

# YU INFO 2015

## ZBORNİK RADOVA



GODINA

YU | 20  
INFO | 15

21<sup>TH</sup> CONFERENCE AND EXHIBITION  
Kopaonik | 8 - 11. mart 2015.



**YU INFO 2015**  
**ZBORNİK RADOVA**

**Izdavač:**

**Društvo za informacione sisteme i računarske mreže**

**Urednik:**

**Prof. dr Miodrag Ivković**

**Mesto i godina izdanja:**

**Beograd, 2015.**

**ISBN: 978-86-85525-15-5**

## **YU INFO 2015**

### **PROGRAMSKI ODBOR**

**Prof. dr Borko Furht**, Florida Atlantic University, USA  
**Prof. dr Božidar Radenković**, FON, Univerzitet u Beogradu  
**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**

<b>ZAŠTITA I BEZBEDNOST PODATAKA</b>		
RISK ASSESSMENT TOOLS IN ICT SYSTEMS INTENDED FOR HANDLING OF CLASSIFIED INFORMATION	Nenad Kovačević Sanja Dašić Bojan Stamenković	1
SECURITY RISK ASSESSMENT FOR WORKING WITH CLASSIFIED INFORMATION	Bojan Stamenković Sanja Dašić Nenad Kovačević	7
NOVI IZAZOVI KIBER BEZBEDNOSTI INFORMACIONIH SISTEMA – MESTO I ULOGA SISTEMA ZA DETEKCIJU I PREVENCIJU NOVE GENERACIJE (INTRUSION PREVENTION SYSTEM)	Zoran Živković Milenko Ostojčić Nataša Simić	13
NEKI ASPEKTI ZAŠTITE INFORMACIJA U SAVREMENOM OPERATIVNOM OKRUŽENJU	Dejan Kršljanin	19
<b>ESOCIETY</b>		
INVESTOR RELATIONS AND INTERNET COMMUNICATIONS IN REPUBLIC OF SERBIA	Bojan Djordjevic Mira Djordjevic	23
ISTRAŽIVANJE USKLAĐENOSTI LMS-A INTERNACIONALNIH PREDUZEĆA SA POTREBAMA NOVE GENERACIJE KADROVA	Nataša Đurđević Zorica Bogdanović	30
SOCIJALNE MREŽE U SLUŽBI E-UČENJA – PRIMER INTEGRACIJE MOODLE LMS-A I FACEBOOK-A	Aldina Avdic Dragan Jankovic Dzenan Avdic	36
LINK MINING U FACEBOOK MREŽI	Ivan Besinovic	41
ZNAČAJ GEOPODATAKA I VEB SERVISA U SANACIJI POSLEDICA POPLAVA	Vuk Jevtic Daniel Milojevic	45
ZNAČAJ, ELEMENTI I SPROVOĐENJE ANALIZE DRUŠTVENIH MREŽA	Marko Gašić	51
INTRODUCING REMOTE LABORATORY EXPERIMENTS INTO TEACHING ENGINEERING	Radojka Krneta Djordje Damjanović Marjan Milošević Mirjana Brković Danijela Milošević	57

E-LEARNING FOR E-ACADEMIA: PROS AND CONS OF USING AMRES	Aleksandra Đukić Tatjana Mrđenović	61
MEASURING THE LEVEL OF BUSINESS PROCESS MATURITY IN THE BANKING SECTOR IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA	Marina Mijoska Kalina Trenevaska Blagoeva Sasho Josimovski Lidija Pulevska Ivanovska Dimitar Jovevski	67
KOLABORATIVNE LMS PLATFORME ZA E-UČENJE	Dragana Gluščac Dragica Radosav Branko Markoski Dušanka Milanov	73
KREIRANJE 3D MODELA SA VIŠE SLIKA U CILJU PRIKAZA KULTURNOG NASLEĐA	Zdravko Ivankovic Miodrag Ivković Dragica Radosav Branko Markoski Predrag Pecev	79
ELEKTRONSKA UPRAVA U FUNKCIJI KREIRANJA KULTURE TRANSPARENTNOSTI JAVNOG SEKTORA	Predrag Đikanović Duško Sivčević Dušan Stojanović	84
SECURE MANAGING PROCESSES IN THE JUDICIARY IN THE FUNCTION OF EUROPEAN INTEGRATION - LURIS SYSTEM	Dusan Polovic	90
<b>INFORMACIONI SISTEMI</b>		
KONCEPT I IZAZOVI IMPLEMENTACIJE MEĐUORGANIZACIONOG INFORMACIONOG SISTEMA E-LOVSTVA	Bogdan Mirković	95
PRAGMATIZAM I MIKS-METODSKI PRISTUP U ISTRAŽIVANJIMA U OBLASTI INFORMACIONIH SISTEMA	Bogdan Mirković	101
SILABMDD - MODEL DRIVEN APPROACH	Dušan Savić Siniša Vlajić Saša Lazarević Vojislav Stanojević Ilija Antović Miloš Milić Alberto Silva	105
RAZVOJ INTEGRISANOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA POTREBE TERENSKIH SARADNIKA	Zlatko Čović Branimir Vujičić Čaba Elek	111
PREDLOG POSTUPKA PROJEKTOVANJA NOSQL BAZA PODATAKA ZASNOVANIH NA DOKUMENTIMA	Dejan Stojimirović Siniša Nešković Slađan Babarogić	115

<b>RAZVOJ SOFTVERA I ALATI</b>		
PRIMENA TEHNOLOGIJE SEMANTIČKOG WEB-A ZA DETEKCIJU GREŠAKA U SPREDŠIT MODELIMA DISKRETNIH SISTEMA	Lena Đorđević Miroslav Ljubičić Zoran Marjanović Slobodan Antić	121
OBRADA OBLAKA TAČAKA NA APACHE SPARK PLATFORMI	Vladimir Pajic Miro Govedarica Zdravko Galić Ivan Alargić	127
PRIMENA OPEN SOURCE GIS-A U KARTIRANJU EROZIJE	Nikola Zlatanovic Aleksandar Drobnjak Irina Milovanovic Renata Puzovic	131
WEB APLIKACIJA KANCELARIJA ZA BRZE ODGOVORE PRIVREDI	Ljubica Marjanovic Zora Šarenac Mirjana Kantar Snežana Radovanović	135
NOSQL MODEL PODATAKA: KAKO MODELIRATI GRAFOVSKI ORIJENTISANO?	Olivera Janković	139
AW MODELER – SOFTWARE TOOL FOR POLYGONAL MODELING AND QUADRILATERAL MESHING	Miodrag Tasic Branko Kolundzija	145
SOFTVERSKA METRIKA KAO OKOSNICA SMANJIVANJA RIZIKA U RAZVOJU ENTERPRISE SOFTVERSKIH RJEŠENJA	Dženan Strujić Adis Balota Blažo Popović	151
GENERAL MODEL FOR TIMETABLE PROBLEM REPRESENTATION	Aleksandra Stojnev Vladan Mihajlović Leonid Stoimenov	157
ANALIZA PERFORMANSI AJAX APLIKACIJE U FUNKCIJI FORMATA RAZMENE PODATAKA	Zoran Veličković Anja Radović	163
<b>RAČUNARSKE PRIMENE U VOJSCI</b>		
MOBILE DISTANCE LEARNING SYSTEM DEVELOPMENT	Tot Ivan Karadžić Andrija Ognjen Letić Dušan Perišić	168
ANDROID APPLICATION FOR CALCULATING PARAMETERS OF RADIO-RELAY LINK	Boban Mihailov Ljubomir Reljin Sima Kerešević Danilo Lazović Ivan Tot	171

DISTANCE LEARNING ANDROID APPLICATION: IP ADDRESSING TEST	Ljubomir Reljin Ognjen Letić Boban Mihailov Ivan Tot	174
MOGUĆNOSTI OMETANJA SISTEMA ZA UPVALJANJE LETOM RADIO KONTROLISANIH MULTIKOPTERA	Nikola Fejsov Ivan Tubin	177
INFORMACIONA BEZBEDNOST I SAJBER ODBRANA U REPUBLICI SRBIJI	Nenad Dimitrijevic Mario Stankovic Nebojsa Petrovic	180
SIMULACIJA I MERENJE POJEDINIPIH PARAMETARA DVB-T2 SISTEMA NA 27. UHF KANALU	Sima Kerešević Danilo Lazović Jovan Bajčetić Ljubomir Reljin Boban Mihailov	183
OKVIR ARHITEKTURA I POČETNI KONCEPTUALNI MODEL SISTEMA ODBRANE	Veselin Gredic Veselin Gredic	187
COMPARATIVE ANALYSIS OF INSTANTANEOUS FREQUENCY ESTIMATION BASED ON SPECTROGRAM USING PARTICLE FILTER	Davorin Mikluc Dušan Glumac Milenko Andrić Stojadin Manojlović	192
UPOTREBA HTZ WARFARE SOFTVERA ZA PLANIRANJE TETRA RADIO MREŽE	Danilo Lazović Sima Kerešević Jovan Bajčetić Boban Mihailov Ljubomir Reljin	196
ПРОЦЕНА КВАЛИТЕТА СЛИКЕ АНАЛИЗОМ ПРОМЕНЕ КОНТРАСТА	Nenad Stojanovic Boban Bondzulic Davorin Mikluc	200
PRIMENA MODELA ZREOSTI ZA UTVRĐIVANJE STANJA UPRAVLJANJA KORPORATIVNIM SADRŽAJEM	Dejan Milenkovic	206
<b>RAČUNARSKE MREŽE I TELEKOMUNIKACIJE</b>		
UTICAJ DINAMIČKIH PROMENA NA SJEDINJAVANJE VIDEO SEKVENCI	Rade Pavlović Vladimir Petrovic	211
DISTRIBUTED MACRO-CALIBRATION OF SENSOR NETWORKS	Maja Stanković	216
TIMING DISTRIBUTION THROUGH PACKET BASED NETWORKS	Simić Radoslav	222

PRIMER IMPLEMENTACIJE VIŠENAMENSKE BEŽIČNE MREŽE U TERMOELEKTRANI MORAVA	Goran Petrović Vladimir Gačić Miroslav Babić	226
ANALIZA DIFUZIONIH MODELA ZA PROGNOZIRANJE NOVIH KOMUNIKACIONIH SERVISA	Stevan Veličković Silvana Veličković	232
INTERNET POVEZIVANJE SENZORSKIH ČVOROVA	Mirko Kosanović Miloš Kosanović	238
PRIMENA TRANSPARENTNOG PROKSI SERVISA U SLOŽENOJ L3 ARHITEKTURI MREŽE	Zoran Vojnović Ivan Nejgebauer Milan Kerac	244
KOMPRESIJA ECG SIGNALA PRIMENOM ITERATIVNOG POSTUPKA I ADAPTACIJE KVANTIZERA NA OSNOVU SREDNJE VREDNOSTI I VARIJANSE	Aleksandar Jocić Zoran Perić Dragan Denic Goran Miljković Dragan Radenković Vladeta Milenković	247
PROBABILITY DENSITY FUNCTION OF OUTPUT SIGNAL FROM DIVERSITY SYSTEM WITH THREE MICRODIVERSITY SC RECEIVER	Branimir Jakšić Danijela Aleksić Siniša Minić Ivana Dinić Srboljub Zdravkovic	251
AVERAGE LEVEL CROSSING RATE OF MRC RECEIVER OUTPUT SIGNAL OVER FADING CHANNEL DERIVED BY SIMULTING	Danijel Djosic Caslav Stefanovic Vladeta Milenkovic Srboljub Zdravkovic Edis Mekic	257
WIRELESS INDOOR POSITIONING SYSTEMS BASED ON RSSI METHOD	Jelena Mišić Bratislav Milovanović Nikola Vasić Ivan Milovanović	262
ANALIZA ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA KOLA ZA PRILAGOĐENJE MIKROTALASNOG POJAČAVAČA SNAGE	Jugoslav Joković Tijana Dimitrijević Aleksandar Atanasković Nataša Maleš Ilićand Bratislav Milovanović	268
<b>VEŠTAČKA INTELIGENCIJA I RAČUNARSKA SIMULACIJA</b>		
EXCHANGE RATE FORECASTING USING NEURAL NETWORKS	Jovana Bozic	273
COMPUTER SIMULATION OF DIFFUSION PHENOMENA IN CAPILLARY LIQUID BRIDGE	Zoran Nikolic Kazunari Shinagawa Branislav Randjelovic	278



