i to je logično mesto na kome treba izvršiti kontrolu korisnika. Port, isto predstavlja logično mesto, na kome treba implementirati inspekciju paketa i protokola. Prema tome, kontrolom pristupnih tačaka u mreži, korisnička mrežna oprema može biti konfigurisana da ispuni sve korisničke potrebe i omogući kontrolu pristupa;

3) *Potreba za autentifikacijom, autorizacijom i praćenjem (AAA).* Mnoge organizacije su investirale u tehnologiju za autentifikaciju, autorizaciju i praćenje (AAA) u cilju kontrole pristupa mreži sopstvenih korisnika, kao i VPN korisnika koji koriste udaljeni pristup ili pristup preko firewall-a. 802.1X može da podigne funkcionalnost postojećih AAA servera, obično su to RADIUS serveri, da omogući ove funkcionalnosti novim 802.1X klijentima;

4) *Potreba za distribucijom dinamičkih ključeva za enkripciju.* Prvenstveni cilj WEP (Wired Equivalent Privacy) je da omogući nivo sigurnosti približan žičnim mrežama. Nažalost, WEP je propao kada su istraživači publikovali algoritam koji je veoma brzo mogao da dekoduje ključeve za enkriptovanje WEP oslušivajući mrežni saobraćaj. WEP je zamenjen TKIP i AES, bezbednijom tehnologijom enkripcije kao deo 802.11i standarda. 802.1X se često naziva i 802.11i standardom i omogućavaju nam bezbednu metodu razmene ključeva između access point-a i drugih uređaja. Distribucija ključeva se može koristiti sa WEP, TKIP i AES.

Na Slici 1. prikazane su komponente 802.11 mreže koristeći 802.1X.



Slika 1. Komponente 802.11 mreže koristeći 802.1X

Na slici je prikazan suplikant, autentifikator i server za autentifikaciju u 802.1X žičnoj mreži. Kontrolisan port nije autorizovan te nije dozvoljen saobraćaj.

Port u ovom kontekstu je tačka pristupa u LAN infrastrukturi. Primetite da u 802.11 LAN mrežama, access point upravlja „logičkim“ portovima. Svaki od ovih logičkih portova komunicira između sebe.

Autentifikator forsira autentifikaciju pre nego što omogući pristup servisima koji se nalaze iza tog porta. Autentifikator je odgovoran za komunikaciju sa suplikantom i za slanje informacija primljenih od suplikanta na odgovarajući server za autentifikaciju. Ovo nam omogućava verifikaciju korisničkih podataka na osnovu kojeg će port biti autorizovan ili blokiran. Važno je napomenuti da je funkcionalnost autentifikatora nezavisna od metode autentifikacije. Ovo se efektivno postavlja kao pass-through autentifikacija za potrebe razmene ključeva.

Suplikant pristupa servisima dostupnim autentifikatoru. Suplikat je odgovoran da odgovara na zahteve od strane autentifikatora koje zahtevaju informacije o kredencijalima.

Extensible Authentication Protocol (EAP) je metoda sprovođenja autentifikacije između korisnika i servera za autentifikaciju. Uređaji u mreži, kao što su access point i proxy serveri nemaju ulogu u autentifikaciji. Njihova uloga je da proslede EAP poruke između uređaja koji pokušavaju da se autentifikuju. 802.1X koristi Extensible Authentication Protocol (EAP) kao framework za autentifikaciju.

Extensible Authentication Protocol Over Lan (EAPOL). 802.1X definiše standard za enkapsulaciju Extensible Authentication Protocol (EAP) poruka tako da one direktno mogu da budu obrađene od strane LAN MAC servisa. Ovako enkapsulirana forma EAP frejma se naziva EAPOL. Kao dodatak obradi EAP paketa, EAPOL nam

omogućava funkcije kao što je startovanje, odjavu i distribuciju ključeva.

RADIUS (Remote Access Dial In User Service) je standard za autentifikaciju, autorizaciju i praćenje servisa na mreži. Iako, podrška za RADIUS u 802.1X opcionalna, očekuje da mnogi IEEE 802.1X standardi opisuju smernice za 802.1X RADIUS korišćenje i mnogi access point uređaji koji podržavaju 802.1X podržavaju i RADIUS.

### 3. 802.1X ARHITEKTURA

802.1X kontrola na nivou porta ima za sporedni efekat, kreiranje dve različite tačke pristupa autentifikatoru u LAN. Jedna tačka pristupa omogućava razmenu frejmova između raznih sistema na LAN. Često, ovaj nekontrolisani port dozvoljava samo razmenu autentifikacionih (EAP) poruka. Druga, kontrolisana tačka pristupa dozvoljava razmenu frejmova samo u slučaju da je port autorizovan.

Kada se host poveže na LAN port na 802.1X sviču autentičnost hosta se razrešava od strane porta na sviču, prema protokolu koji je definisan od strane 802.1X, pre nego što servisi na tom portu budu dostupni. Dok se autentifikacija uspešno ne izvrši, samo EAPOL frejmovi mogu proći kroz port. Kada je autentifikacija uspešna, port počinje da radi kao svaki normalan port.

U LAN mrežama, mora da postoji jedan-na-jedan veza između suplikanta i autentifikatora. U žičnim LAN, suplikant je direktno vezan za autentifikator. Kao što je prikazano na Slici 1, radna stanica je direktno povezana na LAN port. Svaki port je povezan sa autentifikatorom. Radna stanica dobija pristup mreži kada se suplikant na radnoj stanici autentifikuje na LAN port.

### 4. 802.1X U 802.11 BEŽIČNIM MREŽAMA

802.1X specifikacija uključuje dve glavne karakteristike koje ciljano podržavaju korišćenje Port Access Control (kontrola na nivou porta) u IEEE 802.11 mrežama:

1) *Logički portovi*. Sposobnost da se iskoriste MAC adrese stanice i access pointa kao destinacione adrese u EAPOL razmeni;

2) *Upravljanje ključevima*. Sposobnost access pointa da distribuira informacije o ključevima od/ka priključenim stanicama, putem EAPOL razmene ključeva, koja prati uspešnu autentifikaciju.

U 802.11 LAN okruženju, stanice nisu fizički povezane na mrežu. Kao dodatak tome, mnoge stanice dele medijum za pristup mreži (etar). Specijalan slučaj deljenog medijuma postoji u IEEE 802.11 bežičnim mrežama u okviru koga stanica se mora povezati sa access pointom da bi mogla da koristi LAN.

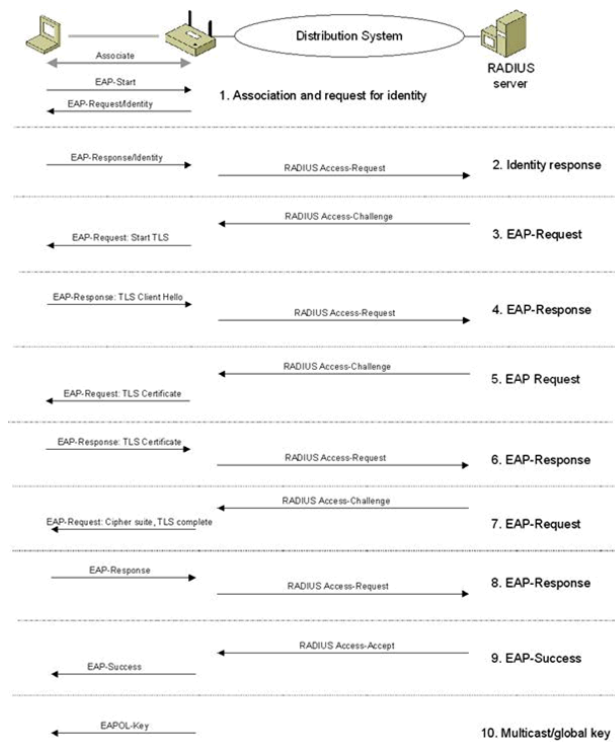
Protocol koji ostvaruje vezu omogućava stanici i access pointu da međusobno razmene MAC adrese. Ovo se efektivno naziva „logički port“ koji stanice koriste da komuniciraju sa access pointom. Access pointovi su konfigurisani da koriste otvorenu autentifikaciju (Open Authentication). Ovo omogućava suplikantima da se

povežu na access point pre dinamičke razmene ključeva. Kada se izvrši povezivanje, stanica se onda može autentifikovati korišćenjem Extensible Authentication Protocol (EAP).

802.1X ne isključuje, niti zahteva kriptografske algoritme. Međutim, omogućava nam mehanizam za distribuciju ključeva za enkripciju od access pointa do klijenta koristeći EAPOL-Key poruke. Ova informacija o ključu za enkripciju se distribuira na nivou sesije da bi se prosledili dinamički WEP, TKIP i AES ključevi i da bi se sprečilo kompromitovanje ključeva.

## 5. POVEZIVANJE I EAP PROCEDURA AUTENTIFIKACIJE

Kao što je ranije navedeno, stanica se mora povezati sa datim access pointom. Kada se stanica poveže sa access pointom, onda može da dođe do razmene EAP poruka sa serverom za autentifikaciju da bi se port autorizovao. Pre nego što je logički port autorizovan, logički port samo razmenjuje EAP poruke. Na Slici 2 je objašnjen proces razmene poruka između stanice i servera za autentifikaciju (RADIUS servera).



Slika 2. proces autentifikacije stanice na Wifi mreži

Važno je napomenuti da se EAP komunikacija sprovodi od strane EAPOL između stanice i access pointa. Komunikacija se sprovodi od strane EAP koristeći RADIUS protokol između access pointa i servera za autentifikaciju. Ovo efektivno kreira EAP sesiju između stanice i servera za autentifikaciju koji omogućuje stanici da se autentifikuje. Kada je stanica autentifikovana, EAP-Key poruka se šalje da bi se razmenila informacija o ključevima između stanice i access pointa.

## 5. PREDNOSTI KORIŠĆENJA 802.1X U BEŽIČNIM MREŽAMA

Postoji mnogo prednosti korišćenja 802.1X standarda u 802.11 mrežama, kao što su:

1) *Kontrola na pristupnoj sloju mreže.* 802.1X nam kontrolu pristupa mreže na pristupnom sloju, gde je i najlakše implementirati i upravljati zaštitom. Kontrolisani portovi, žični i bežični, sprečavaju neautorizovane korisnike da pristupaju resursima na mreži;

2) *Dinamičko upravljanje ključevima.* 802.1X poseduje framework koji omogućava sistemu da koristi dinamičke ključeve u sesijama, da periodično obnovi sesiju sa novim ključem, da periodično izvrši ponovnu autentifikaciju korisnika. Ovo povećava bezbednost tako što eliminiše statičke ključeve i osujećivanje napada na ključeve, što zahteva velike količine podataka enkriptovanih jednim ključem da bi dalja enkripcija podataka bila ugrožena;

3) *Mali overhead.* 802.1X ne uključuje enkapsulaciju, tako da ne dodaje overhead na nivou paketa (osim kada se ostvaruje enkripcija koristeći TKIP ili AES) i može biti implementirana na postojećim svičevima i access point uređajima sa malim uticajem na performanse. Ovo znači da je skalabilno, i da može biti omogućeno na postojećim svičevima samo sa osvežavanjem softvera (firmvera). Pošto se 802.1X može implementirati na nivou NIC drajvera (drajvera mrežne kartice), nove verzije drajvera od proizvođača mrežnih kartica mogu da nam omoguće korišćenje funkcionalnosti bez potrebe za instalacijom novog operativnog sistema.

4) *Korišćenje standarda.* 802.1X se integriše sa svim postojećim standardima za autentifikaciju, autorizaciju i praćenje (uključujući RADIUS), što nam omogućava da to bude implementirano na postojećoj infrastrukturi za upravljanje udaljenim i VPN mrežama. RADIUS serveri koji podržavaju EAP mogu da se koriste za autentifikaciju 802.1X zahteva za pristup mreži.

## 5. ZAKLJUČAK

Od skromnih početaka u umrežavanju, 802.1X se proširio dalje nego što se ikad moglo pretpostaviti. S konceptom koji je konstantno dorađivan, dopunjavan i prilagođavan, 802.1X služi mnogim korisnicima već dugi niz godina. IEEE 802.1x kontrola mrežnog pristupa temelji se na portovima i pruža znatno poboljšana rešenja za autentifikaciju za WLAN i žični LAN. To je način autentifikacije svakog korisnika koji pristupa WLAN i LAN servisima. Autentifikacija se mora izvesti pre bilo kakvog saobraćaja između korisnika i mreže. Glavnu prednost 802.1x i EAP autentifikacije poboljšana sigurnost u WLAN-u. Enkripcija i autentifikacija je poboljšana upotrebom dinamičkih WEP, TKIP i AES ključeva za šifriranje i međusobne autentifikacije.

## 6. LITERATURA

- [1] Wireless Deployment Technology and Components, <http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb457015.aspx>

- [2] Introduction to 802.1X for Wireless Lans,  
[http://www.interlinknetworks.com/whitepapers/Intro\\_802\\_1X\\_for\\_Wireless\\_LAN.pdf](http://www.interlinknetworks.com/whitepapers/Intro_802_1X_for_Wireless_LAN.pdf)
- [3] The Beginnings and History of Radius,  
[http://www.interlinknetworks.com/app\\_notes/History%20of%20RADIUS.pdf](http://www.interlinknetworks.com/app_notes/History%20of%20RADIUS.pdf)
- [4] Wireless LAN Access Control and Authentication,  
[http://www.interlinknetworks.com/whitepapers/WLAN\\_Access\\_Control.pdf](http://www.interlinknetworks.com/whitepapers/WLAN_Access_Control.pdf)
- [5] Maja Vlah, "Radius 802.1X",  
[http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2004/802\\_1x-mvlah.pdf](http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2004/802_1x-mvlah.pdf)

# JEDAN PRISTUP U ANALIZI BEZBEDNOSNIH PRETNJI U INFORMACIONIM SISTEMIMA

## AN APPROACH TO THE ANALYSIS SECURITY THREATS IN THE INFORMATION SYSTEMS

Radomir Prodanović<sup>1</sup>, Ivan Vulić<sup>2</sup>  
Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije<sup>1</sup>  
Vojska Srbije<sup>2</sup>

**Sadržaj** – Modelovanje pretnji je proces koji omogućava razotkrivanje izvora pretnji i pretnji u sistemu. Model pretnji daje celokupnu sliku pretnji po imovinu sistema. Postoji više pristupa u modelovanju pretnji: pristup zasnovan na imovini, pretnji, softveru, ciljno orijentisan pristup. U ovome radu predložen je iterativni kombinovani pristup zasnovan na imovini sistema i pretnji. Značaj ovog pristupa potiče od sveobuhvatne analize imovine sistema, izvora pretnji i pretnji po sistem.