BAZA ZNANJA ZA AUTOMATIZOVANO TUMAČENJE DEMOGRAFSKIH POKAZATELJA	Bojan Tomic Mirjana Devedžić	284
NOVI PRISTUP REŠAVANJU PERMUTACIONOG FLOWSHOP PROBLEMA	Miloš Danilović Oliver Ilić	290
<b>PRIMENJENA INFORMATIKA</b>		
ORGANIZACIONA KULTURA, INFORMACIONO KOMUNIKACIONA TEHNOLOGIJA I DECENTRALIZACIJA	Nebojša Janićijević	296
SOFTVER ZA OČITAVANJE BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE U „ELEKTROVOJVODINI“ D.O.O. NA RUČNOM TERMINALU PSION	Stevan Popović Sandra Djuricin	302
BAEKTEL PLATFORMA KAO MODEL ZA INTEGRACIJU TEORIJSKIH I STRUČNIH ZNANJA NA UNIVERZITETIMA U SRBIJI	Zoran Nikolic	308
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION APPROACH TO DISCRETE TOMOGRAPHY RECONSTRUCTION PROBLEMS OF BINARY MATRICES	Miklós Póth	314
IDENTIFIKACIJA, MODELOVANJE I PID REGULACIJA SERVO SISTEMA MS150 UZ POMOĆ LABVIEW SOFTVERSKOG PAKETA	Darko Popović Dušan Glumac Jordan Atanasijevic	319
PREGLED MEĐUNARODNIH STANDARDA ZA PROCENJIVANJE SOFTVERSKIH PROCESA	Zeljko Stojanov Dalibor Dobrilovic Borislav Odadzic	323
PRIMENA ANDROID APLIKACIJE U KONTROLI MERNIH MESTA I OTKRIVANJU NEOVLAŠĆENE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE	Nenad Bojanić	329
TRADITIONAL VS. DISTANCE LEARNING STUDENT TESTS	Milos Ilic Petar Spalevic Sinisa Ilic Mladen Veinovic Emir Pecanin	333
RAZVOJ SOFTVERA ZA SCADA NADZOR MREŽE KORIŠĆENJEM SNMP–A	Biljana Antić Nikola Jevtović	337
BEZBEDNOSNA ARHITEKTURA PO SABSA MODELU IMPLEMENTIRANA IZ IKT SEKTORA ORGANIZACIJE	Neda Jerkovic	341
UPRAVLJANJE IT PROJEKTOM U FUNKCIONALNO STRUKTURIRANOJ ORGANIZACIJI	Zoran Miškov	346

EMAIL SECURITY FOR BUSINESS	Saša M. Milašinović	352
SISTEMI UPRAVLJANJA U MALIM HIDROELEKTRANAMA	Bogdan Popovic	356
ERP SYSTEMS AS SUPPORT IN BUSINESS IMPROVEMENT	Sladjana Kostic Zoran Jovanovic Dejan Andrejevic	361
APPLICATION AND DEVELOPMENT OF SKADA PROGRAM USING UNITY AND PHOTON CLOUD SERVICE	Vladimir Jakšić Dejan Andrejević Miloš Đorđević	366
FPGA-BASED OPTIMIZED FIXED-POINT PID CONTROLLER DESIGN	Momir Stankovic Milica Naumovic Stojadin Manojlovic Slobodan Simic Djordje Kokovic	370
BSCS BILLING SYSTEM IMPLEMENTATION IN TELEKOM	Helena Komazec Irena Labrović Stanišić Svetlana Milovanović Svetlana Rakićević	375
PROJEKAT PRAĆENJA BUJIČNIH POPLAVA U REALNOM VREMENU NA RECI CRNICI U PARAĆINU	Milutin Stefanovic Mileta Milojević Jelena Čotrić Milica Djapic	379
LAKOĆA UČENJA: KLJUČNI FAKTOR UPOTREBLJIVOSTI WEB ZASNOVANIH GIS APLIKACIJA	Nebojša Djordjević Dejan Rancic	384
MOGUĆNOSTI INTUITIVNE KONTROLE RAČUNARSKIH SISTEMA POKRETIMA	Mladen Trikoš Dušan Starčević Miroslav Minović Dejan Savić	390
REZULTATI USPOSTAVLJANJA PMO FUNKCIJE U KOMPAJNI DDOR NOVI SAD	Vida Duvnjak Katzenberger Danijela Kralj Vidan Marković Momčilo Spasojević	396
THE MONITORING OF AIRPORT BORDER CROSSING PERMISSIONS FOR EMPLOYEES	Nevena Simic Nevena Simic	400
DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MANAGING SERVO MOTOR WITH MOBILE DEVICE	Vlade Urosevic Nikola Nikic	405
PROCENA FUNDAMENTALNE FREKVENCIJE POMOĆU KVAZIRACIONALNOG POLYA INTERPOLACIONOG JEZGRA	Natasa Savic Zoran Milivojevic Dejan Blagojevic	411

SISTEM ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU KAO PODRŠKA ZA STRATEŠKO UPRAVLJANJE DRŽAVNOM UPRAVOM - DECISION SUPPORT SYSTEM AS A SUPPORT FOR STRATEGIC MANAGEMENT OF STATE ADMINISTRATION	Rade Dragovic Jovan Ivkovic Dragan Dragovic Djuro Klipa Dusko Radisic Vojkan Nikolic	417
MERENJE UGAONE POZICIJE PRIMENOM VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE	Goran Miljković Dragan Denić Milan Simić Aleksandar Jocić	423
KORISTI I UTICAJI SMART GRIDA IZ PERSPEKTIVE KLJUČNIH INDIKATORA PERFORMANSI	Jelena Lukic Miloš Radenković Radovan Delić	427
ARHIVIRANJE INFORMACIJA U KOMERCIJALNOJ BANCII	Ivan Stojšić Mladen Obradović	433
REALIZACIJA SISTEMA ZA DISTRIBUCIJU TAČNOG VREMENA NA ŽELEZNIČKOJ INFRASTRUKTURI PD TENT	Radoslav Korlat Goran Stojadinović	439
EXTENSIVE TIME REPORTING TO MORE PRECISE COST CALCULATION AND MORE EFFICIENT BUSINESS	Ana Slani Danijela Pavlović Biljana Mladić	444
INFORMACIONI SISTEM ZA UPRAVLJANJE DOBROVOLJNIM VATROGASNIM DRUŠTVOM	Marko Misic Branislav Petrovic Drazen Draskovic Mirko Ilic Bosko Nikolic	449
RAZLIČITI PRISTUPI U SPEKTRALNOJ ANALIZI PERIODIČNIH SIGNALA	Jovan Mihajlovic Boban Bondzulic Boban Pavlovic Goran Stankovic	455
„MAINTENANCE" SOFTWARE FOR AUXILIARY MACHINERY MAINTENANCE SYSTEM PROCESS	Milos Ivanovic Branko Stefanović Nikola Todorović	461
MOBILNI SISTEM ZA KONTROLU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA	Vojkan Nikolic Predrag Djikanovic Miladin Ivanovic	467
PREGLED I PRIMENA SISTEMA ZA OTKRIVANJE PLAGIJATA U PROGRAMSKIM ZADACIMA STUDENATA	Marko Misic Zivojin Sustran Jelica Protic	473

---

MOGUĆNOST PRIMENE TEHNOLOGIJA BRZE IZRADE PROTOTIPOVA U DRVNOJ INDUSTRIJI	Andreja Radovanović Miloš Mladenović Milan Bojović Nikola Jovanović Nenad Grujović Miroslav Živković Fatima Živić	479
NUMERICAL ANALYSIS AND TOPOLOGY OPTIMIZATION OF 3D PRINTED ELEMENTS USED FOR WOOD INDUSTRY	Milan Bojović Nikola Jovanović Andreja Radovanović Miloš Mladenović Miroslav Živković Nenad Grujović Fatima Živić	485
PROFILI ZA ŽIVOTNI CIKLUS SOFTVERA KOD VEOMA MALIH ENTITETA U ISO/IEC 29110 SKUPU DOKUMENATA	Snezana Pantelic Sonja Dimitrijevic	490
HOW "MOBILE" ARE YOU? THE ANALYSIS OF STUDENTS' BEHAVIOR PATTERNS USING MOBILE PHONES	Pinter Robert Szedmina Livia Raffai Andrea Bata Timea Sanja Maravić Čisar	496

---

# ALATI ZA PROCENU RIZIKA U IKT SISTEMIMA NAMENJENIM ZA RAD SA TAJNIM PODACIMA RISK ASSESSMENT TOOLS IN ICT SYSTEMS INTENDED FOR HANDLING OF CLASSIFIED INFORMATION

Nenad Kovačević<sup>1</sup>, Sanja Dašić<sup>1</sup>, Bojan Stamenković<sup>1</sup>  
*Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu TP R Srbije<sup>1</sup>*

**Sadržaj** - Bezbednost informacija je mnogo više od korišćenja odgovarajućih tehničkih rešenja koje nude savremene informacione tehnologije i bez obzira u kom obliku se čuvaju, informacije moraju da budu adekvatno zaštićene. Da bi se osigurala takva zaštita informacija svi korisnici moraju da prihvate koncept i mere zaštite koji se zahtevaju, budući da su bezbednost informacija, očuvanje njihove poverljivosti, integriteta, odnosno celovitosti i raspoloživosti od primarne važnosti. Takav koncept naročito je važan u pogledu rada sa tajnim podacima, gde su procena rizika i odabir adekvatnih alata za procenu rizika bezbednosti od ključnog značaja za zaštitu IKT sistema u kojima se obrađuju ili prenose.

**Abstract** - There is much more to information security than mere utilization of appropriate technical solutions offered by the present day information technologies, regardless of the form of its storage, information must be adequately protected. In order to ensure appropriate information protection, all users are obliged to accept the required concept and countermeasures, given that information protection and preservation of its confidentiality, integrity and availability are of primary importance. Such a concept is particularly relevant when it comes to handling of classified information where risk assessment and selection of adequate tools for risk assessment/security risk management are crucial to the protection of ICT systems that process or transmit classified information.

## 1. UVOD

Sa digitalizacijom društva, savremeno poslovanje je postalo nezamislivo bez primene informacionih tehnologija. Informacije su postale važan resurs od koga zavisi opstanak i razvoj organizacije, a takav trend postao je važan i za državnu upravu koja sve više prelazi na elektronsko upravljanje i poslovanje, između ostalog i zbog benefita u smislu značajnog ubrzanja procesa rada i razmene podataka.

Istovremeno, ovaj proces dovodi do pojave brojnih bezbednosnih prijetnji kao što su računarske prevare, špijunaže, teroristički akti, sabotaze, vandalizmi, požari, poplave i sl., zbog čega je sam proces digitalizacije nametnuo čitav niz pitanja, pre svega u kontekstu iznalaženja efikasnih načina i mehanizama za zaštitu od kompromitacije podataka koji se razmenjuju ili će biti razmenjivani u sajber prostoru.

Razlog više za takvu zabrinutost predstavlja činjenica da institucije postaju sve otvorenije povezujući svoje informacione resurse unutar samih organa, a naročito sa drugim državnim organima ili čak privrednim subjektima, te da na taj način postaju ranjivije u pogledu izloženosti rizicima od računarskog hakerisanja i drugih pojava sa štetnim posledicama. [1]

U tom smislu posebnu pažnju izazivaju rizici koji se mogu javiti u procesu rada sa tajnim podacima (TP), odnosno u Informaciono-telekomunikacionim sistemima (IKT sistemi) namenjenim za rad sa tajnim podacima. Inače, 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.

Shodno tome, nezaobilazna je i dilema koji su to koraci, postupci i elementi koje je neophodno preduzeti u pogledu zaštite tajnih podataka u elektronskom obliku, budući da je reč o informacijama koje se neposredno odnose na nacionalnu bezbednost i zaštitu vitalnih interesa države, kako je to definisano članom 8. Zakona o tajnosti podataka Republike Srbije [2]. Rizici su veći ako se ima u vidu da nisu isti zahtevi za primenom mera zaštite IKT sistema ukoliko se u njemu radi sa TP, od IKT sistema u kome se radi sa podacima bez stepena tajnosti, budući da kompromitacija TP ima različite nivoe štete po interese Republike Srbije.

## 2. PRAVNI OKVIR

U situaciji kada R Srbija još uvek nema Zakon o informacionoj bezbednosti, kao ni Uredbu o kriptozastiti, koji bi bliže trebalo da zaokruže sistem zaštite TP u R Srbiji. Zakonodavac je predvideo da donošenja pomenutih akata Zakon o tajnosti podataka u delu rada sa TP u IKT sistemima bude u vidu prelaznog rešenja definisan Uredbom o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima [3].

Naime, ova Uredba predviđa da organ javne vlasti, kao i pravno lice koje namerava da koristi IKT sistem za obradu i čuvanje TP, prethodno vrši procenu mogućeg ugrožavanja bezbednosti TP od upada u sistem, kao i procenu ugrožavanja upotrebe i uništavanja TP koji su obrađeni i sačuvani u sistemu, odnosno da u

kontinuitetu i sa proaktivnim pristupom vrši “*procene rizika bezbednosti sistema*”.

U tom smislu procena rizika bezbednosti sistema, u kojima se obrađuju TP, odnosi se na utvrđivanje rizika, procenu rizika koji se ne mogu izbeći, procenu ugroženosti sistema, kao i pretnje i moguće posledice realizacije pretnji za sistem, uključujući i rizike u vezi sa okruženjem u kojem se sistem koristi.

Procena se vrši periodično, u skladu sa planom za procenu rizika sistema koji donosi rukovodilac organa javne vlasti, odnosno odgovorno lice u pravnom licu.

Posebno treba imati u vidu da je ovom Uredbom zakonodavac predvideo i da se procena rizika bezbednosti sistema vrši za sistem u kome se obrađuju, prenose i čuvaju TP stepena tajnosti "DRŽAVNA TAJNA", "STROGO POVERLJIVO" i "POVERLJIVO".

Istovremeno, propisano je i da za sistem u kome se obrađuju TP koji su označeni stepenom tajnosti "INTERNO", organ javne vlasti, odnosno pravno lice obezbeđuje održavanje odgovarajućeg nivoa bezbednosti TP (poverljivosti, celovitosti, autentičnosti ili dostupnosti), u skladu sa propisima kojima se uređuje informaciona bezbednost. Proveru sprovođenja nivoa bezbednosti vrši organ javne vlasti ili pravno lice, odnosno ovlašćeno lice za upravljanje bezbednošću Sistema [4].

### 3. ALATI ZA PROCENU RIZIKA

Sprovođenje analize rizika i upravljanje rizikom podrazumeva rad sa određenom količinom sredstava čiji je broj retko manji od nekoliko desetina, a obično iznosi više stotina jedinica.

Broj pretnji je obično reda veličine od nekoliko desetina, a mere zaštite više hiljada jedinica. To nam sve govori da je potrebno postupati sa velikim brojem podataka i kombinacijama različitih vrsta podatka, što logično vodi do potrebe za alatima za podršku. [5]

Opšti zahtevi, koje bi trebalo da ispune alati za analizu rizika i upravljanje rizikom:

- mogućnost rada sa širom grupom sredstava, pretnji i mera zaštite;
- mogućnost fleksibilnog postupanja sa određenom grupom sredstava, kako bi se podesio model koji odgovara aktuelnoj situaciji u organizaciji;
- mogućnost korišćenja od početka do kraja putanje procesa u projektu, naročito da bi podržao proces “*Analize rizika*”;
- ne sme da ne prikažu parametre koji analitičara upućuju na zaključke.

Postoji određen broj alata za procenu rizika/upravljanje rizikom. ENISA (European Union Agency for Network and Information Security) je na svom sajtu objavila listu alata koji su namenjeni za procenu rizika/upravljanje rizikom, kao i metode za procenu rizika [6]. Svaki metod na listi je opisan kroz šablon koji se sastoji od 21 atributa koji opisuju karakteristike pojedine metode.

Lista je kreirana i bazira se na ograničenom broju metoda, što ne znači da je lista metoda konačna jer u listi nisu sadržani svi standardi i metode koji se odnose na IT rizike.

Na sajtu se pored navedene liste može pronaći i lista alata za procenu rizika/upravljanje rizikom. Trenutno se na listi može pronaći 12 alata i, slično kao kod liste metoda, svaki alat u listi je opisan kroz šablon, a svaki šablon se sastoji od 22 atributa koji bliže određuju karakteristike alata. Prednosti korišćenja alata za procenu rizika su:

- lako evidentiranje, rukovanje i pristup prikupljenim informacijama o proceni rizika koje se čuvaju u bazama podataka;
- sposobnost da se na fizičkim i informacionim sredstvima vide posledice uzrokovane gubitkom mera zaštite.

#### 3.1. Izbor alata za procenu rizika

Postupak izbora alata za procenu rizika sličan je postupku koji se koristi prilikom pribavljanja drugih softvera [7]. Celokupan postupak može se sprovesti u nekoliko koraka:

- definisanje kriterijuma u pogledu zahteva;
- izbor osoblja koji analiziraju alate;
- izrada kontrolne liste za izbor;
- zahtev za demonstraciju proizvoda kandidata;
- procena i izbor odgovarajućih alternativa.

Alati za sveobuhvatnu procenu rizika sastoje se od tri osnovna koraka:

- prikupljanje podataka;
- procena;
- izlazni rezultati.

Alat za procenu rizika treba ne samo da ispuni navedene osnovne kriterijume, već treba da izađu u susret i specifičnim zahtevima organizacije.

Alat za procenu rizika treba da ima strukturu za tekstualni ili grafički prikaz podataka o IKT sistemu koji se razmatra. Ova faza je neophodna kako bi se kreirao opis sredstava i vrednost koja ta sredstva imaju za organizaciju u kvantitativnom ili kvalitativnom smislu. Isto tako, treba prikupiti informacije o pretnjama, slabostima i merama zaštite.

### 3.2. Procena

Analitički proces ili metodologija analizira odnos između sredstva, pretnji, slabosti i mera zaštite kako bi se utvrdili potencijalni gubici. Neki alati za procenu rizika koriste kvantitativni pristup za proračun rizika. Korišćenjem tog pristupa, približno se određuje gubitak za svaku informaciju ili sistem, kroz procenjivanje učestalosti nastupanja događaja koji utiču na poverljivost, integritet ili raspoloživost i sagledava kvantitativni efekat koji bi mogao da bude rezultat toga.

Kvalitativni modeli omogućuju korisne rezultate u poređenju sa kvantitativnim modelima iz prostog razloga što je prikupljanje kvalitativnih podataka brže od prikupljanja kvantitativnih podataka. Valorizacija i traženje konsenzusa su приметно brži kada je potrebno odrediti red veličine nego u slučaju kad treba odrediti apsolutni broj.

Ovi modeli su efikasniji kod povezivanja važnijih sa ne tako važnim elementima, a koji su neophodni zbog formiranja zaključaka u veće grupe. Za razliku od njih, kvantitativni modeli ostvaruju precizniju lokaciju svakog aspekta.

Rezidualni efekat i rizik može biti kvalitativan sve do pojave većih izdataka kada je potrebno da se utvrdi finansijska racionalnost tj. šta je od većeg interesa. U tom slučaju, potrebni su nam brojevi pokazatelji.

Kvalitativni pristup se zasniva na stanovištu da je veći broj potencijalnih gubitaka nematerijalne prirode, te se stoga rizici ne mogu lako kvantitativno specifikovati. Rezultati procene rizika se izražavaju upotrebom jezičkih termina u rasponu od „nema rizika“ do „veoma visoki rizik“. Neki kvalitativni pristupi idu još dalje u prikazivanju rezultata rizika kada se rizik predstavlja matematički kao broj na skali vrednosti od jedan do deset uz opisnu terminologiju za svaku pojedinačnu tačku na toj skali.

Metodologija, nezavisno od toga da li koristi kvantitativan ili kvalitativni pristup, ili kombinaciju ta dva načina treba da bude sposobna da reaguje na učestale promene parametara tj. na scenario „šta ako“.

Takođe, potrebno je imati u vidu da će se odabrani model u organizaciji koristiti duže vreme, barem tokom perioda trajanja plana zaštite, kako bi se analizirao učinak realizacije programa. Znatno je teže stvoriti model kada se počinje od nule nego kad se postojeći model prilagođava razvoju sistemskih sredstava i evoluciji servisa i usluga koje pruža organizacija. Ta kontinuirana evolucija može uključiti progresivnu migraciju od početnog kvalitativnog do rastuće kvantitativnog modela.

Najpoželjnije je izabrati kombinovanu opciju: kvalitativni model za kompletan informacioni sistem uz sposobnost primene kvantitativnog modela za pojedine delove sistema čija bi zaštita zahtevala veće izdatke.

Treba naglasiti da su podaci koji karakterišu eventualne pretnje orijentacione prirode u početnim modelima, ali da se valorizacija usklađuje sa aktuelnom situacijom na bazi iskustva.

### 3.3. Izlazni rezultati

Rezultati su još jedan važan parametar alata za procenu rizika. Izbor mera zaštite je očigledno korisna karakteristika bilo kog alata za procenu rizika, mada to ne mora uvek da bude u okviru područja primene alata. Važno je da alat za procenu rizika omogući da se dobro razume gde treba primeniti mere zaštite u cilju zaštite sredstava od najvećeg značaja.

### 3.4. Izrada kriterijuma za izbor specifičnog delokruga rada (sajta)

Bilo koji alat za procenu rizika koji se koristi za procenu IKT sistema ili neke aplikacije treba da bude u skladu s gore navedenim principima. Osim toga, kriterijumi za izbor specifičnog delokruga rada treba da budu izrađeni i korišćeni za evaluaciju proizvoda koji se razmatra.

Zahtevi koji se mogu koristiti za izradu kod specifičnog delokruga rada su u vezi sa:

- hardverom i softverom;
- metodologijom;
- izveštavanjem;
- dokumentacijom;
- karakteristikama bezbednosti i istorije;
- korisnost i lako korišćenje;
- obukama i tehničkom podrškom;
- troškovima.

#### 3.4.1. Zahtevi u vezi za hardverom i softverom

Sa ekonomskog aspekta, poželjnije je da se izabere alat za procenu rizika kog podržavaju postojeći resursi, pre svega hardver, nego da se uz alat nabavlja i specijalizovana oprema.

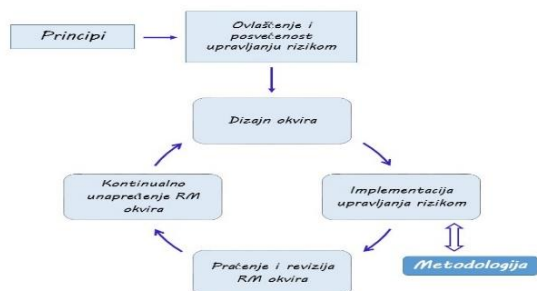
Većina alata zahteva korišćenje personalnih računara ili laptopova sa hard diskom za čuvanje programa i informacija. Izvorni kod obično nije dostupan, međutim, neki prodavci opreme (vendori) izrađuju proizvod „po zahtevu korisnika“ za organizaciju, na način da ispuni sve specifične potrebe neke organizacije. Nemogućnost bilo kog alata za procenu rizika da izađe u susret zahtevima u vezi sa hardverskim i softverskim potrebama treba da za posledicu ima ponovno razmatranje alata ili modernizovanje aktuelne opreme.

#### 3.4.2. Metodologija

Metodologija je najvažniji elemenat u celokupnom procesu procene rizika jer ima za cilj da utvrdi gubitke

nastale kao posledica štetnih događaja. Gubici se izvode iz matematičkih ili jezičkih modela.

Alat za procenu rizika ne treba ocenjivati isključivo na osnovu toga koliko brzo daje rezultate, već se dobra strana alata za procenu rizika bazira na njegovoj sposobnosti da obezbedi validne rezultate uz umereno ulaganje napora. Izabrani alat treba da omogući korisniku da razume kako se došlo do postignutih rezultata i sa kakvom pouzdanošću se mogu primeniti.



Okvir upravljanja rizikom prema ISO 31000 [8]

Većina alata za procenu rizika zasniva se na kvantitativnom ili kvalitativnom procenu dok neki od njih koriste kombinaciju oba pristupa. Neki alati su projektovani tako da podržavaju procene većih integrisanih informacionih sistema dok drugi evaluiraju manje i samostalne sisteme.

Komercijalno su dostupne brojne interaktivne metodologije za procenu bezbednosnog rizika za informacionu imovinu jedne organizacije. CRAMM metod je razvila engleska vladina agencija i koristi ga više od 40 država na najvišem nivou. Metod je skup, kompleksan za primenu, ali detaljan i pouzdan, OCTAVE metod procenjuje kritične faktore rizika za objekte informacione imovine kritične za poslovanje organizacije. Metod je samonavodeći i ne zahteva specijalistička znanja, sveobuhvatan je, sistematičan i adaptivan na promene realne situacije. Za inicijalnu procenu rizika, kada organizacija nema kompletiran inventar informacione imovine, koristan je metod brze analize rizika (BAR) koji zahteva aktivno angažovanje menadžmenta i praktičara poslovnih procesa.[9]

Jedna od metodologija, koja takođe, ima široku primenu je i "MAGERIT" koji predstavlja otvorenu metodologiju za upravljanje i analizu rizika, razvijenu od strane španskog ministarstva spoljnih poslova. Ova metoda je ponuđena kao framework i vodič za srodne institucije. Magerit ima sledeće ciljeve:

- obezbeđenje svesti kod odgovornih za IKT sisteme o postojanju rizika i potrebi da se na ovakve rizike na vreme odgovori;
- obezbeđenje sistemske metode za analiziranje rizika;
- pomoć u definisanju i planiranju odgovarajućih mera da bi se rizici držali pod kontrolom;

- indirektna priprema organizacije za evaluaciju, kontrolu, sertifikaciju/akreditaciju procesa. [10]

### 3.4.3. Zahtevi u vezi sa izveštavanjem

Utemeljene i donešene odluke rukovodstva pri izboru i primeni adekvatnih mera zaštite zavisice delom i od toga koliko se „kvalitetno“ izveštava o rezultatima procene.

U najmanju ruku, izveštaji treba da sažmu rizike ili slabosti i označe potencijalne mere zaštite, koje treba proceniti u kombinaciji sa minimalnim standardima zaštite.

Kvalitet izveštaja razlikuje se od alata do alata za procenu rizika. Neki alati za izlaz prikazuju objedinjene rezultate koji su korisni za rukovodstvo, dok drugi kreiraju izveštaje koji su praktične prirode kao npr. pomoćna dokumentacija. Pojedini alati kreiraju liste sa popisom sredstava, liste pretnji i slabosti i liste za izbor mera zaštite.

### 3.4.4. Dokumentacija

Sveobuhvatna dokumentacija u vezi sa softverom je od suštinskog značaja za efikasno korišćenje alata. Dokumentacija treba da pruži informacije koje će temeljno objasniti sledeće:

- rad alata za procenu rizika/upravljanje rizikom;
- uputstva za unos podataka;
- objašnjenja za poruke o greškama;
- uputstva o ponovnom izvršenju (re-execution);
- vrste i forme izveštaja koji se mogu kreirati.