**Abstract** – Threat modeling is a process that allows the disclosure of sources of threats and threats in the system. Threats model gives an overall picture of threats to system assets. There are several approaches to threat modeling: asset-centric, attacker-centric, a goal-oriented approach. In this paper, we propose an iterative combined approach based on the system assets and threat. The importance of this approach goes from a comprehensive analysis of system assets, threats sources and threats to the system.

### 1. UVOD

Modelovanje pretnji je proces identifikacije, dokumentovanja i umanjenja bezbednosne pretnje sistema. Ono omogućava da se razume pretnja ispitivanjem sistema kroz perspektivu potencijalnog napadača i da se pomogne određivanju pretnje najvišeg nivoa po sistem [1]. Ovaj proces rezultira modelom pretnje koji opisuje potencijalne napade na sistem, što se može koristiti za razumevanje kako pretnje mogu da se manifestuju i na donošenje kritičnih odluka koje će uticati na bezbednost sistema [2]. Uloženi napor u modelovanje bezbednosnih pretnji omogućava donošenje bezbednosnih funkcija u sistemu ili bezbednosne prakse za korišćenje sistema, a u cilju zaštite imovine.

Po definiciji, pretnja je jednostavno potencijalno narušavanje bezbednosti sistema, onosno događaj koji može imati negativan uticaj po sistem [3]. Ranjivosti su postojeće bezbednosne slabosti ili nedostaci koji čine sistem podložnim napadu. Napad je iskorišćavanje ranjivosti koju ostvaruje pretnja. Protivmere su mehanizmi koji se koriste za ublažavanje ranjivosti sistema. Proces modelovanja pretnji obično podrazumeva identifikovanje imovine koja treba da bude zaštićena, analiziranje pretnji, procenu rizika i razvijanje strategije za ublažavanje rizika [2].

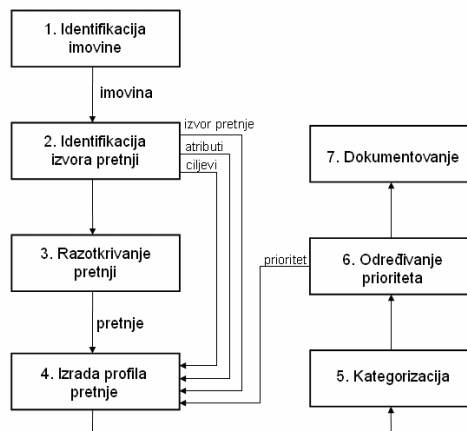
Postoje najmanje tri opšta pristupa modelovanju pretnji: modelovanje pretnji orijentisano prema napadaču, modelovanje pretnji orijentisano prema imovini i modelovanje pretnji orijentisano prema softveru. Modelovanje pretnji orijentisano prema imovini polazi od poverljivih sredstava sistema, dok modelovanje orijentisano prema napadaču polazi od napadača, odnosno kako napadač može ostvariti svoje ciljeve. Modelovanje pretnji orijentisano prema softveru polazi od dizajna softverskog sistema i prolazi kroz model u potrazi za pretnjama.

Autori u radu predlažu model koji je orijentisan prema imovini sistema, u ovom slučaju informacionom sistemu (u daljem tekstu: sistem), i napadaču. To je iterativni model koji polazi od sistema, preko odnosa izvora pretnje prema sistemu, pa do razotkrivanja pretnji i procene rizika koji ima pretnja po sistem.

Autori u drugom poglavlju daju predloženi model i opisuju faze modela. U trećem poglavlju dat je primer primene predloženog modela, a u poglavlju četiri dat je zaključak.

### 2. PREDLOŽENI MODEL

Predloženi model pretnji razmatra se kroz sedam aspekata (faza) koje se nadovezuju jedna na drugu. Model se sastoji od sledećih faza: identifikovanje imovine informacionog sistema, identifikovanje izvora pretnji, razotkrivanje pretnji, izrade profila pretnje, kategorizacija, određivanje prioriteta i dokumentovanja. Model pretnji prikazan je na slici 1.



Slika 1. Iterativni kombinovani model pretnji



## 2.1. Identifikovanje imovine informacionog sistema

Identifikovanje imovine informacionog sistema je prvi korak u modelovanju pretnji. Potrebno je identifikovati imovinu informacionog sistema (u daljem tekstu: imovina) koja je od ključne važnosti za organizaciju. Jedan od načina da se to uradi je da se proceni koji podaci, hardver, softveri i ljudski resursi su od suštinskog značaja za poslovanje. Pored toga, treba posebnu pažnju usmeriti prema kritičnim ili poverljivim informacijama.

Nakon što je određena imovina potrebno je izvršiti analizu imovine tako što se za svaku imovinu razmatra poslovni proces koji ima uticaj na imovinu kroz razna scenarija. Scenarija treba da obuhvate i međusobnu povezanost imovine. Nakon izvršene analize imovine pravi se profil imovine i određuje se značaj imovine.

Profil imovine predstavlja ličnu kartu imovine i u daljem postupku modelovanja pretnji daje opis i značaj onoga šta je potrebno zaštititi. Profil imovine treba da sadrži sledeće podatke:

- vrsta imovine,
- domen u kome se nalazi imovina,
- opis imovine,
- interakcija imovine sa drugom imovinom,
- proces transformacije imovine i pojavne oblike imovine nakon transformacije,
- poslovne procese u kojim se pojavljuje imovina,
- ko je odgovoran za imovinu i ko pristupa imovini.
- značaj imovine za organizaciju.

## 2.2. Identifikovanje izvora pretnji

U principu pretnja se opisuje kao izvor koji iskorišćava resurs ili ima potencijal da naškodi resursu (imovini sistema). Drugi način da se definiše izvor opasnosti je nešto što je sposobno da deluju protiv imovine, na način koji može dovesti do narušavanja u radu sistema koji se može ispoljiti odmah ili kasnije. Izvor pretnje može imati više oblika i na imovinu sistema može različito uticati.

Najbolje je uraditi svoje istraživanje u cilju pronalazjenja izvora pretnji i podataka o novim pretnjama koje su najrelevantnije za sistem.

### Vrste izvora pretnji

Potencijalni izvori pretnji klasifikuju se na unutrašnje ljudske izvore pretnji i spoljašnje izvore pretnji.

Potencijalni unutrašnji ljudski izvori pretnji su:

- Korisnici sistema. To su lica koja su zaposlena u sistemu ili lica koja koriste sistem.
- Spoljašnja lica. To su lica iz drugih organizacija, podređenih ili nadređenih organizacionih celina, koja koriste sistem ili obavljaju poslove u sistemu.
- Insajderi su pojedinci u sistemu koji mogu da izvrše napad na sistem.

Spoljašnji izvori pretnji su potencijalni napadači koji se nalaze sa druge strane granice sistema i nisu pod kontrolom autoriteta sistema. Najčešći spoljašnji izvori pretnji su:

- Neprijateljska strana lica su pojedinci ili grupe sa znanjem i motivacijom da naruše sistem zbog lične dobiti ili iz drugih razloga.
- Kriminalne organizacije su organizovane kriminalne grupe koje privlači potencijal sistema.
- Strane obaveštajne službe mogu prouzrokovati napade na tajne podatke i funkcionalnost sistema.
- Komercijalne organizacije nastoje doći do finansijskih i drugih podataka svoje konkurencije, tj. industrijska špijunaža.
- Terorističke organizacije mogu imati za cilj pristup sistemu kako bi došli do bitnih informacija o pojedincima i sistemu koje imaju nameru da napadnu.

### Atributi izvora pretnje

Atributi izvora pretnji su karakteristike koje određuju spremnost izvora pretnje da nastavi svoj cilj. To su pokazatelji sposobnosti izvora pretnje da ostvari svoj cilj.

Atributi izvora pretnji su:

- Stručnost. Definiše nivo teoretskih i praktičnih znanja i sposobnosti izvora pretnje da upotrebi stručnost u potrazi za svojim ciljem. Veće znanje daje veću mogućnost izvoru pretnje da ostvari svoj cilj sa manje resursa i manje vremena.
- Pristup zaštićenom sistemu. Ovaj atribut definiše sposobnost pretnje da infiltrira člana grupe u okviru zaštićenog sistema kako bi imala mogućnost pristupa zaštićenim resursima.
- Podrška. Ovaj atribut definiše podršku koju ima izvor pretnje u ostvarenju svog cilja.
- Spremnost da toleriše rizik. Ovaj atribut je mera koliko je izvor pretnje spreman da ide i šta je spreman da rizikuje da ostvari svoj cilj.
- Intenzitet. Atribut intenzitet opisuje marljivost ili istrajnu odlučnost izvora pretnje u potrazi za svojom ciljem.
- Nevidljivost. Opisuje sposobnost izvora pretnje da održi potreban nivo tajnosti tokom potrage za svojom ciljem.

Model karakteriše da se za svaki od atributa definiše skala od tri nivoa (niski, srednji i visoki nivo). Izvor pretnje sa najvećom vrednosti atributa ništa neće zaustaviti u ostvarivanju cilja, dok one pretnje sa nižim vrednostima neće imati takav potencijal i ambiciju.

### Određivanje cilja izvora pretnje

Ciljevi napada su različiti, a ta različitost potiče od toga koji cilj izvor pretnje želi da ostvari, motivacije i znanja kojima napadač raspolaže. Cilj napada je da izvor pretnje probije ili zaobiđe mere bezbednosti, iskoristi ranjivosti sistema i da ostvari svoj motiv koji je imao za sprovođenje napada. Najčešći ciljevi izvora pretnje su otuđivanje podataka, ostvarivanje finansijske koristi,

modifikovanje i uništavanje podataka, onemogućavanje korišćenja informacionih resursa, sticanje privilegovanih prava za rad u sistemu. Neki od ciljeva mogu biti sticanje prednosti nad konkurencijom, promovisanje napadača, sabotaza, promovisanje ideoloških ciljeva.

### 2.3. Razotkrivanje pretnji

Tradicionalne tehnike za razotkrivanje zahteva imaju za cilj da se sazna šta je korisnicima zaista potrebno. Takve tehnike su introspekcija, intervju, upitnici, razgovor, interakcija i diskusija [4]. Ove tehnike se mogu prilagoditi za razotkrivanje bezbednosnih pretnji, fokusirajući pažnju na perspektive potencijalnih izvora pretnji. Ove tehnike se mogu dopuniti razmatranjem sledećih izvora informacija o pretnjama:

- Ciljevi sistema. Bezbednosne pretnje mogu biti izvedene iz poslovnih ciljeva, jer to su ciljevi koje potencijalni izvori pretnji mogu imati za cilj kako bi sprečili ostvarenje poslovnih ciljeva.
- Katalog pretnji. Pretnje i obrasci pretnji, kao i iskustva sa bezbednosnim propustima mogu se dokumentovati u katalogu pretnji, radi analize i razotkrivanja pretnji.
- Klasifikacione šeme. Klasifikaciona šema kao što je STRIDE (Spoofing, Tampering, Repudiation, Information disclosure, Denial of service, Elevation of privilege) [2] može da se koristi za razotkrivanje bezbednosnih pretnji za određeni sistem.
- Izveštaji o pretnjama. Neki od značajnih izveštaja koji mogu obezbediti informacije za razotkrivanje pretnji su: Verizonov izveštaj o istraživanju povrede poslovnih podataka [5], CSI-iovo istraživanje kompjuterskog kriminala i bezbednosti [6], Arbor Networks-ov izveštaj o bezbednosti mrežne infrastrukture [7], izveštaj US-CERT kordinacionog centra [8], izveštaji Internet storm centar [9], izveštaji antivirusnih kompanija [10], [11], [12].
- Stablo pretnji. Stablo pretnji je način prikupljanja i dokumentovanja potencijalnih pretnji po sistem. Struktura stabla daje mogućnost opisivanja različitih pretnji koje napadač koristi da kompromituje sistem. Praveći stablo pretnji kreira se upotrebljivo predstavljanje bezbednosnih pitanja koja pomažu u razotkrivanju novih pretnji.
- Analiza scenarija. Analiza mogućih alternativnih ishoda (scenarija) mogu dati značajne informacije o bezbednosnim pretnjama u sistemu. Postojeće metode analize scenarija poput Scram [13] se mogu prilagoditi tako što će se u analizi fokusirati na moguće aktivnosti potencijalnih protivnika.

### 2.4. Izrada profila pretnje

Profil pretnji opisuje ko može verovatno napasti imovinu sistema, kao i kako izvori pretnji mogu naneti štetu, modifikovati, korumpirati ili na neki način onemogućiti usluge, informacije i druge komponente u okviru sistema bilo da imaju ili nemaju legitimno pravo pristupa imovini sistema.

Profil pretnje sadrži sledeće:

- osnovne podatke o pretnji (izvor, cilj, osnovne karakteristike i učestalost pojavljivanja pretnje),
- attribute pretnje (stručnost, pristup, podrška, tolerancija na rizik, intenzitet, nevidljivost),
- šablon izvođenja pretnje (zahtevani uslovi, tehnika izvođenja napada, rezultat napada),
- povezanost sa drugim pretnjama.

### 2.5. Kategorizacija pretnji

Postoje mnoge različite specifičnosti pretnji i tehnike izvođenja pretnji, stoga je potrebno kategorizovati pretnje shodno tome šta napadač napadom nastoji ostvariti. Pretnje se mogu kategorizovati na osnovu ciljeva i rezultata pretnje. Razumevanje kategorija pretnji pomaže da se organizuje bezbednosna strategija tako da se mogu planirati mere protiv pretnji. Jedan od primera kategorizacije pretnji je Microsoftova kategorizacija STRIDE. Navedena kategorizacija se može proširiti ili se može napraviti drugačija kategorizacija.

### 2.6. Određivanje prioriteta

U ovoj fazi se vrši određivanje prioriteta pretnje na osnovu rizika koji nosi. Prioritizacija omogućava upravljanje pretnjama tako što se prvo rešavaju pretnje sa najvećim rizikom po sistem, a zatim ostale pretnje po prioritetu. Pošto nije ekonomično rešavati sve identifikovane pretnje, prioritizacija omogućava ignorisanje nekih pretnji za koje je šansa da će se desiti mala ili će prouzrokovati minimalnu štetu.

Priortet se određuje izračunavanjem rizik pretnje, a najjednostavni način da se odredi prioritet je pomoću sledeće formule:

$$\text{Rizik} = \text{Verovatnoća} * \text{Stepen štete} \quad (1)$$

Ova formula pokazuje da je rizik pojedinačne pretnje jednak verovatnoći učestalog dešavanja pretnje i stepena štete koju pretnja prouzrokuje.

Može se koristiti skala za verovatnoću od 1 do 10 gde 1 predstavlja pretnju koja će se najverovatnije desiti dok 10 predstavlja izvesnu sigurnost da se pretnja neće desiti. Isto tako može se koristiti skala od 1 do 10 za stepen štete gde 1 predstavlja minimalnu nanetu štetu, a 10 se odnosi na totalnu štetu. Koristeći ovaj pristup, rizik koji ostvaruje pretnja sa malom verovatnoćom pojavljivanja, ali sa velikim stepenom štete je jednaka riziku koji ostvaruje pretnja sa malim stepenom štete, ali velikom verovatnoćom da će se desiti.

Problem sa jednostavnim načinima određivanja rizika je da se članovi tima obično ne slažu sa brojčanim podacima. Kako bi se prevazišao navedeni problem potrebno je dodati nove uslove koji pomažu da se bolje odredi koliki uticaj ima bezbednosna pretnja. Korišćenjem DREAD (Damage potential, Reproducibility, Exploitability, Affected users, Discoverability) [1] modela dolazi se do stepena uticaja rizika za datu pretnju.

Kada se za rangiranje koristiti velika skala tada je otežano ocenjivanje. Zato je potrebno koristiti jednostavniju skalu kao što je: visoko (1), srednje (2) i nisko (3).

DREAD model pomaže da se izračuna rizik tako što se daju odgovori za stepen oštećenja, reprodukciju, eksploataciju, uticaj na korisnike i razotkrivanje ranjivosti. Odgovori se boduju po sledećoj skali: visoko (jedan bod), srednje (dva boda), nisko (tri boda), a na osnovu tabele rangiranja pretnji [1]. Kada se završi davanje odgovora na pitanja računa se vrednost za datu pretnju (suma bodova datih odgovora na pitanja). Rezultat može biti u rasponu od 5 do 15. Rizik pretnje se razmatra na sledeći način: opseg od 12 do 15 kao visok rizik, od 8 do 11 kao srednji rizik i od 5 do 7 kao nizak rizik.

### 2.7. Dokumentovanje pretnji

Pretnja je već dokumentovna izradom profila pretnje. Profil pretnje se može proširiti dodatnim informacijama za koje korisnik smatra da će biti od koristi za praćenje pretnje. Prilikom dokumentovanja potrebno je dodati protiv mere koje se sprovede prema datoj pretnji kao i njihov efekat koji su proizvele na pretnju.

Pretnje se mogu dokumentovati po abecednom redu, klasifikaciji, međusobnoj povezanosti, šteti koju nanose ili nekoj drugoj klasifikaciji koju odredi korisnik.

## 3. PRIMER PRIMENE MODELA

Strukturirani podaci nepochodni su za kvalitetno donošenje odluka i elektronsko poslovanje. Strukturirani podaci smeštaju se u bazu podataka. Kada se radi o velikim količinama podataka sistem za upravljanje bazom podataka i sama baza podataka nalaze se na namenskom serveru, serveru baze podataka. Korisnici serveru pristupaju koristeći računarsku mrežu, a preko web pretraživača i aplikativnog servera.

### Identifikovanje imovine

Iz navedenog scenarija može se uočiti više imovna bitnih za poslovanje organizacije, a koju treba zaštititi. To je sledeća imovina: računarska mreža, web aplikacija, baza podataka, server baze podatka.

Nakon što je određena imovina, izvršena analiza imovine, razmotreni poslovni procesi i sagledana međusobna povezanost imovne pravi se profil imovine. U daljem radu razmatraće se imovina server baze podataka.

Profil imovine server baze podataka:

- Vrsta imovine: hardver, softver, podaci.
- Server baze podataka ima instaliran Microsoftov sistem za upravljanje bazom podataka, na posebnom serveru. Baza podataka sadrži podatke o proizvodima, kadrovima i drugim resursima neophodnim za poslovanje.
- Ova imovina je u interakciji sa sledećom imovinom: web aplikacija i računarska mreža.
- Transformacija imovine: podacima iz baze podataka pristupa se u procesu odlučivanja, prodaje, nabavke.
- Odgovorni: svi korisnici koji unose podatke, modifikuju podatke, koriste podatke u izveštajima.
- Značaj imovine: imovina ima visok značaj jer uništenje, otuđenje, modifikacija ili onemogućavanje značajno utiču na dalje poslovne procese, narušavaju ugled, reputaciju ili nanose značajnu finansijsku štetu.

### Identifikovanje izvora pretnji

Napadač može kompromitovati server baze podataka na više načina korišćenjem različitih ranjivosti u konfigurisanju i samoj web aplikaciji. Izvori pretnji prema serveru baze podataka su unutrašnji izvori pretnji kao što su: zaposleni, ubačeni špijuni, posetioci i gosti.

Atributi izvora pretnji

Nakon što su identifikovani izvori pretnji za svaki izvor pretnje izvršeno je sagledavanje karakteristika pretnje i određen je stepen spremnosti izvora pretnje da ostvari svoj cilj. U tabeli 1. prikazan su izvori pretnji i atributi.

Izvor pretnji	Atributi izvora pretnji					
	Stručnost	Pristup	Podrška	Tolerancija na rizik	Intenzitet	Nevidljivost
Zaposleni	srednji/visok	visok	nizak	nizak	nizak	nizak
Posetioci i gosti	nizak/srednji	nizak	nizak	nizak	nizak	nizak
Ubačeni špijun	srednji/visok	visok	srednji/visok	nizak/srednji	srednji/ visok	srednji/visok

Tabela 1. Stepem spremnosti izvora pretnje za ostvarenje cilja

### Ciljevi izvora pretnji

Ciljevi izvora pretnji određuju se za svaki izvor pretnje. Izvor pretnji prema serveru baze podataka može imati sledeće ciljeve: otuđenje podataka, modifikacija podataka, brisanje podataka, onemogućavanje rada servera ili baze podataka. Ciljevi izvora pretnji dati su u tabeli 2.

Izvori pretnje	Ciljevi pretnje			
	Otuđivanje	Modifikacija	Brisanje	Sprečavanje korišćenja resursa
Zaposleni	Da	Da	Da	Da
Posetioci i gosti	Da			Da
Ubačeni špijun	Da	Da	Da	Da

Tabela 2. Ciljevi izvora pretnji

### Razotkrivanje pretnji

Razotkrivanje pretnji sprovedeno je na osnovu dostupnih informacija iz postojećeg internog kataloga pretnji organizacije i podataka iz izveštaja poznatih organizacija koje se bave bezbednošću i antivirusnih kompanija. Sprovedenom analizom ustanovljeno je da su glavne pretnje serveru baze podataka:

- SQL injection,

- prisluškivanje mreže,
- neovlašćeni pristup serveru,
- napad na lozinku.

### Izrada profila pretnje

Nakon što je izvršena identifikacija izvora pretnji i razotkrivanje pretnji pristupa se izradi profila pretnje. U tabeli 3. je dat profil pretnje SQL injection.

<b>Naziv pretnje:</b>	SQL injection				
<b>1. Osnovni podaci o pretnji</b>					
Izvor pretnje:	Ubačeni špijun.				
Meta pretnje:	Server baze podataka, podaci u bazi podataka.				
Cilj:	Dobiti pristup bazi podataka radi otuđenje podataka, modifikovanja ili brisanja.				
Osnovne karakteristike:	Napadač koristi ranjivosti u validaciju ulaza aplikacije i lozinke za pristup podacima kako bi pokrenuo proizvoljne komande u bazi podataka koristeći bezbednosni sadžaj Web aplikacije.				
Mesto otkrivanja:	Web aplikacija.				
Učestalost pojavljivanja:					
U sistemu:			Statistika iz izveštaja:		
Do sada nije ustanovljeno da se ovaj napad pojavljivao u sistemu.			Po izveštaju [14] 7% Web sajtova ima ranjivosti koje iskorišćava SQL injecton, a 57% identifikovanih SQL injection ranjivosti se reši u proseku za 196 dana.		
<b>2. Atributi izvora pretnje:</b>					
Stručnost:	Pristup:	Podrška:	Tolerancija na rizik:	Intenzitet:	Nevidljivost:
srednji / visok	visok	srednji / visok	nizak / srednji	srednji / visok	srednji / visok
<b>3. Šablon izvođenja pretnje</b>					
Zahtevani uslovi:		Tehnika izvođenja napada:		Rezultat napada:	
Postojanje ranjivosti: - loše urađena validacija ulaznih podataka u Web aplikaciji, - loše uređene dinamičke SQL komande, - prijava preko privilegovane aplikacija u bazu podataka, - slabe dozvole koje ne uspevaju da ograniče prijavu aplikacije sa bazom podataka.		Eksplloatiše ranjivosti u šifri za pristup podacima i omogućava napadaču da izvrši proizvoljne komande u bazi podataka. Pretnja je veća ako aplikacija koristi slobodan nalog u bazi podataka, jer to daje napadaču veću slobodu za izvršavanje upita i komandi.		Modifikacija, neovlašćeni uvid i brisanje podataka.	
<b>4. Povezanost sa drugim napadima</b>					
-					

Tabela 3. Profil pretnje za pretnju SQL injection

### Kategorizacija pretnji

Za kategorizaciju pretnji izabrana je Microsoftova kategorizacija STRIDE. Karakteristično je da se jedna vrsta pretnje može naći u više kategorija. Kategorizacija pretnji prikazana je u tabeli 4..

### Određivanje prioriteta

Oređivanje prioriteta izvršeno je DREAD modelom. Što je pretnja manje uopštena, to će i određivanje prioriteta biti preciznije. Korišćena je opšta tabela za bodovanje iz [1].U tabeli 5. dat je primer određivanja prioriteta za izabrane pretnje kada je izvor pretnje ubačeni špijun.

	SQL injection	Prisluškivanje mreže	Neovlašćeni pristup	Napad na lozinku
Spoofing			X	X
Tampering	X	X	X	
Repudiation				
Information disclosure	X	X	X	
Denial of service			X	
Elevation of privilege	X			X

Tabela 4. Kategorizacija pretnji

	D	R	E	A	D	Ukupno (D+R+E+A+D)	Prioritet
SQL injection	3	3	2	1	2	11	srednji
Prisluškivanje mreže	3	2	2	2	2	12	visok
Neovlašćeni pristup serveru	3	3	2	2	2	13	visok
Napad na lozinku	3	3	1	1	2	10	srednji

Tabela 5. Procena rizika pretnji

Prioritet ukazuje na hitnost u rešavanju pretnji. U datom primeru najveći prioritet u rešavanju imaju pretnje prisluškivanje mreže i neovlašćeni pristup severu, zatim sa srednjim prioritetom slede pretnje SQL injection i napad na lozinku.

#### 4. ZAKLJUČAK

Modelovanje pretnji ima značajnu ulogu u sprovođenju informacione bezbednosti u organizaciji. Predstavlja spregu između imovne koju treba zaštititi i mera bezbednosti koje treba sprovesti. Model pretnji razotkriva pretnje i određuje prioritet u sprovođenju mera bezbednosti. U radu je predložen jedan pristup u modelovanju pretnji koji se ogleda u sistematičnom pristupu.

U budućem radu autori će raditi na daljem testiranju modela kako bi detaljno utvrdili snagu i slabosti modela. Osim toga budući rad će biti usmeren prema razvoju modela za razotkrivanje ranjivosti i njegovu povezanost sa predloženim modelom pretnji.

#### LITERATURA

- [1] Howard, M. and LeBlanc, D.. „Writing Secure Code“, Microsoft Press, 2nd edition, 2002.
- [2] Swiderski, F. and Snyder, W.. „Threat Modeling“, Microsoft Press, 2004.
- [3] Bishop, M.. „Computer Security: Art and Science“, Addison-Wesley, 2002.
- [4] Goguen, J. A. and Linde, C.. „Techniques for requirements elicitation“. In Proc. of the IEEE Int. Symposium on Requirements Engineering, pages 152–164, Los Alamitos, CA, Jan. 1993..

- [5] Verizon Business „Verizon Business Data Breach Investigations Report“, 2012 Data Breach Investigations Report. [http://www.verizonenterprise.com/resources/reports/rp\\_data-breach-investigations-report-2012\\_en\\_xg.pdf](http://www.verizonenterprise.com/resources/reports/rp_data-breach-investigations-report-2012_en_xg.pdf), 2012 (pristupano 16.11.2013).
- [6] Computer Security Institute, „CSI Computer Crime and Security Survey 2010/2011“. <http://gocsi.com/survey> (pristupano 02.12.2013).
- [7] Arbor Networks „Arbor Networks Network Infrastructure Security Report“, [www.arbornetworks.com/report](http://www.arbornetworks.com/report), (pristupano 16.11.2013).
- [8] US-CERT Coordination Center, „Mailing Lists and Feeds“. [www.us-cert.gov/cas/signup.html](http://www.us-cert.gov/cas/signup.html), (pristupano 16.11.2013).
- [9] Internet Storm Center, „RSS/XML Data Feeds“. <http://isc.sans.edu/xml.html>, (pristupao 16.11.2013)
- [10] Symantec, „Internet Security Threat Report“, [www.symantec.com/business/theme.jsp?themeid=threatreport](http://www.symantec.com/business/theme.jsp?themeid=threatreport) (pristupano 16.11.2013);
- [11] Sophos, „Security Threat Report“. <http://www.sophos.com/medialibrary/gated%20assets/white%20papers/sophossecuritythreatreportjan2010wpna.pdf>, (pristupano 16.11.2013).
- [12] Trend Micro, „Trend Micro Future Threat Report“, <http://us.trendmicro.com>, (prisupano 16.11.2013).
- [13] Sutcliffe, A.. „Scenario-based requirements analysis. Requirements Engineering“, 3(1):48–65, 1995.
- [14] White Hat Security, Website Security Statistics Report May 2013, 2013, [https://www.whitehatsec.com/assets/WPstatsReport\\_052013.pdf](https://www.whitehatsec.com/assets/WPstatsReport_052013.pdf)

# PODELA ULOGA U BEZBEDNOSTI PAMETNIH MREŽA

## ROLES IN SMART GRID SECURITY

Srđan Orlović<sup>1</sup>, dr Srđan Vukmirović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Schneider Electric DMS NS, Narodnog Fronta 25A-D, Novi Sad, Srbija*

<sup>2</sup> *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija*

**Sadržaj** – U današnjem vremenu ekspanzije postojećih sistema različite namene, i “gladi” za informacijama sve većeg broja korisnika, potreba za zaštitom privatnosti i obezbeđivanjem normalnog funkcionisanja sistema postaje sve izraženija. U ovom radu je opisan jedan takav, elektro-energetski, sistem koji neminovno prolazi kroz faze unapređenja i proširenja i u kojem je zaštita postala jedan od ključnih faktora, kao i podela uloga u tom procesu tranzicije.