### 3.4.5. Bezbednosne karakteristike i karakteristike prethodnih događaja

Pošto se informacije koje se prikupe o određenom IKT sistemu ili aplikaciji mogu proglasiti za tajne, trebalo bi utvrditi zahteve za bezbednosne mere zaštite, npr. identifikaciju i autentikaciju, kontrolu pristupa i oditing. Sposobnost da se sačuvaju prethodni događaji tj. istorija informacija do kojih se došlo tokom prikupljanja podataka može biti od koristi prilikom buduće procene tog IKT sistema.

Ako bezbednosne mere zaštite ne predstavljaju karakteristku izabranog alata, biće potrebno da se postupa u skladu s procedurama za garanciju zaštite tajnih podataka koji su prikupljeni o organizaciji, kao i da se prekontroliše kojim licima se dozvoljava pristup tim podacima.

### 3.4.6. Korisnost i lako korišćenje

Važan element kod razmatranja alata za procenu rizika jeste i sposobnost da se on efikasno i lako koristi.



Stoga se komplikovan ili prezahtevan alat ne preporučuje za upotrebu. Pre nabavke alata za procenu rizika/upravljanje rizikom, sve zahteve treba definisati i dostaviti subjektu od kojih se nabavlja proizvod. Demonstracija/prezentacija alata treba da obezbedi dokaz da su traženi zahtevi ispunjeni. Osim toga, evaluacije tog alata od strane aktuelnih korisnika će potvrditi mogućnosti i adekvatnost tog proizvoda.

Veći broj alata za procenu rizika/upravljanje rizikom pokreće se iz menija (*menu-driven*) uz online pogodnosti za pomoć (*online help facilities*). Neki alati obezbeđuju korisničke menije sa upitnicima za pristup, proračunima, izveštajima i procedurama za instalaciju softvera. Pojedini koriste interaktivni unos podataka i uključuju upravljanje bazom podataka i funkcijama za obradu.

### 3.4.7. Obuka i tehnička podrška

Efikasno korišćenje bilo kog alata za procenu rizika zavisi u značajnoj meri od obuke analitičara koji ga koriste. Stoga, detaljne smernice i obuke treba da budu neizostavni elemenat prilikom izbora alata.

Kod kupovine alata za procenu rizika uglavnom se obezbeđuje obuka i tehnička podrška. Jedan broj prodavaca tih proizvoda nude besplatnu obuku uz kupljeni alat, dok drugi pružaju stalnu podršku preko telefona, koji se ponekad naziva „hot lajn“ vezom za podršku; pojedini obezbeđuju obuku na licu mesta, a neki pružaju i konsultantske usluge. Obim pružene pomoći za neki proizvod uglavnom zavisi od kupljene licence.

### 3.4.8. Trošak

Još jedan elemenat koji treba uzeti u obzir prilikom korišćenja alata za procenu rizika je i razumevanje svih troškova koje će to korišćenje podrazumevati, a koji često uključuju izdatke na ime višestrukih kopija softvera, obuka i instalacija.

Sami troškovi ne treba da diktiraju izbor alata za procenu rizika/upravljanje rizikom; metodologija, vrste izveštaja, kvalitet dokumentacije, lako korišćenje i podršku koje nude prodavci treba dobro sagledati.

Osnovni troškovi u vezi sa nabavkom alata za procenu rizika/upravljanje rizikom uključuju honorare na ime izdavanja licenci, instalacija, ažuriranja softvera, obuke i usluga konsaltinga.

## 4. POJEDINI ALATI ZA PROCENU RIZIKA/UPRAVLJANJE RIZIKOM

Na sajtu agencije ENISA mogu se naći pojedini alati za procenu rizika/upravljanje rizikom. Između ostalih, na listi se nalaze: kanadski CALLIO, američki CONTROL COMPLIANCE SUITE (CCS) 11 Risk Manager, britanski COBRA, francuski EBIOS, nemački GSTOOL, izraelski WCK, kao, između

ostalih i španski PILAR, o kome će u nastavku biti više reči.

PILAR, španski akronim za „logičku računarsku proceduru analize rizika“ je alat izrađen u skladu sa specifikacijama Nacionalne bezbednosne agencije u cilju podrške analize rizika u informacionim sistemima koji koriste metodologiju „Magerit“.

Alat je kompletno razrađen u programskom jeziku „Java“ i može se koristiti na svakoj platformi koja podržava okruženje za programiranje, pri čemu nisu potrebne licence za proizvode treće strane. Rezultat toga je grafička aplikacija za pojedinačnog korisnika.

Alat podržava sve faze metode „Magerit“:

- karakterizacija sredstava: identifikacija, klasifikacija, zavisnosti i valorizacija;
- karakterizacija pretnji;
- evaluacija zaštitnih mehanizama.

Alat sadrži „Elemente kataloga“ što omogućava da se ostvari jednoobraznost rezultata analize:

- tipova sredstava;
- valorizacija dimenzija;
- valorizacija kriterijuma;
- katalog pretnji.

Kako bi se ugradio ovaj katalog, PILAR povlači razliku između alata za proračun rizika i elemenata biblioteke koja se može zameniti, kako bi se pratio razvoj elemenata kataloga tokom vremena.

Alat evaluira efekat i rizik, kako akumuliran, tako i deflektovan, potencijalan i rezidualan - i prikazuje ga na način koji omogućava analizu razloga zbog kojih nastaje određen efekat ili rizik.

Zaštitni mehanizmi se klasifikuju po fazama, što omogućava da se različite vremenske situacije ugrade u isti model. Karakteristično je to da se može ugraditi rezultat različitih programa za zaštitu tokom preduzimanja programa zaštite i nadgledanja unapređenja sistema.

Rezultati se prikazuju u različitim formatima: izveštaji „RFT“, grafikoni, tabelarne prikazi za inkorporaciju u obliku „spreadsheet“ tabela, zbog čega je moguće obezbediti različite vrste izveštaja i prezentacija rezultata.

Konačno, alat proračunava bezbednosno rangiranje (ocenjivanje) prema uobičajenim *de jure* ili *de facto* standardima, uključujući:

- nacionalni bezbednosni okvir;
- ISO/IEC 27002;
- nacionalni standard za zaštitu podataka o ličnosti.

Takođe, treba konstatovati da PILAR uključuje kako kvalitativne tako i kvantitativne modele, kao i mogućnost izbora između ta dva modela, kako bi maksimalno iskoristio teoretske mogućnosti svakog od njih.

## 5. ZAKLJUČAK

Procena rizika mora biti obavezna za IKT sisteme koji su namenjeni za rad sa TP, kao i njihova međupovezivanja, i u tom smislu ona predstavlja važan elemenat u formulisanju bezbednosnih zahteva za IKT sisteme u delu izrade bezbednosne dokumentacije. Trud i stručno znanje uloženi u izvršenje zadatka procene mogu uticati na projektne troškove rizika jer se direktno odražavaju na ukupne projektne troškove, kao i na vremenske rokove.

Ipak, čini se da suština odbrane od kompromitacije podataka u IKT sistemima u kojima se obrađuju i kroz koje se razmenjuju TP od značaja za interese Republike Srbije zapravo leži u adekvatnom:

- pozicioniranju prema postojećim, predvidljivim i rizicima koji se moraju predvideti proaktivnim pristupom „napad, a ne samo odbrana“,
- odabiru alata za procenu rizika u ovim sistemima,
- podsticaju lica iz državne uprave, nadležnih za poslove zaštite tajnih podataka, da razviju nove metode i rešenja.

U prilog navedenom ide i preporuka da ukoliko naša država želi da napravi istinski iskorak u pogledu pozicioniranja u sajber prostoru i stvaranju infrastrukture za rad sa TP u IKT sistemima sa visokim stepenom bezbednosne zaštite i adekvatnog prepoznavanja bezbednosnih rizika, u najskorije vreme treba da zaokruži zakonsku regulativu u oblasti Informacione bezbednosti, kao i da opredeli adekvatna finansijska sredstva za efikasnu i adekvatnu opremu, alate i edukacije, te da da punu stimulaciju nadležnim licima u oblasti IT u nadogradnji već postojećih alata za procenu rizika u IKT sistemima koji služe za rad sa TP u Republici Srbiji.

## 6. LITERATURA:

- [1] <http://www.infotech.org.rs/blog/wp-content/uploads/KPMG-IT-kontrola-i-upravljanje-rizicima-informacionih-sistema.pdf>
- [2] Zakon o tajnosti podataka, Službeni glasnik R Srbije br. 104/2009
- [3] Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima, Službeni glasnik R Srbije br. 53/2011
- [4] <http://www.epa.gov/risk/>
- [5] <http://www.consilium.europa.eu/policies/informati-on-assurance>
- [6] <https://www.enisa.europa.eu/activities/risk-management>

[7] <http://www.ar-tools.com/en/index.html>

[8] Standardi za procenu rizika - ISO 31000, doc. dr. Marinko Aleksić dipl.inž,

<http://www.slideshare.net/marinko/standardi-za-procenu-rizik>

[9] <https://bs.scribd.com/doc/161616608/1-Metodologija-procene-rizika>

[10] Metode za procenu rizika u implementaciji ISO/IEC 27001:2005 standarda, Dr. sc. Dževad Zečić, Ekonomski fakultet, Univerzitet u Zenici, <http://www.quality.unze.ba/zbornici/QUALITY%20009/157-Q09-022.pdf>

# PROCENA BEZBEDNOSNOG RIZIKA ZA RAD SA TAJNIM PODACIMA SECURITY RISK ASSESSMENT FOR WORKING WITH CLASSIFIED INFORMATION

Bojan Stamenković<sup>1</sup>, Sanja Dašić<sup>1</sup>, Nenad Kovačević<sup>1</sup>  
*Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu TP R Srbije<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Većina subjekata koji u svom poslovanju imaju potrebu da rade sa podacima i staraju se o njihovoj zaštiti, smatraju da je upravo bezbednost informacija taktičko sredstvo za zaštitu tih informacija.[1] Ipak, mali je broj onih koji u suštini shvataju kompleksnost ove materije, a tek nekolicina ima celovit pristup u primeni sistema zaštite u njegovom punom kapacitetu. Rad je namenjen svima koji teže podizanju bezbednosnih resursa svojih organizacija, a posebno organima javne vlasti i licima i subjektima koji, po bilo kom osnovu, imaju pristup tajnim podacima, kako su oni definisani Zakonom o tajnosti podataka Republike Srbije. Cilj rada je prezentacija sistema zaštite tajnih podataka u našoj zemlji, sa posebnim osvrtom na procene bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima od strane fizičkog, odnosno pravnog lica, zatim objekta/prostora u kojima se rukuje sa tajnim podacima, kao i informaciono-telekomunikacionih sistema za rad sa tajnim podacima.

**Abstract** - Most entities that need to work with CI within their scope of activities and ensure its protection are of the opinion that information security is a tactical tool for protecting such information. However, there are just a small number of those who essentially understand the complexity of this subject matter, and only few have developed an integral approach to the implementation of the system for its protection in full capacity. The present paper is intended for all those who strive to enhance security resources of their organizations, in particular for the public authorities, persons and organizations that have access to CI based on any grounds, as defined in the Classified Information Law of the Republic of Serbia. The objective of this paper is to present the national system for the protection of classified information with a special reference to the security assessment risk as applied by natural or legal persons dealing with CI or within facilities/areas or ICT systems handling CI.

## 1. UVOD

Za razliku od ranijeg perioda, informacije se danas pojavljuju u najrazličitijim vidovima i formama, budući da mogu biti u elektronskom obliku, štampane na papiru, a distribuirane poštom, preko različitih signala do usmenog razgovora. Ipak, svi se slažu da informacije u bilo kom obliku, kao i sredstvo preko kojeg se one prenose ili nosač na kojem se čuvaju, uvek treba da budu odgovarajuće zaštićene.

Takav pristup naročito je prisutan u kompanijskom poslovanju, gde se pod pojmom “bezbednost informacija”, pre svega, misli na očuvanje integriteta, raspoloživosti i poverljivosti informacija, zbog čega je postalo nužno da menadžment čini konstantne napore da stvori i održi strateški plan koji za krajnji cilj ima smanjivanje rizika od napada, krađe i izmene informacija od značaja za kompaniju.

Imajući u vidu da se u institucijama jedne države radi sa podacima koji su označeni različitim stepenima tajnosti, mere zaštite i sam pristup podacima morao bi da bude na znatno većem nivou u odnosu na kompanije. Naime, upravo od tih mera i pravovremene procene rizika i reagovanja na moguće izazove u vidu ljudi, okruženja i sistema, zavisi i bezbednost podataka koji su vitalnog interesa za državu.

Shodno navedenom, može se konstatovati da je u Republici Srbiji u novijem periodu načinjen određeni pozitivni pomak u oblasti rada sa podacima, budući da je donošenjem pojedinih zakona, u skladu sa preporukama i standardima Evropske unije, došlo do “razvrstavanja” različitih grupa podataka.