**Abstract** - In today's era of expansion of existing systems, and "hunger" for information on the growing number of users, the necessity to protect the privacy and to ensure the normal operation of the system becomes more and more important. This paper describes one such system, power system, that inevitably goes through stages of improvement and expansion in which protection has become one of the key factors, as well as the division of roles in that transition process.

### 1. UVOD

Sve je veća težnja za unapređenjem postojećih elektro-energetskih sistema, počevši od zahteva za smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, preko optimizacije potrošnje električne energije, pa do povećanje udela alternativnih izvora električne energije u proizvodnji.

Brzi tehnološki razvoj, a naročito razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija, je otvorio vrata za ostvarivanje ovih ciljeva.

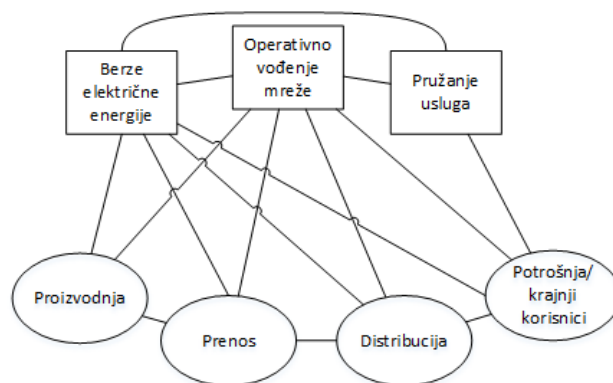
#### 1.1. Pametna mreža

Sam proces odn. koncept modernizacije postojećih elektro-energetskih mreža je dobio novi radni naziv "pametne mreže" (eng. *smart grids*)

Pametna mreža predstavlja električnu mrežu sposobnu da na finansijski isplativ način integriše akcije svih učesnika koji su na nju povezani: proizvođači električne energije, potrošači, kao i oni koji su u mogućnosti i da proizvode i troše električnu energiju, u cilju postizanja ekonomski efikasnog i održivog energetskog sistema, malog nivoa gubitaka ali velikog nivoa kvaliteta i pouzdanosti napajanja i bezbednosti [1].

Jedan od ključnih preduslova za realizaciju pametnih mreža je uvođenje potpuno nove infrastrukture za dvosmernu komunikaciju između potrošača sa jedne, i proizvođača električne energije sa druge strane. Uvođenje infrastrukture utiče na sve učesnike odn. delove jednog

elektro-energetskog sistema, od proizvodnje preko prenosa i distribucije, do potrošnje i trgovine električnom energijom [2].



Slika 1. Konceptualni model učesnika i tokova podataka pametne mreže [3]

Ta infrastruktura će omogućiti uvođenje novih funkcionalnosti kao što su: naplata u realnom vremenu, upravljanje potrošnjom, raspodela opterećenja, ušteda upotrebom jeftinije energije, itd.

Na ovu infrastrukturu oslanja se čitav niz naprednih rešenja, iz oblasti merne tehnike (pametni meri uređaji), povezivanje resursa za distribuiranu proizvodnju (solarni i vetro-generatori) i sl. Primenom ovih rešenja obezbediće se mnogo efikasniji uvid u trenutno stanje sistema, kao i mogućnost kontrole i upravljanja delovima tog sistema.

Očekivane koristi od prihvatanja i implementacije koncepta pametnih mreža su mnogostruke, među kojima se navode i [4]:

- povećanje kvaliteta i pouzdanosti napajanja
- povećanje kapaciteta i efikasnosti postojećih elektro-energetskih mreža
- smanjivanje potrebe za neefikasnom proizvodnjom tokom perioda vršne potrošnje
- mogućnost jednostavnog priključenja distributivnih izvora napajanja
- mogućnost priključenja električnih vozila i drugih oblika skladištenja električne energije
- pružanje velikog broja opcija krajnjim korisnicima

#### 1.2. Bezbednost pametnih mreža

Postoji puno aspekata pametnih mreža koje je potrebno sagledati prilikom unapređenja postojećih sistema, a jedan od njih posebno važan krajnjim korisnicima je i aspekt

bezbednosti odn. zaštite. Zbog velikog obima podatka neophodnih za ostvarivanje pomenutih ciljeva, kao i velikog broja učesnika povezanih na sistem, a uzimajući u obzir i značajna sredstva koje je potrebno uložiti od strane privatnih i javnih preduzeća, neophodno je obezbediti i odgovarajuće mehanizme zaštite. To se prvenstveno odnosi na zaštitu privatnosti odn. podataka svih učesnika u sistemu, zatim obezbeđivanje mrežnih komunikacija i infrastrukture u cilju obezbeđivanja konstantne dostupnosti svih resursa.

Zbog kompleksnosti sistema, uvođenje mehanizama zaštite mora da se sprovede od samog početka tranzicije. Aspekt zaštite mora biti uključen u sve faze razvoja sistema, od dizajna i planiranja, preko implementacije i puštanja u rad, do samog gašenja sistema na kraju svog životnog veka.

Propusti načinjeni u izgradnji sistema mogu da omogućе neovlašćenim korisnicima tzv. napadačima da dođu u posed poverljivih informacija, da preuzmu kontrolu nad sistemom, da izvrše izmene u elektro-energetskom sistemu na način da ga destabilizuju sa nepredvidivim posledicama. Zbog toga je bezbednost zajednička odgovornost svih učesnika, pa i samih državnih i međunarodnih institucija.

### 1.3. Uloge učesnika u bezbednosti i faze realizacije

U nastavku rada su navede pojedinačne uloge, odn. specifične grupe korisnika sa zajedničkim oblastima delovanja i karakteristikama, kao i njihov doprinos u pojedinim fazama razvoja i realizacije sistema.

Tipične faze razvoja odn. unapređenja nekog sistema su:

- **faza planiranja** predstavlja fazu dizajna u kojoj se vrši detaljna analiza svih zahteva koje je potrebno realizovati za izgradnju jednog sistema kao i dizajn rešenja
- **faza razvoja** u kojoj se na osnovu utvrđenih pravila vrši izrada pojedinačnih komponenti sistema
- **faza instalacije** odn. faza operativnog puštanja sistema u rad
- **faza eksploatacije**, odn. u slučaju pametnih mreža faza operativnog upravljanja proizvodnjom, prenosom, distribucijom, potrošnjom i trgovinom električnom energijom.

## 2. PLANIRANJE

Cilj faze planiranja, odn. analize i dizajna, jeste podela kompleksnog sistema na celine koje se mogu međusobno izolovati na osnovu određenih kriterijuma. Na taj način je moguće razmatrati čitav sistem iz ugla pojedinačnih delova i njihovih međusobnih veza. Takav princip podele sistema zahteva uniformno tretiranje svih njegovih delova i međusobnih veza, odn. utvrđivanje određenih pravila.

### 2.1. Regulatorne agencije

Regulatorne agencije predstavljaju nezavisne pravne subjekte zadužene za definisanje tržišnih uslova, praćenje rada i performansi tržišta električne energije i preduzimanje neophodnih mera za obezbeđivanje efikasnog funkcionisanja i ravnopravnog tretmana svih učesnika.

Neki od osnovnih ciljeva regulacije elektro-energetskih delatnosti su:

- osiguranje objektivnosti, transparentnosti i nepristranosti u obavljanju energetskih delatnosti
- briga o sprovođenju načela regulisanog pristupa mreži
- zaštita kupaca energije i energetskih subjekata

Agencije su takođe zadužene za grupu poslova koja se odnosi na licenciranje energetskih subjekata za obavljanje energetskih delatnosti u skladu sa zakonom, koje obuhvataju:

- izdavanje licenci za obavljanje elektro-energetske delatnosti
- oduzimanje licenci
- praćenje ispunjenosti uslova za licenciranje

Na polju bezbednosti glavna odgovornost regulatornih agencija se ogleda u vršenju sistematske kontrole zaštite krajnjih korisnika, odnosno u predlaganju zakonskih rešenja i mera zaštite i konstantnom praćenju sprovođenja tih mera.

Neki od primera nacionalnih i međunarodnih regulatornih agencija su:

- SAD: *FERC (Federal Energy Regulatory Commission)*
- EU: *ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators)*
- Srbija: *AERS (Agencija za energetiku Republike Srbije)*

### 2.2. Instituti/organizacije za standardizaciju

Uspešnost sprovođenja koncepta pametnih mreža zavisi u najvećoj meri od primene otvorenih, standardnih rešenja u svim delovima sistema, počevši od elektro-energetske opreme, preko komunikacionih podsistema pa sve do aplikativnih rešenja.

Osnovni cilj standardizovanih rešenja je da se izbegnu ponavljanja odnosno dupliranja aktivnosti vezanih za istu oblast i moguća konfliktna rešenja kao rezultati tih procesa.

S toga je istaknuta uloga međunarodnih i nacionalnih organizacija odgovornih za standardizaciju svih relevantnih elemenata odnosno komponenata unutar dugačkog lanca snabdevanja električnom energijom.

Standardi su ključna karika i u razvoju robusnih i lako primenljivih mehanizama kontrole bezbednosti. Bez njih bi povezivanje različitih delova sistema bilo prilično komplikovano a cena sistema neprihvatljivo visoka.

Postoji čitav niz međunarodnih institucija unutar kojih je izvršena standardizacija rešenja iz oblasti pametnih mreža od kojih se ovde navode samo neka:

- Evropske
  - *ETSI - European Telecommunications Standards Institute*
  - *CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization*
  - *CEN - European Committee for Standardization*
- Internacionalne
  - *IEC - International Electrotechnical Commission*
  - *ISO - International Organization for Standardization*
- SAD
  - *NIST - National Institute of Standards and Technology*

### 3. IMPLEMENTACIJA

Kao što je već rečeno, razvoj tehnologije je jedan od glavnih pokretača ideje pametnih mreža. Proizvođači opreme i programskih paketa zaduženi su za stvaranje inovativnih rešenja ali takvih da zadovoljavaju utvrđene standarde i pravila.

#### 3.1. Proizvođači opreme

Proizvođači opreme moraju biti svesni da razvijaju proizvode namenjene regulisanom tržištu u kome su zaštita kupca i njegove privatnosti kao i bezbednost napajanja na visokom mestu.

Postoji nekoliko tipova uređaja koji predstavljaju osnovu za realizaciju koncepta pametnih mreža.

- pametni merni uređaji
- uređaji za merenje fazora – za očitavanje stanja sistema, tačnije frekvencije, amplitude i faznog stava neke električne veličine
- generatori za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora – vetro i solarni generatori
- skladišta električne energije - uređaji za skladištenje električne energije
- električna vozila – vozila koja se primarno pokreću na električni pogon baterijama punjivim preko električnih priključaka

Da bi svi gore navedeni uređaji dali svoj puni doprinos u radu u okviru pametne mreže neophodna je jaka komunikaciona infrastruktura, za jednostavan i bezbedan pristup sistemu i bezbednu dvosmernu razmenu podataka između učesnika.

Kako bi se obezbedio nesmetan rad uređaja unutar složenog sistema neophodno je da proizvođači opreme zadovolje propisane standarde iz oblasti za koju je uređaj namenjen.

Sami uređaji, slično svim ostalim učesnicima, moraju biti identifikovani i autentifikovani prilikom samog povezivanja na informacioni sistem pametnih mreža. Moraju biti u stanju da izvrše proveru integriteta poruka koje se razmenjuju pre nego što podaci budu prihvaćeni i prosleđeni na dalju obradu aplikacijama i drugim komponentama sistema. Poruke koje ne zadovolje kriterijume provere ne smeju biti prihvaćene.

Uređaji za bežičnu radio komunikaciju “pate” od mnoštva poznatih sigurnosnih propusta. Iako je definisanjem standarda dosta učinjeno na polju zaštite, uvođenjem složene i povezane mrežne infrastrukture za bežični prenos otvaraju se vrata za neke nove slabe tačke u sistemu: ubacivanje nepostojećih ruta, preuzimanje identiteta i lažno predstavljanje komunikacionih čvorova, itd.

Oprema montirana u polju: unutar transformatorskih stanica, na stubovima i u domaćinstvima, postaje podložna napadima koji se ostvaruju analizom emitovanog elektro-magnetnog zračenja, emitovanih radio talasa ili potrošnje samih uređaja.

Zbog svega navedenog proizvođači opreme su dužni da obezbede standardizovana rešenja, koja često zahtevaju upotrebu višestrukih mehanizama zaštite, ali na takav način da cena opreme i samih bezbednosnih mehanizama bude tržišno prihvatljiva.

#### 3.2. Proizvođači programskih paketa

Pametne mreže će zahtevati znatno više softverskih komponenti od postojećih, sada već zastarelih, sistema koje treba da zamene. Zadatak tih komponenti, pored prikupljanja i obrade velike količine podataka u realnom vremenu, je i obezbeđivanje zaštite informacija.

Do sada identifikovani sigurnosni koncepti softverskog inženjerstva predstavljaju osnov za razvoj i ugradnju bezbednosnih mehanizma: **poverljivost** informacija, **integritet** podataka koji se razmenjuju, kao i **dostupnost** informacija. Bitno je istaći i dodatne faktore koji direktno utiču na realizaciju informacionih sistema: **autentifikacija** - provera identiteta korisnika, **autorizacija** – provera dodeljenih prava u sistemu, **neporecivost** – mogućnost praćenja aktivnosti kroz istoriju.

Prilikom definisanja zahteva za izradu softverskog paketa potrebno je posebno obratiti pažnju na sigurnosni aspekt zaštite informacija ciljnog sistema, procenu rizika, klasifikaciju podataka, definisanje i razradu slučajeva normalnog korišćenja kao i slučajeva neočekivanog korišćenja (zloupotrebe).

Tokom dizajna i razvoja sistema potrebno je težiti rešenjima već potvrđenim u praksi: dizajn šablona, upotreba kriptografskih algoritama za zaštitu podataka, primena rešenja za već poznate propuste, itd.



Nakon završetka implementacije sledi verifikacija ostvarenih rezultata u kojoj posebnu pažnju treba posvetiti testiranju bezbedonosnih atributa i funkcionalnosti. Potrebno je potvrditi da je sistem otporan na sve do tog trenutka poznate propuste.

Potrebno je takođe da proizvođač isporuči i detaljnu dokumentaciju o primenjenim rešenjima.

Kao i kod proizvodnje opreme izražena je težnja za primenom standardnih mehanizama, kako iz oblasti samih informacionih tehnologija tako i iz oblasti bezbednosti, kako bi se omogućila nesmetana integracija mnoštva komponenti neophodnih za realizaciju ovako kompleksnih sistema.

#### 4. INSTALACIJA I KONTROLA

Instalacija i puštanje ovako kompleksnog sistema u rad zahteva obimnu dokumentaciju i detaljno definisanje konfiguracije za ispravno funkcionisanje. Glavne uloge u ovoj fazi instalacije i kontrole sistema zauzimaju sistem integratori kao i odeljenja za nadzor i kontrolu rada informacionog sistema.

##### 4.1. Isporučioc i gotovih rešenja

Pošto je praktično nemoguće da jedan isporučilac razvije kompletno rešenje, svu neophodnu opremu i servise, za migraciju postojećih sistema na pametne mreže veliku ulogu preuzimaju sistem integratori, odn. kompanije koje nude gotove integrisane proizvode: počevši od mrežne infrastrukture, operativnih sistema, komunikacionih protokola, itd.

Glavni zadatak takvih kompanija je da obezbede odgovarajuće sertifikate kojim potvrđuju da isporučena rešenja zadovoljavaju sve unapred definisane zahteve u skladu za tehničkim i tehnološkim standardima kao i pravnim i zakonskim regulativama.

##### 4.2. Odeljene za bezbednost

Odeljena za nadzor i kontrolu bezbednosti informacionog sistema unutar proizvodnog, prenosnog ili distributivnog preduzeća su zadužena za primenu svih mehanizama zaštite obuhvaćenih isporučenim sistemom i njihovu redovnu kontrolu.

Zbog potrebe razmene velike količine podataka neophodno je definisati jasna pravila za njihovu obradu i zaštitu, i ta pravila striktno primenjivati.

To podrazumeva detaljno upoznavanje korisnika sa mogućnostima isporučenog sistema, svim konfiguracionim parametrima, uticaju svakog od tih parametara na funkcionisanje kako pojedinačnih delova tako i čitavog sistema, periodičnu proveru rada mehanizama zaštite na osnovu istorijskih podataka.

Takođe tim za bezbednost zadužen je za konstantnu obuku svih zaposlenih prilikom promene pravila funkcionisanja ili nekog od parametara sistema.

Pored toga njihovo zaduženje se ogleda i u verifikaciji novih verzija na nekom od izdvojenih i izolovanih test sistema, pre puštanja izmena na sistem u produkciji.

Neophodno je i konstantno praćenje trendova i novosti iz oblasti bezbednosti kako bi se na vreme sprečila moguća šteta uzrokovana pojavom novih sigurnosnih rupa i propusta.

Suštinska uloga ovih korisnika je da obezbede neometani rad sistema uz očuvanje privatnosti krajnjih korisnika i zaštitu integriteta svih delova sistema.

#### 5. OPERATIVNO VOĐENJE MREŽE

Iako se pod operativnim upravljanjem smatra niz akcija usmerenih na obavljanje aktivnosti vezanih vođenje elektro-energetskog sistema, potrebno je istaći važnost primene bezbednosnih mera u ovom procesu.

Najvažnije uloge u celom tom procesu su mrežni operateri, krajnji korisnici elektro-energetskog sistema, kao i odeljenja za trgovinu električnom energijom i pružanje usluga.

##### 5.1. Mrežni operateri

U mrežne operatere spadaju svi učesnici angažovani na poslovima operativnog upravljanja, izgradnje, održavanja i planiranja kako distributivnih tako i prenosnih mreža [5].

Neki od tipičnih korisnika koji spadaju u red operatera su:

- **dispečeri** - korisnici zaduženi za obavljanje kontrolnih funkcija unutar kontrolnih centara
- **inženjeri za podešenje zaštitne opreme** – korisnici zaduženi postavljanje i podešavanje relejne zaštite, kao i praćenje poremećaja u mreži
- **službe održavanja** – korisnici zaduženi za ugradnju i remont opreme

Iako im je primarna uloga obezbeđivanje nesmetanog funkcionisanja elektro-energetskog sistema vrlo je važno da budu svesni mogućih posledica koje mogu nastati nepoštovanjem bezbedonosnih mera.

Određeni podaci, od vitalne važnosti utvrđene na nacionalnom nivou, neophodni su za funkcionisanje drugih delova sistema. Npr. podaci o potrošnji očitani sa brojila krajnjih korisnika, neophodni su preduzećima za naplatu odn. trgovinu električnom energijom kao i za pružanje usluga.

Dužnost operatera je da prikupljene podatke prosledi isključivo zainteresovanim stranama koji za to imaju dobijeno odobrenje, ali na način da poverljive informacije

o korisnicima ostanu zaštićene u skladu sa unapred utvrđenim pravilima i zakonskim regulativama.

Razlike u tržišnim modelima, kao i odgovornostima i načinima funkcionisanja operatera u prenosnim i distributivnim elektro-energetskim podsystemima, preduzećima za trgovinu i eventualnim novim učesnicima, će postojati i u budućnosti i zato je bitno da se jasno definišu i strogo poštuju pravila razmene informacija između njih.

### 5.2. Krajnji korisnici

Korisnici predstavljaju krajnje elemente u lancu jednog elektro-energetskog sistema, odn. mreže i u odnosu na vrstu uticaja mogu se podeliti na

- **proizvođače** - generišući električnu energiju aktivno doprinose regulaciji napona i reaktivne energije i čija je obaveza da obezbede relevantne podatke (o prognozama, isključenjima, trenutnoj proizvodnji) učesnicima zaduženim za trgovinu električnom energijom.
- **potrošače**, utiču na proizvodnju i kontrolu napona i reaktivne energije.

Potrošači, pored toga što konzumiraju električnu energiju, mogu uz davanje saglasnosti biti uključeni u program servisa za reagovanje na potrebe konzuma (eng. *Demand Response services*), kako bi se na brz i pouzdan način smanjilo opterećenje na sistem u slučajevima preopterećenja.

Proizvođači električne energije predstavljaju korisnike koji ugovaraju svoje usluge sa prenosnim i distributivnim mrežnim operaterima.

Iako se bezbednosni mehanizmi uvode prvenstveno zbog zaštite krajnjih korisnika i oni sami imaju značajnu ulogu u čitavom tom procesu: dužni su da obezbede i održavaju opremu koja zadovoljava bezbednosne kriterijume, da primećene propuste prijave nadležnim službama, da postanu svesni mogućnosti zloupotreba i njihovih posledica.

Isto tako krajnji korisnici moraju imati mogućnost izbora da li svoje podatke (o potrošnji, lične podatke) da ustupe ostalim učesnicima pored mrežnih operatera. Pri tome moraju imati kontrolu nad tipom i količinom tih podataka koji se ustupaju i dele.

Dodatno, moraju imati obezbeđen slobodan pristup podacima o sopstvenoj potrošnji.

### 5.3. Odeljenja za trgovinu i usluge

Uvođenjem koncepta pametnih mreža pojavljuju se nove mogućnosti odnosno izazovi za kompanije i preduzeća

kojima je glavna delatnost snabdevanje i trgovina električnom energijom kao i pružanje usluga: mogućnost tarifiranja na osnovu perioda potrošnje (određeni sati tokom dana, određeni dani tokom nedelje, potrošnja u kritičnim periodima preopterećenja sistema,...), obračun utrošene i proizvedene električne energije, itd.

Potrebno je da kompanije u takvim uslovima obezbede pouzdane mehanizme za integritet i zaštitu od neovlašćene upotrebe podataka o korisnicima u skladu sa propisima.

## 6. ZAKLJUČAK

Za uvođenje bezbedonosnih mehanizama u pametne mreže, a zbog kompleksnosti domena elektro-energetskih sistema i domena zaštite, potrebno je koordinisano i neprekidno učešće svih subjekata tokom svake pojedinačne faze realizacije. Propust načinjen od strane bilo kog učesnika u lancu kao posledicu može da izazove slaba mesta u sistemu podložna napadima i zloupotrebama.

Prilikom svih aktivnosti na unapređenju sistema, odn. prilikom definisanja slučajeva korišćenja (eng. *use case*), vrlo je važno razmotriti svaki taj slučaj iz više različitih uglova bezbednosti: sa aspekta zakonske i pravne regulative, iz ugla standarda, iz ugla isporučioaca i korisnika funkcionalnosti,...

Iako je to samo mali korak u realizaciji, bez odgovarajuće podele odgovornosti ne bi bilo moguće dostići potreban nivo zaštite sistema koji vremenom, kako nam iskustvo pokazuje, zahteva stalna prilagođavanja i poboljšanja.

## LITERATURA

- [1] EU Commission Task Force for Smart Grids – Expert Group 1, „Functionalities of smart grids and smart meters - Final Deliverable“, 2010.
- [2] CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group „Standards for Smart Grids“, 2011.
- [3] National Institute of Standards and Technology Interagency Report 7628, "Guidelines for Smart Grid Cyber Security: Vol. 1, Smart Grid Cyber Security Strategy, Architecture, and High-Level Requirements", 2010.
- [4] National Institute of Standards and Technology, „Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards“, 2010.
- [5] EU Commission Task Force for Smart Grids, Expert Group 3, „Roles and Responsibilities of Actors involved in the Smart Grids Deployment“, 2011.

# PROGRAM MERENJA PARAMETARA INFORMACIONE SIGURNOSTI - KARAKTERISTIKE I KONCEPTUALNI PREDLOG

## INFORMATION SECURITY PARAMETERS MEASUREMENT PROGRAM – CHARACTERISTICS AND CONCEPT PROPOSAL

Dejan Janković<sup>1</sup>  
Alpha Bank Srbija a.d.<sup>1</sup>

**Sadržaj** – Parametri sigurnosti informacija su bitna komponenta ukupnog programa informacione sigurnosti jedne organizacije. Cilj merenja parametara je demonstriranje efikasnosti primenjenih sigurnosnih kontrola, kao i donošenje ispravnih odluka vezanih za upravljanje sigurnošću informacija. U radu su uočene i analizirane prednosti, doprinosi i nedostaci pojedinih pristupa datih u relevantnoj literaturi. Takođe je predložen koncept i karakteristike programa merenja parametara informacione sigurnosti u organizaciji.

**Abstract** - Information security metrics are important component of overall information security program of an organisation. The goal of parameters measuring is to demonstrate the efficiency of applied security controls, as well as right decision making with regards to the Information security management. In the paper are identified and analyzed advantages, contributions and shortcomings of different approaches found in relevant literature. Also, the concept and characteristics of information security parameters measurement program in an organisation are suggested.

### 1. UVOD

Sigurnost informacija i informacionih sistema u korporativnom okruženju je oblast koja je u trendu već duži niz godina. Jedna od bitnih komponenti sigurnosti bi trebalo da bude i program merenja parametara sigurnosti informacija. Ovakav program je značajan iz razloga što omogućava praćenje stanja sigurnosti organizacije u celini, ili IT sistema i njegovih komponenti. Ključni elementi programa su parametri sigurnosti koje treba pratiti i analizirati i treba da služe za donošenje operativnih i strateških odluka.

Analizom relevantne literature je uočeno da i pored velikog broja radova ne postoji jedinstven i standardizovan pristup problemu. Različiti autori predlažu praćenje i kvalitativnih, kvantitativnih, subjektivnih i uslovno objektivnih parametara. Stoga je u prvom delu rada dat pregled najbitnije literature, dok je u drugom predložen koncept i karakteristike programa merenja parametara informacione sigurnosti u organizaciji.

### 2. PREGLED I ANALIZA RELEVANTNE LITERATURE

U nastavku rada dati su pregled i analiza relevantne literature iz ove oblasti. Broj prvobitno selektovanih radova je bio 29, ali je zbog ograničenja prostora ovde dat

pregled onih koji, po autoru, imaju najveći značaj.

U radu [1], autori navode standardnu frazu da se ne može upravljati nečim što se ne meri. Oni iznose tvrdnju da merenje daje mogućnost za prioritizaciju pretnji, ranjivosti i rizika kojima je organizacija izložena. U radu je dat prikaz modela za rangiranje ranjivosti, tzv. Common Vulnerability Scoring System (CVSS). Takođe, navedeni su primeri ponekih parametara koje je moguće meriti u u informacionim sistemima.

Ono što je primetno da nedostaje u ovakvom radu je jasna veza između dve pomenute oblasti, tj. modela rangiranja ranjivosti (CVSS) i predloženih operativnih parametara za merenje. Dalje, nedostaje jasno obrazloženje za razloge izbora konkretnih parametara koji su predloženi za merenje.

U dokumentu [2] se navode praktične preporuke i primeri konkretnih parametara koje treba meriti.