Naime, donet je set zakona, od kojih su sa aspekta bezbednosti informacija (direktno ili indirektno) poseban doprinos dali Zakon o tajnosti podataka [2] i Zakon o zaštiti podataka o ličnosti [3].

Za našu temu posebno je važan upravo Zakon o tajnosti podataka, koji je stupio na snagu 1. januar 2010. godine, čime se otpočelo sa stvaranjem prostora da se po novoj metodologiji i standardima, koji su usklađeni sa preporukama Evropske unije i dobrom praksom, reguliše oblast rada sa tajnim podacima na nacionalnom nivou.

Takođe, u cilju pune implementacije donet je i čitav set podzakonskih akata kako bi se ova relativno nova materija na adekvatan način približila fizičkim i pravnim licima koja kreiraju ili po različitom osnovu dolaze u dodir sa tajnim podacima i imaju obavezu primene Zakona.

Kada je reč o samoj materiji, Zakon i prateća akta, kako je to zakonodavac definisao, uređuju jedinstven sistem određivanja i zaštite tajnih podataka, koji su od interesa za nacionalnu i javnu bezbednost, odbranu, unutrašnje i spoljne poslove naše države, kao i sam postupak

sertifikacije fizičkih i pravnih lica za pristup tajnim podacima određenog stepena tajnosti.

Predviđeni su i metodologija i procedure za pristup dokumentima koji su označeni odgovarajućim stepenom tajnosti, zatim prestanak njihove tajnosti, nadležnosti organa javne vlasti, nadzor nad sprovođenjem ovog zakona, kao i odgovornost za neizvršavanje obaveza iz ovog zakona, druga pitanja od značaja za zaštitu tajnosti podataka, ali i razmena i zaštita stranih tajnih podataka u Republici Srbiji.

S obzirom da zaštita tajnih podataka predstavlja sastavni i nerazdvojni deo koncepta bezbednosti, kako na nacionalnom, tako i na regionalnom planu i multilateralom planu, nametnulo se i pitanje značaja izrade adekvatne procene bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima, u cilju pravovremenog i preventivnog delovanja na bezbednosne izazove, rizike i pretnje.

Takav pristup u radu sa tajnim podacima pokazao se kao hitan i prioritetan uzimajući u obzir da je, sa razvojem informacionih tehnologija, ali i potrebom za što bržim pribavljanjem informacija i njihovom razmenom (Web aplikacije, bežične komunikacije), došlo i do povećanja ranjivosti mreža i samih tajnih informacija koje se tim putem prenose, pri čemu je socijalni inženjering postao jedan od najslabijih karika tog sistema prenosa.

## 2. PROCENA PRETNJE ZA BEZBEDNOST TAJNOG PODATKA

Uspostavljanje sistema zaštita tajnih podataka u Republici Srbiji, koji je zasnovan na bezbednosnoj proceni, u skladu sa relativno novom zakonskom regulativom i organima koji su angažovani na njenom sprovođenju, predstavlja proces koji je u toku, a za čiju adekvatnu primenu je, između ostalog, neophodan novi bezbednosni pristup, kao i konstantna edukacija u pogledu sagledavanja, analize i procene bezbednosnih pretnji i upravljanja rizikom.

Naime, procena bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima se, pored poštovanja opšteg modela za analizu i procenu rizika i principe upravljanja rizikom, suštinski temelji na sagledavanju rizika u odnosu na sve elemente sistema zaštite - personalna, fizička, administrativna, informaciona i tzv. industrijska bezbednost - kako pojedinačno, tako i u celini.

Takav pristup u tretiranju elemenata sistema zaštite tajnog podatka, prisutan je pre svega zbog činjenice da je sistem efikasan u punom kapacitetu tek kada dejstvuje u koordinaciji i kombinaciji, dopunjujući jedan drugog, pri čemu sve preduzete mere i radnje moraju biti utemeljeni na adekvatnoj i realnoj bezbednosnoj proceni, kao preduslovu za svrsishodno upravljanje rizikom.

Takođe, treba istaći da su ključni kriterijumi za takvu procenu stepen tajnosti koji se "brani", priroda

dokumenta u kome je sadržan tajni podatak, kao i pretnje po bezbednost tajnog podatka.

Kako bi došlo do funkcionalne simbioze ovih principa, elemenata i kriterijuma, preduslov je njihovo ciklično povezivanje, koje obezbeđuje da politike zaštite uvek obuhvataju tekuće faktore rizika u realnom vremenu, odnosno obezbeđuje održavanje politike zaštite, nadzor i reviziju sistema zaštite i upravljanja kontrolama zaštite, odnosno, sistemom/programom zaštite.



*Jedinstven ciklus upravljanja rizikom [4]*

Procena pretnje za bezbednost tajnog podatka, odnosno izrada odgovarajuće bezbednosne procene, ima za cilj utvrđivanje poznatih bezbednosnih rizika, definisanje mera bezbednosti za smanjenje takvih rizika na prihvatljiv nivo i primenu tih mera u skladu sa konceptom "odbrane po dubini".

Mere bezbednosti za zaštitu tajnih podataka tokom njihovog životnog ciklusa moraju biti primerene njihovom stepenu tajnosti, obliku i obimu podataka ili materijala, mestu i konstrukciji objekata u kome su smešteni tajni podaci i lokalno procenjenoj pretnji zlonamernih i/ili kriminalnih aktivnosti, uključujući špijunažu, sabotazu i terorizam.

Neophodno je da procenom bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima, između ostalog, budu obuhvaćeni sledeći elementi:

- procena ugroženosti za pristup tajnim podacima od strane fizičkog, odnosno pravnog lica;
- procena ugroženosti objekta/prostora u kojima se rukuje sa tajnim podacima;
- procena ugroženosti za rad sa tajnim podacima u informaciono-telekomunikacionim sistemima.

### 2.1. Procena ugroženosti za pristup tajnim podacima od strane fizičkog lica

Pitanje procene rizika za pristup tajnim podacima od strane fizičkog lica, u zavisnosti od stepena tajnosti za koji se zahteva procena, u nadležnosti je organa za vršenje bezbednosnih provera u Republici Srbiji.

Pomenuta procena ugroženosti spada u kategoriju personalne bezbednosti, koja je istovremeno i najosetljivija, jer ni kod jednog lica ne možemo isključiti postojanje bezbednosnog rizika, već ga jedino

možemo procenjivati u rasponu od niskog, preko srednjeg ka visokom.

Posebno treba ukazati na ulogu i nadležnost Kancelarije Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka (u daljem tekstu: Kancelarija Saveta), u postupku samog iniciranja procene rizika za pristup tajnim podacima od strane fizičkog lica i izdavanja sertifikata za pristup tajnim podacima.

Postupak sertifikacije, odnosno izdavanja sertifikata za pristup tajnim podacima, podrazumeva proceduru vršenja odgovarajuće bezbednosne provere, po čijem okončanju i dobijanju izveštaja sa preporukom Kancelarija Saveta postupaju.

Procena bezbednosnog rizika za pristup tajnim podacima određenog stepena tajnosti za fizička i pravna lica vrši se u skladu sa metodologijom i instrukcijama koje je izradila Kancelarija Saveta u saradnji sa Ministarstvom pravde i organima koji su nadležni za vršenje bezbednosnih provera.

Za pristup i korišćenje tajnih podataka vrši se bezbednosna provera u zavisnosti od stepena tajnosti, i to:

- osnovna bezbednosna provera, za podatke označene stepenom tajnosti "INTERNO"<sup>1</sup> i "POVERLJIVO";
- potpuna bezbednosna provera, za podatke označene stepenom tajnosti "STROGO POVERLJIVO";
- posebna bezbednosna provera, za podatke označene stepenom tajnosti "DRŽAVNA TAJNA".

Bezbednosnu proveru za pristup tajnim podacima i dokumentima stepena tajnosti "DRŽAVNA TAJNA" i "STROGO POVERLJIVO" vrši Bezbednosno-informativna agencija Republike Srbije.

Za pristup tajnim podacima i dokumentima stepena tajnosti "POVERLJIVO" bezbednosnu proveru vrši ministarstvo nadležno za unutrašnje poslove, koje vrši i provere za stepen tajnosti "INTERNO" za pravna lica.

Bezbednosnu proveru za pristup tajnim podacima i dokumentima svih stepena tajnosti za lica kojima je pristup tajnim podacima i dokumentima potreban radi obavljanja funkcija ili radnih dužnosti u ministarstvu nadležnom za poslove odbrane i Vojsci Srbije vrši Vojnobezbednosna agencija.

<sup>1</sup> Zakonodavac je predvideo da se provere za stepen tajnosti "INTERNO" vrše samo za pravno lice, dok se za ovaj stepen tajnosti za fizička lica ne vrši provera, već se upoznaje sa bezbednosnim procedurama uz potpisanu izjavu određenog sadržaja.

Bezbednosnu proveru za pristup tajnim podacima i dokumentima stepena tajnosti "STROGO POVERLJIVO" za lica kojima je potreban pristup tajnim podacima i dokumentima tog stepena tajnosti, radi obavljanja funkcija ili radnih dužnosti u ministarstvu nadležnom za unutrašnje poslove, pored Bezbednosno-informativne agencije vrši i ministarstvo nadležno za unutrašnje poslove.

Organi nadležni za bezbednosnu proveru dužni su da u postupku vršenja bezbednosne provere ostvare međusobnu saradnju, a posebno u postupku bezbednosne provere za pristup tajnim podacima označenim stepenom tajnosti "DRŽAVNA TAJNA" i "STROGO POVERLJIVO".

Na osnovu izvršene bezbednosne provere i izveštaja o rezultatu provere sa preporukom Kancelarija Saveta izdaje ili odbija zahtev za izdavanje sertifikata za pristup tajnim podacima određenog stepena tajnosti.

U odnosu na stepen tajnosti za koji je izdat, bezbednosni sertifikat ima određeni rok važenja, pa tako za:

- "DRŽAVNU TAJNU" važi tri godine;
- "STROGO POVERLJIVO" važi pet godina;
- "POVERLJIVO" važi deset godina;
- "INTERNO", za potrebe pravnog lica, važi 15 godina.

Značajno je u ovom delu napomenuti i da pristup tajnim podacima i korišćenje podataka i dokumenata bilo kog stepena tajnosti bez izdavanja sertifikata, na osnovu funkcije i u cilju obavljanja poslova iz njihove nadležnosti imaju samo predsednik Narodne skupštine, predsednik Republike i predsednik Vlade.

## 2.2. Procena ugroženosti objekata/prostora u kojima se rukuje sa tajnim podacima

Procena ugroženosti objekata /prostora za rad sa tajnim podacima predstavlja jedan od elemenata sveobuhvatne bezbednosne procene.

U skladu sa navedenim elementom procene neophodno je preduzeti mere fizičke bezbednosti čiji je cilj sprečavanje neovlašćenog ili nasilnog ulaska neovlašćenih lica, odvracanje, sprečavanje i otkrivanje neovlašćenih radnji, kao i omogućavanje razdvajanja osoblja koje pristupa tajnim podacima na potrebe pristupa.

Mere fizičke bezbednosti primenjuju se u svim prostorijama, zgradama, kancelarijama, sobama i ostalim prostorima u kojima se rukuje tajnim podacima ili gde se čuvaju, uključujući i prostore u kome se nalaze informaciono-telekomunikacioni sistemi.

Postojećom zakonskom regulativom nije utvrđena obaveza nacionalnog organa nadležnog za procenu ugroženosti objekata/prostora u kojima se čuvaju,

odnosno u kojima se rukuje sa tajnim podacima određenog stepena tajnosti, izuzev, delimično, subjekata koji se nalaze pod kontraobaveštajnom zaštitom nadležnih organa u Republici Srbiji.

Takve okolnosti ukazuju na postojanje rizika za kompromitaciju tajnih podataka koji se nalaze u neadekvatno štićenom prostoru, zbog čega se nameće potreba da se izradi jedinstvena, sveobuhvatna i obavezujuća metodologija na osnovu koje bi bilo moguće izraditi bezbednosnu procenu ugroženosti objekata/prostora u kojima se čuvaju, odnosno rukuje sa tajnim podacima.

S tim u vezi, objekti, prostorije, odnosno prostori u kojima se čuvaju, koriste i obrađuju tajni podaci stepena tajnosti "POVERLJIVO" ili većeg stepena tajnosti, trebalo bi da imaju:

- bezbednosnu procenu ugroženosti;
- plan zaštite tajnih podataka;
- tehničku dokumentaciju.

Celishodno bi bilo da navedenim elementom bezbednosne procene budu obuhvaćene eventualne pretnje sa osvrtom na poziciju, lokaciju i čuvanje objekata, bezbednosne zone, aktivnosti stranih obaveštajnih službi, sabotera, terorista i kriminalnih grupa, rizika koji mogu biti uzrokovani aktivnošću zaposlenih.