Kontrola	Parametar	Komentar
4.1 Procena rizika	% od ukupnog broja rizika, identifikovanih kao: visoki, srednji i niski	Dobija se korišćenjem jedne od standardizovanih metodologija za procenu rizika
6.1 Interna organizacija	% broja zaposlenih kojima je formalno dodeljena odgovornost za sigurnost informacija	Merenje efikasnosti administrativne kontrole
7.1 Odgovornost za informacione resurse	% broja informacionih resursa u svakoj fazi procesa klasifikacije (identifikovani, evidentirani, sa dodeljenim vlasnikom, sa procenjenim rizikom, klasifikovani, obezbeđeni).	Merenje efikasnosti administrativne kontrole
10.4 Zaštita od malicioznog koda	Trend broja virusa i dr. koji su detektovani i zaustavljeni.	Praćenje efikasnosti tehničke kontrole

Tabela 1. Primer tipičnih parametara efikasnosti sistema upravljanja sigurnošću informacija zasnovanog na standardu ISO 27001

Oni su dati u kontekstu praćenja i izveštavanja o stanju sigurnosti u organizaciji, zasnovanom na standardu za upravljanje sigurnošću informacija ISO 27001. Stoga su i

parametri odabrani na taj način da obuhvate praćenje kontrola definisanih ovim standardom. U Tabeli 1. su prikazani neki tipični parametri koji su predloženi za merenje.

Kao što se može videti iz Tabele 1, ovi parametri su više organizacionog tipa nego tehničkog. To je stoga što i sam standard obuhvata upravljanje svim informacionim resursima u organizaciji, a ne samo resursima informacionog sistema.

Za razliku od prethodnog, u radu [3] autori daju metodologiju za ocenjivanje ranjivosti informacionih sistema i njihovih hardverskih i softverskih komponenti. Razvoju Common Vulnerability Scoring System (CVSS) sistema prethodi uočavljive problema da postoji više nekonzistentnih različitih metoda za procenjivanje ranjivosti, na osnovu kojih nije bilo adekvatno ili čak uopšte moguće doći do informacije o realnoj opasnosti koju otkrivene ranjivosti predstavljaju za konkretan realan informacioni sistem. Dalje, obzirom na veliki broj ranjivosti, koji je rezultat kumulacije ranjivosti svake komponente HW (npr u mikro kodu), i SW (npr u operativnom sistemu ili alikativnom ili sistemskom softveru) sistema, nije bilo jednostavno napraviti prioritet ažuriranja i ispravljanja ovih ranjivosti.

Kao rezultat rada na rešavanju uočenih problema kreiran je CVSS. On je zasnovan na kombinovanom - kvantitativnom merenju i kvalitativnoj oceni ranjivosti sistema. Ovaj sistem omogućava standardizovanje ocena svih otkrivenih ranjivosti, kao i prioritizaciju rizika koje one predstavljaju za konkretan analizirani informacioni sistem ili komponentu. Sve ovo je moguće jer se CVSS sistem bazira na pravovremenom uočavanju ranjivosti, merenjima više njihovih parametara, a potom na proračunima na osnovu kojih se dobija sveukupna ocena, na osnovu koje se ranjivosti mogu porediti sa ostalima, rangirati i što je najvažnije prioritizovati akcije radi njihovog otklanjanja.

Međutim, sa aspekta istraživanja predstavljenih u ovom radu, CVSS sistem predstavlja samo jednu komponentu merenja performansi sigurnosti informacionog sistema. CVSS je osmišljen isključivo za praćenje i ocenjivanje ranjivosti, dok se druge moguće mere performansi nalaze van opsega. Ipak, ovo je pozitivno jer su autori jasno ograničili istraživanje i koncentrisali na jedan segment IT sigurnosti, a potom dali svoje praktično primenljivo rešenje.

U radu [4] se takođe naglašava potreba i važnost merenja parametara sigurnosti sistema, ali samo na konceptualnom nivou i bez navođenja konkretnih veličina koje bi trebalo meriti.

Dokument NSIT 800-55 [5] je koncipiran kao vodič za razradu, izbor i primenu merenja parametara sigurnosti informacionih sistema. Cilj je da se demonstrira

efikasnost primenjenih sigurnosnih kontrola. Obradeni parametri su takođe namenjeni i za podršku odlučivanju i unapređenje karakteristika sistema, a u cilju prikazivanja doprinosa koji program sigurnosti informacija daje organizaciji.

Kao polazna osnova, u dokumentu se uzimaju relevantni zakonski i regulatorni zahtevi američkog zakonodavstva. Ovde se kao jak argument za merenje i praćenje parametara sigurnosti, daje potreba za pravdanjem i obrazlaganjem investicija u projekte sigurnosti informacija. U dokumentu se naglašava važnost definisanja ciljnih vrednosti parametara koji se prate. Na ovaj način se može videti stepen uspešnosti i efikasnosti, koji je tim veći što su izmereni parametri bliži ciljnoj vrednosti.

Kao značajan doprinos, dat u dokumentu, svakako treba izdvojiti predloženi skup od 19 merljivih parametara. Dat je detaljan i sistematičan opis svakog parametra, njegovo objašnjenje, veza sa strateškim ciljevima organizacije, sistemi iz kojih se mogu dobiti, kao i način merenja i izveštavanja. Ovo svakako ne prestavlja konačan i potpun skup parametara. Stoga se u dokumentu i sugeriše da svaka organizacija treba, na osnovu svojih potreba, da prikagodi i dalje razradi svoj skup parametara.

U radu [6], autor iz instituta SANS je dao svoj odgovor na narastajuće zahteve za merenjem sigurnosnih performansi. Ovi zahtevi su predstavljeni u svetlu kontrole efikasnosti programa IT sigurnosti, kao i opravdavanja adekvatnosti investicija u projekte IT sigurnosti. Autor predstavlja metod za formiranje programa merenja parametara IT sigurnosti u organizaciji. Iako naslov i uvod upućuju na to da se radi o merenjima, u radu nema predloga konkretnih parametara koje bi trebalo meriti, pa tako ni valuacije tih parametara. Stoga je rad značajan samo jer daje jedan pristup, tj. okvir za uspostavljanje sistema merenja u organizaciji.

U [7] se takođe, kao polazna osnova uzima regulatorna obaveza za zaštitom informacija. Kao reference su navedeni različiti američki zakoni.

Ono što izdvaja ovaj dokument od ostalih je podela merljivih parametara sigurnosti po nivoima izveštavanja, tj. odlučivanja. Parametri su podeljeni u tri grupe koje su namenjene 1) najvišem menadžmentu, 2) srednjem menadžmentu i 3) parametri tehničkog nivoa.

1) su parametri koji pokazuju efikasnost upravljačkih aktivnosti, kao što je na primer procenat sastanaka upravnog odbora na kojima je među temama bila i sigurnost informacija, ili procenat informacionih dobara za koje je definisana i implementirana strategija zaštite.

2) su parametri koji se tiču definisanja i primene sigurnosnih politika za šta je odgovoran menadžment srednjeg nivoa. Ovde su primeri - procenat menadžera koji su primenili sigurnosne procedure u svojim organizacionim celinama, procenat informacionih dobara

za koje je određena cena ili novčano izraženi gubitak za slučaj incidenta.

3) su parametri efikasnosti implementiranih tehničkih kontrola na samim sistemima. Tu su na primer - procenat sistema u kojima se koristi "jaka autentifikacija", procenat računara sa implementiranom ažurnom zaštitom od malicioznog koda, procenat mobilnih uređaja na kojima su podaci šifrovani u skladu sa propisanom procedurom.

Međutim, ono što nedostaje je da nema detaljnijih preporuka o tome na koji način treba da se izvode merenja, tj. uzorkovanje navedenih upravljačkih parametara 1) i 2). Ipak, pristup problemu i razgraničavanje parametara po grupama vezanim za različite organizacione nivoe odlučivanja, uvodi sistematičnost u rešavanje problema. Na ovaj način je olakšano dalje razvijanje celokupnog programa merenja parametara sigurnosti informacija.

U [8] autor naglašava kompleksnost problematike merenja parametara programa IT sigurnosti. Jer veliki broj parametara koji bi trebalo i mogli bi da prikažu uspešnost programa se direktno ili indirektno tiču realizovanih incidenata, koji nisu uvek najpoželjniji za prikazivanje. Kao odgovor tome, a kao deo celokupnog programa IT sigurnosti, autor predlaže primenu dobro osmišljenog programa merenja parametara IT sigurnosti. Ovo ni najmanje nije jednostavno jer iako postoje mnoge veličine koje je moguće beležiti, pratiti i analizirati, postoji velika razlika između parametara, kao što su na primer "interesantne činjenice, tipa broj pokušaja upada koje je blokirao firewall sistem." Ovo može biti interesantna činjenica, ali je daleko od upotrebljivog parametra. Preporuka autora je da svi odabrani parametri treba da budu u odgovarajućem kontekstu i funkciji programa merenja parametara, efikasnosti i uspešnosti opšteg programa IT sigurnosti.

Autor zastupa tezu da parametri moraju biti kvantitativni da bi uopšte prikazivali meru neke veličine, dok kvalitativne i opisne vrednosti nisu uopšte parametri koji se mogu meriti i pratiti, jer ne sadrže ni mernu jedincu, niti numeričku skalu. Štaviše, kvalitativno izražene vrednosti se vrlo često dobijaju iz procena različitih eksperata a ne merenjem brojnih vrednosti, te su kao takvi po prirodi subjektivni i nije ih moguće reprodukovati.

Dalje, autor se koncentriše i na druge neophodne aspekte programa, a to su priprema izmerenih podataka i njihova statistička analiza i jasna prezentacija donosiocima odluka. Ovo poslednje je značajno zbog toga što podaci moraju biti jasni svim učesnicima a naročito poslovnim menadžerima, koji nemoraju biti eksperti iz oblasti sigurnosti.

U članku [9] autor daje predlog i obrazlaže 6, po njemu bitnih parametara i navodi da oni ne predstavljaju definitivan skup dovoljnih parametara već samo polaznu osnovu za širenje lepeze korisnih parametara. Iako

praktični ovi parametri ne predstavljaju novost, već se autor za svaki odabrani parametar poziva na [8]. Dalje, ne postoji konzistentnost u vrsti parametara jer su neki kvalitativni dok su drugi kvantitativni.

[10] je pregledni rad koji se bavi značajem merenja, ali na teorijskom i konceptualnom nivou. I pored odabira i analize većeg broja značajnije literature, u radu nisu dati predlozi za konkretne parametre sigurnosti koje bi trebalo meriti. Nasuprot tome, autor predviđa sve veće poteškoće u praćenju parametara, a u kontekstu njihovog doprinosa za organizaciju. Kao razlog za ovo, autor navodi narastajuću kompleksnost i povezanost informacionih sistema i poslovnih okruženja. Takođe, navodi potrebu za razvojem novih metoda za vrednovanje i merenje parametara informacionih dobara.

Za razliku od ostalih radova, koji na različite načine i sa različitim aspektata, analiziraju parametre performansi sigurnosti sistema i predlažu različita rešenja, u radu [11] se zastupa teza da kvantifikovanje parametara ne doprinosi mnogo unapređenju sigurnosti. Autor kritički analizira veliki broj prethodnih radova iz ove oblasti. On tvrdi da se u velikom broju radova kvantifikacija predlaže kao rešenje, ali da je sve zasnovano na hipotezi da sigurnost može tačno i pravilno biti reprezentovana kvantitativnim podacima. Autor dovodi u pitanje funkcionalnost i tačnost analiziranih metoda i predloga rešenja. Istraživanje je sprovedeno na 90 radova.

U radu se konstatuje da i pored velikog broja informatičkih, ekonomskih i drugih tehnika i metoda i posle 20 godina rada različitih autora na ovoj problematici, veoma malo je poznato o validnosti dobijenih rezultata i predloženih rešenja. Zaključuje da je autorima bilo relativno lako da predlože parametre koje bi trebalo meriti, ili modele kvantifikacije, ali je bilo izuzetno teško da potvrde da njihovi modeli zaista pouzdano mogu da reprezentuju operativnu sigurnost kojom se bave. Dakle, kako tvrdi autor, radi se o slabo i nedovoljno proverenim modelima. Njihova primena u praksi, na primer kao podrška donošenju odluka vezanih za sigurnost informacija, može za posledicu da ima preveliku zavisnost procesa odlučivanja od nedovoljno potvrđenog modela ili metoda.

Autor zaključuje da postoji rizik vezan za korišćenje ovakvih metoda, naročito sa aspekta ekonomske opravdanosti, praktične korisnosti i dobijanja konkretnog saznanja o sigurnosti posmatranog sistema; tj. da li se na osnovu tih parametara koji se mere zaista može odrediti konkretan nivo sigurnosti.

Na osnovu analize 90 radova koje je autor sproveo zaključujemo da još uvek nema standardizovane, dobro proverene, praktično primenljive i opšte prihvaćene metode, za kvantifikovanje informacione sigurnosti, a na osnovu koje bi mogle biti donošene odluke sa velikom pouzdanošću.

### 3. DISKUSIJA

U velikom broju analiziranih radova ističe se značaj i neophodnost merenja upravljačkih ili operativnih performansi sigurnosti informacija i informacionih sistema. Kao razlog za to navode se mnogo bolje i sistematičnije praćenje ukupne sigurnosti sistema, kao i obezbeđivanje pouzdanih informacija donosiocima odluka. Na osnovu ovih informacija, odluke o alokaciji sigurnosnih mera i iniciranju sigurnosnih projekata, mogu biti donete mnogo preciznije i sa većom pouzdanošću.

Sa druge strane, ono što je zapaženo, jeste da nije veliki broj autora koji zaista predlažu konkretne kvantitativne tehničke parametre koje bi trebalo meriti [3], [12], [2], [5], [8]. Još manji broj radova argumentuje svoje predloge.

Štaviše, u [11] se ozbiljnom analizom dovodi u pitanje mogućnost da se izmerenim parametrima reprezentuje realno stanje sigurnosti sistema.

Jedan od glavnih problema sa parametrima koje bi trebalo meriti jeste nedostatak strateške opredeljenosti, plana i formalnog programa merenja performansi. Najčešće mereni parametri prikazuju ponašanje sistema u prošlosti, a bez jasnog opredeljenja cilja i svrhe njihovog prikupljanja. Činjenica da su pojedini parametri lako dostupni za praćenje i merenje nije dovoljna da ih uvrsti u skup onih koji su zaista bitni i koji su u vezi sa strateškim ciljevima organizacije. Najčešće je većina predloženih parametara vezana za neke aktivnosti i ponašanja sistema, tj. izlazne veličine, ali je retko gde predložen i referentni sistem koji prikazuje ciljne rezultate koji se žele postići.

Drugi uočen problem je da čak iako su izabrani adekvatni parametri koji se mere, oni nisu dovoljno jasno definisani i adekvatno reprezentovani svima onima koji učestvuju u donošenju odluka. Na primer, tehnički parametri sistema i njihov uticaj nisu adekvatno interpretirani rukovodiocima na višim nivoima.

### 4. KONCEPTUALNI PREDLOG PROGRAMA MERENJA PARAMETARA INFORMACIONE SIGURNOSTI

I dalje je otvoreno pitanje - kako odrediti koji od svih dostupnih merljivih parametara su zaista ključni?

Na osnovu prethodne analize i diskusije, u nastavku je dat konceptualni predlog za formiranje programa merenja sigurnosnih parametara.

To bi trebalo da budu oni parametri koji su direktno u vezi sa strateškim ciljevima, koji su postavljeni pred program informacione sigurnosti na najvišem upravljačkom nivou u organizaciji. Oni treba da omogućе merenje i kvantifikovanje ispunjenja ovih unapred postavljenih strateških ciljeva.

Dobro odabrani parametri bi trebalo da omogućе brz i jednostavan uvid u trenutni status programa sigurnosti, njegove trendove napretka, ali i da po potrebi omogućе dobijanje više detalja o merenim parametrima i njihovim

značenjima za organizaciju.

Ovo treba da bude omogućeno na najvišem upravljačkom nivou merenjem, praćenjem i izveštavanjem o relevantnim parametrima prilagođenim najvišem i srednjem menadžmentu. Takođe, na operativnom nivou treba definisati i pratiti dovoljan broj tehničkih parametara na samim sigurnosnim sistemima (firewall, IDS/IPS, anti virus i dr.).

Svi parametri treba da budu detaljno definisani u smislu svrhe njihovog merenja, same veličine koja se meri, načina na koji se izračunava i statistički prilagođava za prikazivanje i izveštavanje. Dalje, treba da bude definisana ciljna vrednost kojoj se teži, kao i učestanost prikupljanja, uzorkovanja, analiziranja i izveštavanja.

Ovde treba napomenuti neophodnost prilagođavanja prema potrebama i specifičnostima konkretne organizacije. Izbor parametara se mora vršiti na osnovu strateškog opredeljenja o programu merenja i njegovom opsegu, koji može obuhvatiti samo jedan IT podsistem, ceo IT sistem, ili kompletnu organizaciju.

U slučaju da se programom obuhvati kompletna organizacija, trebalo bi uzeti u obzir i kvalitativne parametre, baš zbog njihove prirode odslikavanja subjektivne percepcije sigurnosti. Iako ista izmerena vrednost može biti različito percipirana od strane različitih uključenih strana, ovo ipak može biti korisno zbog demonstriranja tzv. "osećaja sigurnosti" i poređenja njegovog nivoa sa izmerenim vrednostima tehničkih parametara.

### 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu analizirane literature može se zaključiti da je i dalje aktuelano i otvoreno pitanje o tome - koje parametre sigurnosti treba meriti radi dobijanja pouzdanih informacija o realnom stanju sigurnosti informacionog sistema i informacija u organizaciji.

Stoga je u radu predložen mogući način pristupa problemu, formiranjem programa merenja parametara sigurnosti. Ovo je dato na konceptualnom nivou, uzimajući u obzir potrebu za efikasnošću i eksplicitnim izražavanjem efikasnosti funkcionisanja sistema sigurnosti informacija u organizaciji. Navedeni su bitni činiooci ovog programa kao i vrste parametara koje treba pratiti. Sugerise se njihova diferencijacija po nivoima učesnika na parametre za donosiocе strateških odluka i za operativni menadžment. Takođe predloženo je uključivanje i parametara koji odslikavaju subjektivni osećaj sigurnosti organizacije.

Detaljna razrada ovakvog programa i definisanje konkretnih pojedinačnih parametara može biti izazovan zadatak za nastavak rada na ovom polju.

### NAPOMENA

Napominje se da je ovo autorski rad, te da kao takav ne predstavlja zvaničan stav i nastup institucije iz koje autor dolazi.

**LITERATURA**

- [1] I.P. Victor-Valeriu PATRICIU, Sebastian NICOLAESCU, "Security Metrics for Enterprise Information Systems", *Journal of Applied Quantitative Methods*, 2006.
- [2] iso27001security.com, "Iso/iec 27001 & 27002 Implementation Guidance and Metrics", 2012.
- [3] K.S. Peter Mell, Sasha Romanosky, "A Complete Guide to the Common Vulnerability Scoring System V.2.0", 2007.
- [4] H.H. Thompson, "Practical Security Metrics", *Microsoft*, 2010.
- [5] M.S. Elisabeth Chew, Kevin Stine, Nadya Bartol, Anthony Brown, Will Robinson, "Nist 800-55 Performance Measurement Guide for Information Security", 2008.
- [6] Payne, S.C., "A Guide to Security Metrics", *SANS Institute*, 2006.
- [7] C.I. Group, "Report of the Best Practices and Metrics Teams", 2005.
- [8] A. Jaquith, "Security Metrics: Replacing Fear, Uncertainty, and Doubt", *Addison-Wesley Upper Saddle River*, 2007.
- [9] S. Berinato, "A Few Good Metrics", *CSO Magazine*, 2005.
- [10] R. Bohme, "Security Metrics and Security Investment Models", *Advances in Information and Computer Security*, *Springer*, 2010.
- [11] Verendel V., "Quantified Security Is a Weak Hypothesis: A Critical Survey of Results and Assumptions", *Proceedings of the 2009 workshop on New security paradigms workshop*, *ACM*, 2009.
- [12] D.S. Herrmann, "Complete Guide to Security and Privacy Metrics - Measuring Regulatory Compliance, Operational Resilience, and Roi", *Auerbach Publications*, *Boca Raton*, 2007.

# POSEBNE MERE NADZORA NAD POSTUPANJEM SA TAJNIM PODACIMA U INFORMACIONO-TELEKOMUNIKACIONIM SISTEMIMA

## SPECIAL MEASURES OF INSPECTION OF HANDLING CLASSIFIED INFORMATION IN ICT SYSTEMS

Mario Stanković, Nenad Dimitrijević  
*Ministarstvo odbrane Republike Srbije*

**Sadržaj:** Jedna od opštih mere zaštite tajnih podataka je i nadzor nad postupanjem sa tajnim podacima. Ova mera je posebno značajna kada se radi o nadzoru primene mera zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima, koje su specifične i detaljno definisane posebnim propisom.

**Abstract:** *One of the common measures for the protection of classified information is inspection of handling of classified information. This measure is particularly important when it comes to inspection of the implementation of measures for protection classified information in information and telecommunication systems, which are specific and defined in detail by a special regulation.*

### 1. UVOD

Posebne mere nadzora nad postupanjem sa tajnim podacima, uopšte, odnose se na: neposredan uvid, odgovarajuće provere i razmatranje podnetih izveštaja u vezi sa sprovođenjem svih mera zaštite tajnih podataka ili pojedinih ili određenih mera zaštite tajnih podataka[1]. One se sprovode u okviru unutrašnje kontrole organa javne vlasti, koju vrši rukovodilac organa javne vlasti neposredno ili preko ovlašćenog lica, odnosno preko unutrašnje organizacione jedinice u organu javne vlasti. Suštinski, predmet uredbe je unutrašnja kontrola, kao vid posebnih mera zaštite tajnih podataka. Prema navedenom, unutrašnja kontrola predstavlja kontrolu koja se organizuje i vrši od strane rukovodioca organa javne vlasti, bilo da on to čini neposredno, bilo posredovanjem drugih koji mogu biti:

- lice koje je on ovlastio (ovo je situacija koja je karakteristična za organe javne vlasti koje rukuju sa razmerno malim brojem tajnih podataka) ili
- unutrašnja organizaciona celina u organu javne vlasti (situacija u kojoj organ javne vlasti u posedu ima veliki broj tajnih podataka).

S tim u vezi, potrebno je ukazati i na pojam tajnog podatka, koji određuje Zakon o tajnosti podataka (u daljem tekstu Zakon) [2] u odredbi člana 1. tačka 2. prema kojem je *tajni podatak* takav podatak koji je od interesa za Republiku Srbiju koji je zakonom, drugim propisom ili odlukom nadležnog organa donesenom u skladu sa zakonom, određen i označen određenim stepenom tajnosti.

Pojam koji treba objasniti je i *informaciono-telekomunikacionih sistem* (u daljem tekstu ITS), koji označava bilo koji sistem koji omogućava rukovanje sa podacima u elektronskom obliku, a što naročito obuhvata sva sredstva potrebna za funkcionisanje sistema, uključujući računarske, komunikacione uređaje i infrastrukturu, softverske resurse, organizaciju, osoblje i podatke[3].

### 2. VRSTE UNUTRAŠNJE KONTROLE

Prema postojećim propisima unutrašnja kontrola se može posmatrati sa dva stanovišta[1]. Najpre sa stanovišta načina vršenja može biti najavljena i nenajavljena unutrašnja kontrola. Najavljena unutrašnja kontrola, vrši se na osnovu godišnjeg plana rada organa javne vlasti, a nenajavljena na osnovu odluke koju donosi rukovodilac organa javne vlasti. Kada se radi o nenajavljenoj kontroli, odluku o njenom vršenju donosi rukovodilac organa javne vlasti donosi na osnovu sopstvene procene, odnosno na inicijativu ovlašćenog lica, odnosno unutrašnje organizacione jedinice u organu javne vlasti koja je ovlašćena za vršenje unutrašnje kontrole.

Sa stanovišta obima, unutrašnja kontrola može biti potpuna i nepotpuna. Potpuna kontrola je ona kojom se vrši kontrola primene svih propisanih mera zaštite tajnih podataka, a delimična je ona kontrola, kojom se kontroliše jedna ili više mera zaštite tajnih podataka mera.

### 4. SUBJEKTI UNUTRAŠNJE KONTROLE

Moguće je da unutrašnju kontrolu vrše tri vrste subjekata[1]. Najpre, propisano je da unutrašnju kontrolu vrši pojedinac i to lice koje mora da ispuni sledeće uslove:

- da je zaposlen u organu javne vlasti,
- da ima sertifikat za pristup tajnim podacima istog ili višeg stepena tajnosti nego što su dokumenta, predmeti ili objekti koji su predmet kontrole,
- da je raspoređen na radno mesto čiji poslovi obuhvataju poslove kontrole nad postupanjem sa tajnim podacima.

Sledeća situacija je ona u kojoj je posao unutrašnje kontrole poveren unutrašnjoj organizacionoj jedinici u organu javne vlasti. Uslov za to je da je ta organizaciona jedinica za poslove unutrašnje kontrole određena aktom o unutrašnjem uređenju i sistematizaciji radnih mesta u organu javne vlasti. U tom slučaju, poslove neposredne kontrole može obavljati samo zaposleni iz te unutrašnje



organizacione jedinice koji uz to ima sertifikat za pristup tajnim podacima istog ili višeg stepena tajnosti nego što su dokumenta, predmeti ili objekti koji su predmet kontrole.

Konačno, postoji mogućnost da unutrašnju kontrolu u organu javne vlasti vrši pojedinac uz svoje redovne dužnosti. Uslovi za to su sledeći:

- da je broj dokumenata, predmeta ili objekata koji mogu biti predmet kontrole manjeg obima,
- da njegovi redovni poslovi ne obuhvataju poslove kontrole nad postupanjem sa tajnim podacima,
- da ga za to pismeno ovlasti rukovodilac organa javne vlasti,
- da to lice ima sertifikat za pristup tajnim podacima istog ili višeg stepena tajnosti nego što su dokumenta, predmeti ili objekti koji su predmet kontrole.

O kojoj god od tri situacije da se radi, obaveza je organa javne vlasti da obavesti Kancelariju Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka o licu (licima) koje je ovlašćeno za vršenje poslova unutrašnje kontrole. Ovo iz razloga što je Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka ovlašćena i dužna da vrši obuku lica ovlašćenih za poslove unutrašnje kontrole.

## 5. POSTUPAK VRŠENJA KONTROLE

Kao što je već rečeno, unutrašnjom kontrolom proverava se primena svih propisanih mera zaštite tajnih podataka, odnosno jedna ili više njih, s tim da propisi insistiraju na tome da se unutrašnjom kontrolom naročito kontroliše proverava sprovođenje mera zaštite tajnih podataka naročito u odnosu na:

- 1) određivanje stepena tajnosti podatka;
- 2) označavanje dokumenata i omota dokumenata;
- 3) posebnu prostoriju za prijem tajnih podataka;
- 4) evidentiranje, čuvanje i deponovanje tajnih podataka;
- 5) označavanje ormara i kasa u kojima se čuvaju i deponuju tajni podaci;
- 6) način korišćenja i pristupa tajnom podatku, vođenje evidencije korisnika i evidencije o pristupu tajnom podatku, kao i čuvanje tih evidencija;
- 7) način vršenja umnožavanja, prevođenja i izrade izvoda iz tajnih podataka;
- 8) pakovanje i dostavljanje tajnih podataka unutar i van bezbednosne zone;
- 9) postupak uništavanja tajnih podataka;
- 10) evidenciju ulaza i izlaza lica i vozila, korišćenje bezbednosnih propusnica i posebnih bezbednosnih propusnica, funkcionisanje fizičkog i elektronskog sistema za obezbeđenje objekta i prostora;
- 11) posedovanje, evidenciju i čuvanje sertifikata za pristup tajnim podacima;
- 12) prijem, obradu, prenos, čuvanje, arhiviranje i uništavanje tajnih podataka u elektronskoj formi;
- 13) čuvanje kriptičkih ključeva;
- 14) čuvanje ugovora koji sadrže tajne podatke;

15) način zaštite tajnih podataka stranih pravnih i fizičkih lica.

Prema tome radi se o svojevrsnoj inspekciji primene opštih i posebnih mera zaštite tajnih podataka u organu javne vlasti.

Rezultat te inspekcije jeste zapisnik u kojem se u pismenoj formi fiksira nalaz inspekcije, odnosno provere primene mera zaštite tajnih podataka. Pored zapisnika, obaveza je ovlašćenog lica da podnese rukovodiocu organa izveštaj o izvršenoj unutrašnjoj kontroli. O važnosti tog dokumenta govori i rok u kojem se on mora podneti. Naime, ovlašćeno lice dužno je da izveštaj podnese rukovodiocu organa najkasnije u roku od tri dana od dana izvršene unutrašnje kontrole. Uz izveštaj se dostavlja i zapisnik o kontroli. Ukoliko su prilikom unutrašnje kontrole utvrđeno postojanje nepravilnosti, u izveštaju se mogu predložiti mere za njihovo otklanjanje.