Plan zaštite tajnih podataka trebalo bi da sadrži:

- lokaciju i opis objekta u kojem se nalaze bezbednosne zone, posebno opis granica objekta, broj ulaza, opis okolnih objekata i drugo;
- podatke o bezbednosnim zonama, uključujući opis aktivnosti koje se u njima obavljaju;
- lokaciju i opis bezbednosnih zona (položaj, ulaz, debljina zida, dimenzije prozora, visina prozora iznad tla i drugo);
- grafički prikaz objekta, granica objekta, bezbednosnih zona i granica bezbednosnih zona;
- način vršenja fizičke zaštite objekata i bezbednosnih zona, koji sadrži:
  - uputstva za vršenje fizičke zaštite,
  - broj lica koja vrše fizičku zaštitu,
  - način provere lica i vozila prilikom ulaska i izlaska, u toku i van radnog vremena,
  - način obavljanja periodične kontrole,
  - način vršenja patrole,
  - način reagovanja na alarmne poruke tehničkih bezbednosnih uređaja i sistema,
  - metode kontrole fizičke zaštite,
  - knjigu/evidenciju posetilaca u koju se unose ime, prezime, jedinstveni matični broj lica ili broj javne isprave iz koje se može utvrditi identitet, kao i naziv institucije u kojoj je to lice zaposleno;

- procedure zaštite tajnih podataka u kriznim situacijama, i to:
  - izbor rezervne lokacije,
  - prenos tajnih podataka,
  - komunikacija sa drugim nadležnim organima
  - određivanje mera obezbeđenja tajnih podataka.

Tehnička dokumentacija trebalo bi da obuhvata spisak i specifikaciju mehaničkih i tehničkih bezbednosnih uređaja i sistema za zaštitu objekata i bezbednosnih zona, pravila i uputstva za njihovu upotrebu i održavanje, evidencije i izveštaje o proverama ispravnosti, kao i kopije sertifikata o ispunjenosti standarda mehaničkih i tehničkih bezbednosnih uređaja i sistema.

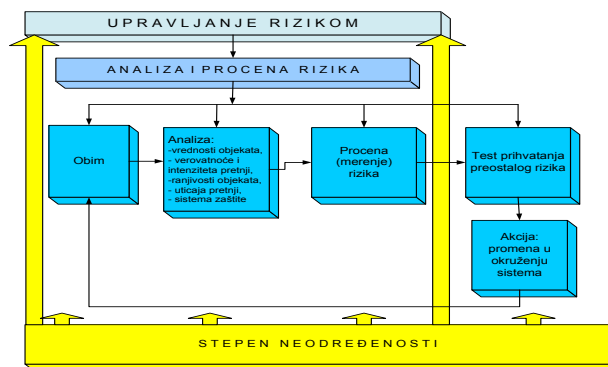
Takođe, treba ukazati da su pojedine države u cilju izrade odgovarajuće procene ugroženosti objekata/prostora za rad sa tajnim podacima razvile i usvojile "bodovni sistem", koji se pokazao kao primer dobre prakse.

Naime, mere fizičke zaštite u bezbednosnim zonama utvrđuju se na osnovu stepena rizika pretnje tajnim podacima na način što se vrši bodovanje mera zaštite. Ispunjenost mera fizičke zaštite u bezbednosnim zonama određuje se na osnovu broja bodova dobijenih u skladu sa unapred usvojenim bodovnim listama.

U skladu sa međunarodnim propisima neophodno je vršiti periodičnu procenu ugroženosti objekata/prostora namenjenih za rukovanje tajnim podacima i to najmanje jednom godišnje.

### 2.3. Procena ugroženost za rad sa tajnim podacima u Informaciono-telekomunikacionim sistemima

U situaciji kada se u informaciono-telekomunikacionim sistemima radi sa osetljivim podacima, ti sistemi se ne mogu razmatrati odvojeno od okruženja u kome deluju, već zajedno sa spoljnim faktorima čine celinu koju karakterišu različiti ciljevi, okolnosti, resursi, komponente, upravljanje, koji se svi zajedno moraju uzeti u obzir pri izradi procene rizika po bezbednost tih podataka.



Model za analizu i procenu rizika [4]

Identična situacija je i u pogledu rada sa tajnim podacima u različitim sistemima, pri čemu se i u ovom slučaju očekuje znatno veći stepen obezbeđivanja informacione bezbednosti, ili kako se u novijem periodu govori informacione garancije.

Naime, Informaciona bezbednost (IA) u oblasti komunikaciono-informacionih sistema podrazumeva da će takvi sistemi zaštititi podatke koje obrađuju i da će funkcionisati kako treba i kada treba pod kontrolom legitimnih korisnika. Efikasna informaciona bezbednost obezbeđuje odgovarajući nivo poverljivosti, integriteta, dostupnosti, neporecivosti i verodostojnosti.

Imajući u vidu navedeno, kao i u slučaju procene ugroženosti objekata/prostora izostala je izrada adekvatne metodologije za procenu bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima u informaciono-telekomunikacionim sistemima.

U ovom trenutku nacionalni normativni okvir za rad sa tajnim podacima u ovim sistemima predstavlja Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima [5].

S tim u vezi, organ javne vlasti, kao i pravno lice koje namerava da koristi sistem u kome će vršiti obradu i čuvanje tajnih podataka, prethodno izvršava procenu mogućeg ugrožavanja bezbednosti tajnih podataka od upada u sistem, kao i procenu ugrožavanja upotrebe i uništavanja tajnih podataka koji su obrađeni i sačuvani u sistemu.

Procena rizika bezbednosti sistema odnosi se na utvrđivanje rizika, procenu rizika koji se ne mogu izbeći, procenu ugroženosti sistema, kao i pretnje i moguće posledice realizacije pretnji za sistem, uključujući i rizike u vezi sa okruženjem u kojem se sistem koristi.

Procena rizika se vrše periodično, u skladu sa planom za procenu rizika sistema koji donosi rukovodilac organa javne vlasti, odnosno odgovorno lice u pravnom licu. U slučaju da organ javne vlasti, odnosno pravno lice, imaju potrebu da povežu svoje sisteme, zaključuju sporazum o povezivanju tih sistema.

Rukovodilac organa javne vlasti, odnosno odgovorno lice u pravnom licu, uz procenu rizika bezbednosti sistema, donosi akt kojim propisuje bezbednosni postupak za prijem, obradu, prenos, čuvanje i arhiviranje tajnih podataka u elektronskom obliku, kao i čuvanje projektne dokumentacije.

Neophodno je posebno naglasiti da se procena rizika bezbednosti sistema vrši za sistem u kome se obrađuju, prenose i čuvaju tajni podaci stepena tajnosti "DRŽAVNA TAJNA", "STROGO POVERLJIVO" i "POVERLJIVO". Za sistem u kome se obrađuju tajni podaci koji su označeni stepenom tajnosti "INTERNO", organ javne vlasti, odnosno pravno lice obezbeđuje održavanje odgovarajućeg nivoa bezbednosti tajnih

podataka (poverljivosti, celovitosti, autentičnosti ili dostupnosti), u skladu sa propisima kojima se uređuje informaciona bezbednost.

Proveru sprovođenja nivoa bezbednosti vrši organ javne vlasti ili pravno lice, odnosno ovlašćeno lice za upravljanje bezbednošću sistema. Upravljanje rizikom bezbednosti sistema sastoji se od trajnog procenjivanja i obrade rizika, radi sprečavanja uništenja, otuđenja, gubitka i neovlašćenog pristupa tajnim podacima. Organ javne vlasti, odnosno pravno lice donosi odluku o upravljanju rizikom bezbednosti sistema.

Obrada rizika bezbednosti sistema predstavlja aktivnost u kojoj se za svaki procenjeni rizik utvrđuje stepen prihvatljivosti rizika, u cilju njegovog prihvatanja, smanjenja ili izbegavanja. Rizik se smatra prihvatljivim ako bi nastala šteta bila manja od štete koja bi nastala usled nesprovođenja bezbednosnih mera.

Smanjivanje rizika sprovodi se primenom bezbednosnih mera, u cilju sprečavanja uništenja, otuđenja, gubitka i neovlašćenog pristupa tajnim podacima. Izbegavanje rizika podrazumeva preduzimanje bezbednosnih mera, u cilju izbegavanja radnji koje bi mogle izazvati rizik.

Nakon donošenja odluke o obradi rizika, organ javne vlasti, odnosno pravno lice, donosi akt o obradi rizika kojim se utvrđuje sprovođenje potrebnih bezbednosnih mera. Rezultati procenjivanja i obrade rizika redovno se revidiraju, u skladu sa potrebama organa javne vlasti, odnosno pravnih lica, na osnovu nastalih unutrašnjih ili spoljašnjih promena sistema.

Aktuelna situacija pokazuje da trenutna Uredba nije dovoljna da se na pravi način i u celini zaokružio sistem zaštite tajnih podataka, budući da još uvek nedostaje Zakon o informacionoj bezbednosti, kojim bi se uređio rad sa tajnim podacima u informaciono-komunikacionim sistemima, Strategija sajber bezbednosti i regulativa koja uređuje kriptozastitu. [6]

### **3. OBAVEZE REPUBLIKE SRBIJE U SKLADU SA MEDJUNARODNO POTPISANIM SPORAZUMIMA**

U vezi sa procenom bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima treba ukazati da je Republika Srbija potpisala veći broj sporazuma o uzajamnoj razmeni i zaštiti tajnih podataka sa drugim državama, između ostalih sa NATO, EU, Slovačkom, Bugarskom, Češkom, Bosnom i Hercegovinom, Makedonijom, Slovenijom, Španijom, Ruskom Federacijom, dok se sa većim brojem država tekstovi sporazuma nalaze u različitim fazama usaglašavanja.

Inače, međunarodnu saradnju u oblasti razmene i zaštite tajnih podataka naša zemlja je započela zaključivanjem Sporazuma između Vlade Republike Srbije i Organizacije severnoatlantskog pakta (NATO) o bezbednosti informacija i kodeksa o postupanju [7] i zaključivanjem Sporazuma između Republike Srbije i

Evropske unije o bezbednosnim procedurama za razmenu i zaštitu tajnih podataka[8].

Za potrebe primene ovih sporazuma formiran je Centralni registar za strane tajne podatke u Kancelariji Saveta, kao i podregistri u Ministarstvu spoljnih poslova, Misiji Republike Srbije pri NATO u Briselu i Misiji Republike Srbije pri Evropskoj uniji, Ministarstvu unutrašnjih poslova, Ministarstvu odbrane i Bezbednosno-informativnoj agenciji.

Razmena tajnih podataka sa NATO i Evropskom unijom, bez obzira na to što su sporazumi ratifikovani, otpočela je tek kada su Centralni registar i podregistri u napred navedenim misijama, ministarstvima i drugim organima formirani i prošli sertifikacionu posetu ekspertskog tima NATO, a zatim i Evropske unije.

#### 4. ZAKLJUČAK

Implementacija nacionalne regulative kojom je uređen rad sa tajnim podacima predstavlja zakonsku obavezu svih državnih organa koji kreiraju ili rukuju sa podacima određenog stepena tajnosti. U tom smislu od posebnog značaja je donošenje odgovarajuće metodologije kojom bi se preciznije uređio način izrade procene bezbednosnog rizika ugroženosti objekata, odnosno prostora u kojima se rukuje tajnim podacima, kao i metodologije za procenu ugroženosti informaciono-telekomunikacionih sistema u kojima se radi sa tajnim podacima.

Istovremeno, nameće se obaveza da državni organi koji nisu implementirali nacionalnu regulativu koja uređuje rad sa tajnim podacima to učine u što skorijem periodu, posebno ako se ima u vidu mogućnost da budu korisnici podataka EU koji su označeni određenim stepenom tajnosti. U praksi to znači da će morati da implemetiraju i sve prateće odluke i direktive, koje, između ostalog uključuju i izradu procene bezbednosnog rizika za rad sa tajnim podacima, u cilju pravovremenog i preventivnog delovanja na bezbednosne izazove, rizike i pretnje.

Ipak, u tavnim aktivnostima ne treba gledati birokratsku težinu i nove obaveze, već pristupiti ovom pitanju kao procesu koji će zaštititi resurse državnih institucija i vitalne interese R Srbije.

#### 5. LITERATURA:

[1] <http://www.eccentrix.rs/procena-bezbednosti-informacionih-sistema>

[2] Zakon o tajnosti podataka, Službeni glasnik R Srbije br. 104/209

[3] Zakon o zaštiti podataka o ličnosti, Službeni glasnik R Srbije br. br. 97/2008, 104/2009 - dr. zakon, 68/2012 - odluka US i 107/2012

[4] <https://bs.scribd.com/.../1-Metodologija-procene-rizika>

[5] Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima, Službeni glasnik R Srbije br. 53/2011

[6] COUNCIL DECISION of 23 September 2013 on the security rules for protecting EU classified information (2013/488/EU)

[7] Sporazum između Vlade Republike Srbije i Organizacije severnoatlantskog pakta (NATO) o bezbednosti informacija i kodeksa o postupanju, Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori 6/11.

[8] Sporazum između Republike Srbije i Evropske unije o bezbednosnim procedurama za razmenu i zaštitu tajnih podataka, Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori, br. 1/2012.



# Novi izazovi Kiber bezbednosti Informativnih Sistema – Mesto i uloga Sistema za detekciju i prevenciju Nove generacije (*Intrusion Prevention System*)

Zoran Živković, Milenko Ostojić, Nataša Simić, Društvo za Informativnu Bezbednost Srbije,  
Towers Net doo.

**Sadržaj** — U radu se daje osnovna klasifikacija Kiber (Cyber) napada na informativne sisteme, kao i najvažnije osobine napada u poslednjih nekoliko godina. Data je klasifikacija IPS-a (*Intrusion Prevention System*) na osnovu načina funkcionisanja, kao i klasifikacija metoda detekcije IPS-a. Date su osnovne tehničke karakteristike koje treba da zadovolji IPS nove generacije.

**Glavne reči** — *Intrusion Prevention, Cyber attack.*

## I. UVOD

INTERNET danas ima izuzetno veliku ulogu u globalnoj ekonomiji. Ovo je pre svega zbog činjenice da je postao univerzalni komunikacioni medijum za prenos informacija.

Sa druge strane svedoci smo vrlo brzog razvoja javnih informativnih sistema, koji nude veći broj usluga informativnog društva putem Interneta širokom krugu korisnika. U tom smislu narastanje pretnji informativne bezbednosti postaje vrlo aktuelno.

Pitanjem informativne bezbednosti, na nivou EU se bavi organizacija ENISA, koja skuplja i koncentriše sve informacije vezane za bezbednosne incidente na Internetu sa sistemom nacionalnih organizacija CERT (*Computer Emergency Response Team*), koje prikupljaju informacije na nacionalnom nivou i distribuiraju ih ostalim nacionalnim organizacijama, a takođe se informacije dostavljaju i organizaciji ENISA. Pored ovih organizacija, problemima Informativne bezbednosti bavi se i niz kompanija koje nude proizvode iz ove oblasti, a koji publikuju svoje izveštaje najčešće na godišnjem nivou.

Ovakvo dobijeni podaci se koriste za formiranje odgovarajućih strategija i postupaka Informativne bezbednosti na nacionalnom nivou, kao i na nivou svakog od poslovnih subjekata, sa ciljem da se na vreme preduprede sve maliciozne aktivnosti, koje bi mogle da nanese štetu poslovanju, kao i šteta koje mogu nastati na nacionalnom nivou.

U ovom radu će biti reči o nekim malicioznim bezbednosnim rizicima u praksi, pre svega o teškim napadima na integritet informativnog sistema koji koristi Internet kao komunikaciono sredstvo, kao i mogućnostima za detekciju i onemogućavanje savremenih napada na IS.

Efikasna odbrana i stvaranje uslova za neprekidan i pouzdan rad danas je nezamislivo bez savremenih sistema za detekciju i prevenciju napada od Kiber napada (*Intrusion prevention system - IPS, Intrusion detection System - IDS*).

## II. VIDOVI NAPADA NA IS

U nastavku će biti dat kraći pregled savremenih zlonamernih (malicioznih) aktivnosti nad informativnim sistemima koji su dominantni u poslednjih nekoliko godina, koje dovode do degradacije funkcionisanja i bezbednosti sadržaja pohranjenih u informativnim sistemima.

### *Kompjuterski virusi*

**Crv** (Worms) je program kreiran da se samostalno kreće i prebacuje sa računara na računar. Tipičan crv je dizajniran tako da može da otkrije druge kompjutere u okruženju sa specifičnim osobinama koje mu omogućuju da uspešno napadne sledeći računar i instalira se samostalno na isti. Nakon toga crv skenira neposredno okruženje novoosvojenog domaćina i ciklus se ponavlja dokle god ima novih računara pogodnih za osvajanje.

**Trojanski konj** je drugi tip štetnog softvera. Kao i crv, Trojanac je dizajniran da se prebacuje sa sistema na sistem. Za razliku od crva, Trojanac zahteva intervenciju čoveka da bi se prebacivao sa sistema na sistem.

Trojanski konj je dobio ime jer liči na nešto bezopasno. Može da bude ugrađen u kompjuterski program kao da je igrice, čuvar ekrana ili neki drugi program. Ali jednom aktiviran Trojanac će napraviti štetu za koju je dizajniran. Može to da bude skeniranje okolne mreže u cilju pronalazjenja nove žrtve, skeniranje sistema u cilju pronalazjenja važnih podataka ili instalacija drugog malicioznog softvera.

**Napadi zagušenja bafera**. To je specifična vrsta napada gde je napad dizajniran tako da izvršavanjem instrukcija napadača zbuni napadnuti računarski sistem. Napadački program uspostavlja komunikacionu sesiju sa specifičnim komponentama za napadnuti sistem i šalje specijalno napravljene poruke na isti. Takve poruke namerno šalju veliku količinu podataka u ulazni bafér napadnutog sistema. Tako velika količina podataka u programima osetljivim na ovu vrstu napada može da dovede do izvršavanja napadačkih instrukcija umesto izvornih. Te nove instrukcije obično sadrže kod kojim se otvara napadnuti sistem i dozvoljava delimično ili potpuno preuzimanje kontrole nad napadnutim računarskim

mr. Zoran Živković, dipl.ing.: [z.zivkovic@towersnet.rs](mailto:z.zivkovic@towersnet.rs).

dr. Milenko Ostojić, dipl.ing.: [m.ostojic@towersnet.rs](mailto:m.ostojic@towersnet.rs).

mr. Nataša Simić. Dipl.ing. e-mail: [n.simic@towersnet.rs](mailto:n.simic@towersnet.rs).

sistemom. Ova vrsta napada je komplikovana za razvoj i pretpostavlja detaljno znanje o internoj arhitekturi ciljnog sistema (hardver i softver) kao i detaljno znanje o programu ili servisu koji se napadaju. Crvi, trojanci, virusi i drugi maliciozni softveri veoma često koriste ovu vrstu napada radi ubacivanja u novi sistem žrtve.

### **Špijunski softver, Pecanje, But mreže**

**Špijunski softver** (*Spyware*) je izraz dodeljen širokoj grupi tehnika koje se koriste da na skriven način dobiju informacije sa računara. Špijunski softver najčešće uzima oblik računarskog koda koji je instaliran na računar korisnika bez njegovog znanja i pristanka, koji sakuplja određene informacije i šalje ih nekom centralnom izvoru. Špijunski softver može takođe izmeniti ponašanje korisnikovog računara.

**Phising.** Igra reči sa reči fishing (pecanje) - phishing napad je napad na korisnike računara u pokušaju da ih prevari da učine radnju koja je predviđena da ih ošteti. Ta šteta može, na primer, imati oblik finansijske prevare ili instalacije malvera ili špijunskog softvera na njihov računar.

**Botnet mreže.** Botnet mreža je skup računara žrtava okupljenih u botnet vojsku, snažan računarski resurs koji čeka instrukcije od svog vlasnika. Autori Botneta su obično finansijski motivisani.

### **SYN poplave i napadi zagušenja usluge**

**SYN poplava** je napad na ciljani sistem, konkretno napad na ključne projektne karakteristike TCP/IP mrežnog protokola.

U SYN poplavi, napadač šalje hiljade SYN paketa ciljanom sistemu. SYN paket je obično poruka poslata sa drugog računara koji želi da ustanovi mrežnu konekciju sa metom. Nakon prijema SYN, ciljani sistem odgovara sa SYN/ACK, u tom trenutku počinje komunikacija.

**Napad za odbijanje usluge** (*Denial of Service – DoS Attacks*) je napad na ciljani sistem pri čemu je cilj napada da delimično ili potpuno onespobne ciljani sistem. Svrha DoS napada jeste da predstavi ciljani sistem beskorisnim za legitimne namene. Radi efikasnije prikrivenosti napada napadači koriste razne tehnike za izbegavanje detekcije kao što je šifrovanje kao i druga rešenja za izbegavanja detekcije (*Encryption and other detection evasion*). U malver ekonomiji, autori malvera smatraju da su njihovi proizvođači uspešni ukoliko su u stanju da izbegnu detekciju.

### **Napadi nultog dana**

**Napad nultog dana** je ime novih napada na prethodno nepoznatoj ranjivosti napadnutog sistema, ili potpuno nova vrsta napada na postojeće slabosti napadnutog sistema. Izraz *nulti dan* potiče od broja dana upozorenja od vremena kada je ranjivost objavljena i kada je zloupotrebljena. Drugim rečima, ovo su ranjivosti za koje ne postoje zakrpe.

Napadi nultog dana su značajni zato što su IPS uređaji na bazi potpisa (na bazi eksploita) generalno nesposobni da se odbrane od njih. Ipak, IPS koji takođe koriste detekciju na bazi anomalije i pravila na bazi ranjivosti (nasuprot potpisima na bazi eksploita) mogu efikasno zaštititi od napada nultog dana.

### **Napredene istrajne pretnje**

Trenutno postoji mnogo buke i dezinformacija o naprednim istrajnim pretnjama (APT). Istina, ne postoji nikakvo magično rešenje ili jedan jedini uređaj za odbranu od APT-a. Danas je nemoguće efikasno odbraniti. Mrežni IPS je strateška komponenta strategije dubinske odbrane koja može pomoći da dobijete prednost u ovoj borbi [2].

Šta je APT?. Napredna istrajna pretnja je informacioni rat, kojim komanduju sofisticirani protivnici, namerni da kontrolišu informacione sisteme i sakupe informacije o licima, organizacijama i državama. Neke od APT pretnji su navedene u nastavku.

**Brutal-force attack.** Ovo je vrsta napada koja za cilj ima razbijanje lozinke za pristup sistemu. Napad se izvodi od strane zlonamernog korisnika ili softvera na računar ili operativni sistem da bi se došlo do tajne lozinke ili simetričnog ključa za enkripciju. Najčešće se vrši pogađanjem lozinke ili ključa dok se ne otkrije tačna lozinka ili ključ.

**SQL injection.** Predstavlja napad na bilo koju vrstu baze podataka, uključujući i Oracle baze podataka. Ovaj vid napada se često zanemaruje u diskusijama o problemima SQL baza podataka, a važi i za sve druge baze podataka, kao i činjenica da SQL injection nije samo web problem.

**Cross-site scripting (XSS).** Predstavlja tip ranjivosti računarske mreže i tipično se javljaju u veb aplikacijama, pri čemu napadač ubacuje client-side skript u veb strane koje su pregledali drugi korisnici. XSS ranjivosti mogu se koristiti od strane napadača, radi zaobilazanja kontrole pristupa određene politikom sajta. XSS napadi čine oko 80% napada koji su izvršeni na veb sajtovima, dokumentovano od strane Symantec-a, od 2007. godine pa nadalje. Uticaj ovog napada može biti u rasponu od male smetnje do ozbiljnog bezbednosnog rizika, u zavisnosti od osetljivosti podataka sa kojima se rukuje na ranjivom sajtu i prirode umanjenja bezbednosti koje je implementirano na sajtu vlasniku podataka.

**Root.kit napadi.** Ovaj vid softvera se infiltrira u ciljani sistem. Dizajniran je tako da skriva sebe u okviru ostalih resursa (direktorijuma, fajlova, procesa ili registara), sa ciljem da ne bude otkriven. Pri tome svoje delovanje zadržava u računarskom sistemu sve vreme.

## **III. NAJVAŽNIJE OSOBENOSTI NAPADA U PROTEKLIM NEKOLIKO GODINA**

U 2011. - 2012. godini su se između ostalih izdvojila tri osnovna tipa pretnji: krađa podataka, ciljani posvećeni napadi na odabrane ciljeve i mogućnost kupovine paketa za organizovanje napada na standardne nebranjene platforme.

U 2012./2013. Znatno se menja standarni IT ambijent:

- Pojava i nagli porast broja novih platformi.
- Sve veća prihvaćenost filozofije Cloud Computing-a i novih rizika koji stim u vezi nastaju.
- Masovna prodaja pametnih telefona i pratećih aplikacija.
- Sve veći broj dinamički - geografski nezavisnih korisnika (*BYOD*).

- Neodređena i promenljiva priroda krajnje tačke korisničnog uređaja.
- Tradicionalno fizički i geografski homogen korporativni svet transformiše se u svet bez jasno vidljivih granica.

Najrasprostranjenija pretnja je bila *BlackHole* i predstavljala je oko 80% pretnji, kojima se vrši redirekcija adresa sajtova, ponajviše legitimnih hakovanih sajtova.

Takođe prema izveštaju ENIS-e za 2013 godinu [4], registruju se efekti pet osnovnih kategorija incidenata: Prirodni fenomeni, Ljudske greške, Maliciozni napadi, Sistemske greške i Kvarovi kao posledica delovanja treće strane. Pokazuje se da u poslednje tri godine, učešće malicioznih aktivnosti prouzrokuje sve veće vreme zastoja u raspoloživosti IS, gde se za 2013 godinu, zastoji prouzrokovani malicioznim aktivnostima približavaju vrednosti 50% ukupnog zastoja. Iz ovoga direktno sledi značaj borbe protiv malicioznih aktivnosti na mreži, koje tako prouzrokuju i proporcionalni nivo štete po IS.

U Izveštaju CISCO 2015 [5], stoji da je oko 1%, malicioznih aktivnosti i direktno korišćeno za napade na IS. *BlackHole*, ostaje daleko najeksploatisanija maliciozna pretnja. Takođe, u značajnoj meri (oko 34%) smanjenja je registrovano u Java aplikacijama, što značajno podiže nivo pouzdanosti jezika. Uočava se nagli porast *Spam* softvera, tokom 2014 godine i to za oko 240% u periodu Januar-Novembar 2014.