## 6. SPECIFIČNOSTI KONTROLE MERA NADZORA NAD POSTUPANJEM SA TAJNIM PODACIMA U ITS

Da bismo ustanovili predmet nadzora nad postupanjem sa tajnim podacima u ITS potrebno je ukazati na rešenja iz Uredbe Vlade Republike Srbije o posebnim merama zaštite tajnih podataka u ITS [3] koja je stupila na snagu 28. jula 2011. godine (u daljem tekstu – Uredba). Upravo su ova rešenja predmet nadzora, odnosno kontrole. U daljem tekstu dat je pregled ključnih mera iz navedene Uredbe, koje po našem mišljenju moraju biti predmet nadzora.

Posebne mere zaštite tajnih podataka u ITS, prema donosiocu Uredbe mogu biti tehničke i organizacione.

Tehničke mere podrazumevaju primenu svih metoda, oruđa i znanja koja se upotrebljavaju kako bi se tajni podaci zaštitili od kompromitovanja. Odredbe člana 3. Uredbe, bliže uređuju tehničke i organizacione mere zaštite tajnih podataka u ITS. Iste nisu date po principu zatvorenog kruga već su date najkarakterističnije mere tehničke i organizacione zaštite tajnih podataka u tim sistemima.

Organizacione mere podrazumevaju takvo ustrojstvo institucija, koje raspolazu ITS, koje omogućava valjanu zaštitu tajnih podataka u tim sistemima. U našem slučaju posebno je interesantna mera koja insistira na sinergiji ljudskih i tehničkih potencijala sistema koji će omogućiti maksimalnu zaštitu tajnih podataka pri projektovanju ITS. Projektovanje podrazumeva da se prethodno izradi studija kojom se utvrđuje stepen tajnosti podataka koji se obrađuju u sistemu i stepen tajnosti samog sistema, idejnog projekta, glavnog projekta, izvođačkog projekta i uvođenja projektovanih rešenja, kao i pri operativnim radu sistema što podrazumeva planiranje rada i vođenje evidencija o izvršavanju svih postupaka u radu sistema i kretanju dokumentacije.

Donosilac Uredbe insistira da se posebne mere zaštite tajnih podataka u ITS odnose na sledeće elemente tog sistema:

- objekat u kome je smešten sistem (oprema, dokumenti, programska podrška i mreža);
- prostor, prostorije, odnosno bezbednosne zone u kojima se obrađuju tajni podaci u sistemu;
- ovlašćena lica za upravljanje bezbednošću sistema;
- sve učesnike u radu sistema;
- korišćenje sistema za potrebe rada sa tajnim podacima;
- režim rada sistema;
- zaštitu tajnih podataka prilikom obrade i čuvanja u sistemu;
- zaštitu od rizika kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja, kao i instaliranje uređaja za čuvanje tajnih podataka.

Takođe, organi javne vlasti dužni su da odrede ovlašćeno lice za upravljanje bezbednošću sistema. Dužnosti tog lica su da upravlja bezbednošću sistema u organu javne vlasti, odnosno da prati i ocenjuje bezbednosne karakteristike sistema. Uredba obavezuje organ javne vlasti, da prilikom određivanja ovlašćenih lica za upravljanje bezbednošću sistema, obezbede da jedno lice ne kontroliše sve važne elemente bezbednosti sistema, kao i da ta lica poseduju odgovarajući sertifikat za pristup tajnim podacima.

U odredbama člana 6. Uredbe taksativno su navedeni uslovi koje ITS mora ispunjavati da bi se u istom rukovalo tajnim podacima. Prema tome, Sistem mora da ispunjava uslove za:

- zaštitu od neautorizovanog pristupa, koja podrazumeva identifikovanje i pouzdano garantovanje identiteta (autentikacija) lica koja imaju pristup sistemu;
- kontrolu i vođenje evidencije o pristupu sistemu;
- kontinuirano beleženje (automatizovano, ručno ili kombinovano) o bezbednosnom stanju sistema (bezbednosni zapis), aktivnostima sistema, kao i izmenama postojećeg stanja sistema;
- proučavanje bezbednosnih zapisa od strane ovlašćenih lica;
- određivanje ovlašćenja korisnicima u vezi sa bezbednošću sistema;
- određivanje ovlašćenja korisnicima u vezi sa korišćenjem sistema;
- obezbeđivanje bezbednog načina označavanja stepena tajnosti;
- identifikaciju korisnika koji vrši izmene, štampanje, presnimavanje ili brisanje tajnog dokumenta;
- beleženje izmene, štampanje, presnimavanje ili brisanje tajnog podatka od strane korisnika;
- zaštitu važnih tehničkih i programskih elemenata, sistemskih mogućnosti i funkcionalnosti sistema;
- obezbeđenje rezervnih arhiva tajnih podataka, za slučaj gubitka postojećih arhiva, kao i vođenje evidencija o pristupu arhivama.

Prema odredbama člana 7. Uredbe, Sistem radi u jednom od sledećih bezbednosnih režima:

- "NESELEKTIVNI" (sva lica koja imaju pristup sistemu imaju pristup i svim tajnim podacima);
- "SELEKTIVNI" (sva lica imaju pristup sistemu ali mogu pristupati samo određenim tajnim podacima);
- "SA VIŠE NIVOA" (lica imaju pristup samo pojedinim delovima sistema, a samim tim i podacima).

Rukovodilac organa javne vlasti posebnim aktom određuje bezbednosni režim rada sistema.

U odredbama člana 10. definisane su mere zaštite kojima se bezbednost informaciono-telekomunikacionog sistema održava na potrebnom nivou. Prema tome, održavanje bezbednosti sistema podrazumeva:

- Da se s vremena na vreme vrši provera sistema kao celine, ali i pojedinih njegovih delova, odnosno da se s vremena na vreme prouči da li su dostignuti uslovi da se spreči kompromitovanje tajnih podataka, kao i da se neprekidno kontroliše funkcionisanje sistema;
- Da se čuvaju podaci koji se odnose na sistem, kao i tajni podaci koji se obrađuju u sistemu na posebnim dokumentima, uz obavezno vođenje rezervnih evidencija i primenu mera zaštite koje su predviđene za podatke sa najvišim stepenom tajnosti podataka koji se nalaze u sistemu, odnosno da se štite tajni podaci o samom sistemu kao i oni koji se u sistemu obrađuju i čuvaju);
- Instaliranje hardvera, softvera i konfigurisanje sistema od strane ovlašćenih lica, odnosno da se hardver, softver i konfigurisanje sistema vrše isključivo od strane lica koja poseduju sertifikat za pristup tajnim podacima odgovarajućeg stepena tajnosti;
- Primenjivanje novih tehničkih i programskih sredstava u sistemu u skladu sa odgovarajućim tehničkim standardima SRPS ISO/IEC 27001 i SRPS ISO/IEC 17799 što znači da se u primeni tehničkih i programskih sredstava ne sme ići ispod naznačenih standarda;
- Servisiranje i popravku sredstava iz sistema vrši se na način koji ne narušava bezbednost sistema, odnosno servis i popravka ne smeju niti na koji način dovesti u pitanje tajne podatke u tom sistemu kao i tajnost podataka koji se odnose na sam sistem;
- Kontrolni pregled nad sredstvima iz sistema koja su bila na servisiranju i popravci izvan organa javne vlasti od uticaja kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja od strane stručnih lica, odnosno nadzor nad servisiranim i popravljanim sredstvima je u funkciji onemogućavanja kompromitovanja tajnih podataka u sistemu kao i tajnih podataka koji se odnose na sistem; Napominjemo da se pod kompromitujućim elektromagnetnim zračenjem podrazumeva nenamerna elektromagnetna emisija prilikom prenosa, obrade ili čuvanja podataka, čijim

prijemom i analizom se može otkriti sadržaj tih podataka;

- Odgovarajući postupak prilikom neovlašćenog otkrivanja tajnosti dokumenta ili gubitka dokumenta koji sadrži tajni podatak, odnosno preduzimanje mera disciplinske i krivično-pravne prirode prema licima koja su odgovorna za kompromitovanje tajnih podataka);
- Odgovarajući postupak prilikom otkrivanja neovlašćenog upada u sistem, što podrazumeva da postoje jasne i unapred određene procedure koje se primenjuju u navedenim slučajevima i imaju za cilj da na najmanju meru svedu štete po tajne podatke od neovlašćenog upada u sistem);
- Planiranje mera bezbednosti u slučaju vanrednih situacija što po našem mišljenju pretpostavlja da to planiranje bude u skladu sa Metodologijom za izradu Plana zaštite tajnih podataka u vanrednim i hitnim situacijama koja je u nadležnosti Vlade.

Odredbе člana 11. uređuju, da fleš memorije, diskete, CD-ovi odnosno elektronska i optička sredstva koja se koriste u informaciono-telekomunikacionom sistemu u kojem se radi sa tajnim podacima, smatraju se i sami tajnim podacima. Međutim, da bi se takva sredstva uopšte koristila u informaciono-telekomunikacionom sistemu ona, najpre, moraju biti proverena sa aspekta mogućeg ugrožavanja (na primer, računarski virusi). Takve provere vrše stručna lica organa javne vlasti, odnosno ako organ javne vlasti nema takva stručna lica provera se vrši u organu javne vlasti koji takvim licima raspolaže. Njihovo angažovanje vrši se na osnovu međusobnog sporazuma (na primer, ugovor).

Odredba člana 18. uvodi jednu od posebnih mera zaštite tajnih podataka u ITS. Naime, ovo, po našem mišljenju, podrazumeva da sva instaliranja u tom sistemu, koje se odnose na uređaje i na softvere vrši jedino ovlašćeno lice.

Prema odredbama člana 20. Uredbe, korišćenje informaciono-telekomunikacionog sistema od strane organa javne vlasti moguće je samo ako se ispuni prethodni uslov, a isti se sastoji u tome da je potrebno da se pre toga izvrši procena mogućeg ugrožavanja bezbednosti tajnih podataka od upada u sistem, kao i procena ugrožavanja upotrebe i uništavanja tajnih podataka koji su obrađeni i sačuvani u sistemu (kompromitacija tajnih podataka). Elementi procene su sledeći:

- utvrđivanje rizika,
- procena rizika koji se ne mogu izbeći,
- procena ugroženosti sistema,
- pretnje i moguće posledice realizacije pretnji za sistem, uključujući i rizike u vezi sa okruženjem u kojem se sistem koristi.

Procena rizika bezbednosti sistema obuhvata vremenski, planski i organizacioni faktor. Naime, procena rizika bezbednosti sistema vrši se periodično (vremenski faktor), ali obavezno u skladu sa planom za procenu rizika

sistema (planski faktor), kojeg donosi rukovodilac organa javne vlasti (organizacioni faktor).

Prema članu 24. Uredbe, upravljanje rizikom bezbednosti sistema je pojam koji obuhvata sledeće materijalne elemente:

- trajno procenjivanje rizika (koji su to rizici koji mogu ugroziti tajnost podataka u sistemu)
- obradu rizika (nakon uočavanja rizika dati adekvatan odgovor kako bi se sprečilo njihovo dejstvo na sistema, što je bliže objašnjeno u odredbama člana 25. uredbe),
- cilj upravljanja rizikom bezbednosti jeste sprečavanje uništenja, otuđenja, gubitka i neovlašćenog pristupa tajnim podacima.

Pored navedenog dat je i formalni element koji predstavlja odluku o upravljanju rizikom bezbednosti sistema. Prema odredbama člana 26, posle donošenja odluke o upravljanju rizikom, organ javne vlasti donosi akt o obradi rizika kojim se utvrđuje sprovođenje potrebnih bezbednosnih mera odnosno procedura.

Prema odredbama člana 23. Uredbe, procena rizika bezbednosti sistema obavezna je za sistem u kome se obrađuju, prenose i čuvaju tajni podaci stepena tajnosti "DRŽAVNA TAJNA", "STROGO POVERLJIVO" i "POVERLJIVO". Kada se radi o sistemu u kome se obrađuju tajni podaci koji su označeni stepenom tajnosti "INTERNO", organ javne vlasti obezbeđuje održavanje odgovarajućeg nivoa bezbednosti tajnih podataka (poverljivosti, celovitosti, autentičnosti ili dostupnosti), u skladu sa propisima kojima se uređuje informaciona bezbednost.

Na kraju, Uredba rukovodioca organa javne vlasti obavezuje da donese akt kojim propisuje bezbednosne procedure, odnosno bezbednosni postupak koji se posebno odnosi na:

- prijem,
- obradu,
- prenos,
- čuvanje i
- arhiviranje tajnih podataka u elektronskom obliku,
- kao i čuvanje projektne dokumentacije (preliminarne studije o razvoju sistema, idejni projekat, glavni projekat i izvodački projekat).

## 7. ZAKLJUČAK

U propisima koji su uređivali tajnost podataka u Republici Srbiji, do donošenja Zakona o tajnosti podataka, posebne mere zaštite tajnih podataka određivane su s obzirom na stepen tajnosti podataka u pitanju. Od vremena donošenja novog zakona i podzakonskih akata koji uređuju ovu oblast, možemo reći da pored kriterijuma stepena tajnosti podatka koji se štite, posebne mere zaštite tajnih podataka su ustanovljeni i s obzirom na sredstva, odnosno sisteme

u kojima se tajnih podaci obrađuju ili čuvaju (na primer posebne mere zaštite tajnih podataka u ITS).

Zbog svega navedenog nadzor nad postupanjem sa tajnim podacima u ITS smatramo izuzetno značajnim i specifičnim. Takođe, možemo zaključiti da zbog toga ovu vrstu nadzora mogu izvoditi samo lica koja poseduju specifična znanja iz oblasti informacionih tehnologija i zaštite tajnih podataka.

#### LITERATURA

- [1] Službeni glasnik Republike Srbije, broj 90/11
- [2] Službeni glasnik Republike Srbije, broj 104/09
- [3] Službeni glasnik Republike Srbije, broj 53/11
- [4] Službeni glasnik Republike Srbije, broj 97/11