Očigledna je potreba da se korporativni, a i svi drugi važni sistemi zaštite od mogućih napada ili pretnji, što je i osnovna funkcija **TND sistema za detekciju i prevenciju kiber napada**.

#### IV. VRSTE IPS SISTEMA

Postoji više vrsta IPS sistema, koji obezbeđuju detekciju i prevenciju od napada na informacione sisteme. Obzirom na princip rada IPS-a, mogu se svrstati u tri tipa sistema za detekciju i prevenciju od Kiber napada [1]:

**Serverski tip.** Kod serverskog tipa zaštite IPS je instaliran na branjenom resursu. Sam program zaštite se izvršava na istoj mašini na kojoj se realizuju svi procesi servera. Na ovaj način se značajno koriste resursi servera, kako procesorski tako i memorijski i to može biti i do 40% resursa servera. Takođe u okviru IPS programa, nalaze se i sve potrebne baze podataka za realizaciju odluke. Baza podataka se periodično osvežava. Ovaj tip je IPS-a je potencijalno veoma brz, pod uslovom da na vreme detektuje napad vrlo brzo i reaguje na isti bilo slanjem izveštaja bilo odbrambenom reakcijom. Takav tip odbrane je vidljiv napadaču te je moguće napasti sam IPS, bilo blokadom rada bilo napadom na njegove interne baze podataka. Relativno kašnjenje u osvežavanju baze poznatih malicioznih kodova kao i jednostavni algoritmi za prepoznavanje novih vrsta napada čine ovaj tip IPS osetljivim na potpuno nove napade kao i na DDOS napade.

**Gateway tip.** Kod Gateway tipa zaštite, između servera klijenta i Interneta se postavlja *gateway* sistem koji filtrira i kontroliše saobraćaj. Ova vrsta IPS sistema je tradicionalna i prilično je zastupljena kod najvećih proizvođača opreme i rešenja. S obzirom da zahteva svakodnevno nadziranje, podešavanje i kontrolu

pretpostavlja neprekidan angažman profesionalnog osoblja. U velikim i složenim dinamičnim sistemima, sa različitim IT servisima mora se svakodnevno sinhronizovati rad svih korisnika sistema. Prilikom filtriranja dolazi do usporavanja jer se skeniranje vrši na samom linku. Ovaj vid zaštite pati od nekoliko nedostataka. Pre svega, usporava se protok paketa na linku. Stvara se vendor zavisnost od isporučioaca *gateway* uređaja, koji su obično i isporučioci mrežne opreme. Potrebno je investirati u opremu od odgovarajućeg proizvođača, što je poseban trošak. Potrebno je administrirati i održavati opremu *gateway*-a (potreba za administratorom sistema, obuka, svakodnevno nadgledanje, podešavanje i slično...). Svakodnevno se vrši daljinsko ažuriranje baze podataka malicioznih programa. Takođe, omogućen je daljinski pristup od strane vendara ili integratora, što potencijalno može povećati nivo pretnji.

**Tows Net Defender pristup.** Pristup je jedinstven po tome što za razliku od konvencionalnog serverskog pristupa, TND pristup koristi virtuelni uređaj (*Towers Net Server*), kome se šalju svi logovi posebnom tunelskom kodiranom vezom, a instalirani agentski program na serveru vrši analizu saobraćaja, detekciju i po potrebi izvršava komandu blokiranja, ako se utvrdi da je došlo do pokušaja napada na sistem. Pri tome, minimalno se usporava rad servera, čak i kada detektuje-blokira napad. TND IPS je nevidljiv za napadače čime se obezbeđuje njegova izuzetna elastičnost i otpornost na sve pokušaje ometanja ili blockade. Ukupna cena posedovanja TND je veoma optimizovana, prestaje potreba za administriranjem i obukom lokalnog kadra, kao i dodatnim troškovima s'tim u vezi. Važna je i karakteristika potpune vendorske neutralnosti servisa.

#### V. KARAKTERISTIKE IPS-A NOVE GENERACIJE

IPS sistemi nove generacije, obezbeđuju neke bitne karakteristike, olakšavajući primenu, na način da se radi pametnije- ne napornije, u svrhu dinamičke odbrane.

**Automatizovana procena uticaja.** Nije neuobičajeno za IPS uređaje da kreiraju stotine bezbednosnih događaja dnevno. Kada uzmete u obzir da jedno tradicionalno preduzeće može imati desetine IPS uređaja ili više, provera hiljada bezbednosnih događaja svakog dana doslovno je nemoguća i može realno proizvesti beskoristan IPS, zato što će on biti ignorisan. TND kao IPS Sledeće generacije, s druge strane, povezuje pretnje i informacije sa krajnje tačke kako bi smanjio operativne bezbednosne događaje za 95 procenata i više. Jednom detektovan napad na bilo kojem od servera u mreži biće prosleđen automatski svim ostalim i na taj način potpuno redukovati sve potencijalne buduće događaje koje bi taj napad izazvao na celoj mreži.

**Automatsko fino podešavanje.** Svaka mreža je različita. Prilagodite vašu IPS politiku detekcija sa pravilima važnim za vašu organizaciju. Ako je politika detekcije suviše mala, IPS neće nuditi adekvatnu zaštitu. A ako je prevelika, može previše opteretiti IPS i izazvati smanjen protok mreže i povećano kašnjenje. TND kao IPS Sledeće generacije može pasivno odrediti profil vaše mreže i automatski preporučiti koja pravila omogućiti a koja

isključiti u intervalu koji odredi korisnik (na primer, nedeljno ili mesečno).

**Praćenje identiteta korisnika.** Kakva je korist od neke IP adrese za uređaj krajnjeg korisnika u odnosu na bezbednosni događaj ili događaj usklađenosti ako ne znamo ko je napadnut ili ko krši IT politiku firme? Umesto detaljnog pregledanja evidencija DHCP i Aktivnog direktorijuma da bi se ručno uparili korisnici sa IP adresama, TND kao IPS Sledeće generacije će obezbediti da se identifikuje IP adresa i korisnika odakle je napad došao. Vreme koje je potrebno da se poveže korisnik sa bezbednosnim događajem može biti smanjeno sa jednog sata na manje od jedne sekunde.

## VI. METODE DETEKCIJE NAPADA

Postoji više metodologija detekcije pretnji. Obično se više vrsta detekcije kombinuju u cilju postizanja preciznije i detekcije šireg dijapazona pokrivanja anomalija. Glavne metodologije su sledeće [1]:

**Signature-based**, metoda bazira na poređenju poznatih pretnji, čije su karakteristike dobro poznate, da utvdi incident na posmatranom događaju. Ovo je vrlo efikasan pristup za detekciju poznatih pretnji, ali neefikasan u detekciji nepoznatih pretnji ili složenijih varijanti poznatih pretnji. Ovaj vid detekcije ne uspeva da prati i otkrije incidente u slučajevima kompleksnih događaja u mreži.

**Anomaly-based detection**, bazira svoju funkcionalnost na komparaciji posmatrane aktivnosti sa uobičajenim aktivnostima na mreži, u cilju otkrivanja anomalije. Metod formira profil tipičnih aktivnosti tokom vremena. IPS potom komparira karakteristike konkretne aktivnosti sa formiranim pragom odlučivanja, formiranim na bazi formiranih tipičnih profila. Ovaj vid detekcije je veoma efikasan kada se radi o predhodno nepoznatim pretnjama.

**Stateful protocol analysis**, metoda bazira na predeterminisanim profilima prihvatljivih protokolarnih aktivnosti u svakoj fazi aktivnosti protokola, sa posmatranim događajem u cilju identifikacije devijacije. Stateful analiza pruža mnoge efikasne mogućnosti za detekciju, a koje nisu prisutne u predhodne dve metode. Towers Net Defender u svom funkcionisanju koristi sve tri metode detekcije pretnji.

## VII. TND IPS Sledeće generacije ili načini smanjenja ukupne cene posedovanja

Koje su prednosti TND-a, kao IPS-a sledede generacije, objasnimo opisom deset načina kako da se smanji ukupna cena posedovanja (TCO) IPS-a. Kada procenjujemo cenu nekog mrežnog IPS-a, ne samo da je važno proceniti troškove nabavke i naknade godišnjeg održavanja, već i cenu puštanja u rad i održavanja IPS-a, baze podataka, kao i licenciranja – što često predstavlja veliki deo ukupne cene posedovanja (TCO) tokom trogodišnjeg ili petogodišnjeg perioda. Takođe, jako je važno prepoznati elemente vendor zavisnosti i šta to znači sa aspekta očekivanog srednjeg vremena života hardvera

koji čini sastavni deo IPS-a ili mogućnost redovne i efikasne nadogradnje softvera u sklopu IPS-a. IPS Sledeće generacije nudi bolju zaštitu mreže u realnom vremenu, zaštitu aplikacija, kontroliše ponašanje korisnika i rastereduje sistem i korisnika automatizacijom ključnih IPS funkcija. Ovakvo podizanje nivoa mogućnosti IPS-a pruža neuporedivo veći uvid, smanjujući oslanjanje na druge IT timove i omogućuje potpunu automatizaciju ključnih IPS funkcije koje tradicionalni IPS jednostavno ne može. TND kao IPS Sledeće generacije ima brojne prednosti nad tradicionalnim IPS-a i to:

- Jača zaštita mreže,
- Vrhunske performanse,
- Neprekidna automatizovana mogućnost nadogradnje,
- Neprekidna dostupnost,
- Veoma jednostavnija primena i tekude održavanje,
- Niža ukupna cena posedovanja.

*Ukupna cena posedovanja (TCO – Total Cost of Ownership)* sadrži sve troškove vezane za nabavku, puštanje u rad, održavanje i rad sistema – u ovom slučaju, mrežnog IPS-a. Preko snažne automatizacije i kompleta naprednih funkcija TND, kao IPS Sledeće generacije, značajno smanjuje i TCO – u mnogim slučajevima povraćaj svih troškova IPS –a u veoma kratkom roku putem drastičnih smanjenja u operativnim troškovima.

### Deset načina za smanjenje TCO kupovinom TND kao IPS Sledeće generacije:

1. **Smanjite smetnje uz pomoć procene uticaja.** Poređenjem pretnji i informacija krajnje tačke u realnom vremenu TND može smanjiti količinu operativnih bezbednosnih događaja za 95 procenata ili više. Na primer, zašto istraživati *Conflicker* događaj koji ošteđuje samo *Windows* matične računare kada pokušava napad na *Linux* računar?
2. **Izbegnite nagadanje uz pomoć automatizovanog finog podešavanja IPS-a.** TND zna koji program radi na vašoj mreži i može da primeni IPS pravila koja će da uključi i isključi, što za rezultat ima povećanu zaštitu, optimizovan rad IPS senzora. Nakon uvođenja u rad IPS će brzo prepoznati sve korisne i prijateljske programe na mreži koje će isključiti iz neprekidne provere i skeniranja. Kao rezultat toga imamo veoma optimizovane izveštaje kako urgentne tako i redovne mesečne što stvara velike uštede jer administratorima ne oduzima dragoceno vreme.
3. **Povežite korisnike na bezbednosne događaje i događaje usklađenosti.** Šta vredi da znamo da je 192.168.4.12 pod napadom ako ne znamo koga da kontaktiramo? TND trenutno javlja podatke za kontakt korisnicima koji se bave bezbednosnim događajima i događajima usklađenosti, eliminišući potrebu da manuelno pretražuju kroz evidencije Aktivnog direktorijuma, LDAP-a i DHCP-a. Ako je IPS urađen na tradicionalni način,

napad može biti završen i pre nego što znate gde treba da gledate!

**4. Imajte jednu platformu za fizičke i virtuelne IPS.** TND kao jedna jedinstvena vendor nezavisna platforma, za razliku od klasičnih IPS sistema koji kombinuju skupu hardver i virtualni softver te imaju potrebu za dnevnim ažuriranjem i nadzorom IPS-a, eliminiše potrebu za dupliranjem izveštaja, upozorenja, kontrolnih tabli i odeljenja za tehničku podršku.

**5. Prilagodite IPS pravila za licencirane aplikacije i sisteme.** Sa TND sistemom nemate potrebu da trošite novac na zaštitne zidove *web* aplikacija (WAF) ili druge proizvode mrežne bezbednosti da urade posao umesto TND-a IPS-a Sledeće generacije.

**6. Uklonite mrtve uglove mreže preko provere svih pristupnih logova.** Poboljšajte vaš bezbednosni status dešifrovanjem svih pristupnih logova tokom IPS provere.

**7. Smanjite površinu izloženu napadu uz pomoć pravila za usklađenost i belih lista.** TND kao IPS Sledeće generacije vam može pomoći da oblikujete i sprovedete politike prihvatljivog korišćenja (AUP - *Accepted Usage Policies*). Iskoristite prednosti usklađenih pravila i belih lista kako biste smanjili površinu mreže izloženu napadu.

**8. Otkrijte unutrašnje pretnje koje vaš IPS može prevideti.** Perimetar standardnog IPS će prevideti svaku zloupotrebu koja je ručno uneta kroz glavni ulaz firme na mobilnom računarskom uređaju. Poboljšajte svoj status dubinske odbrane primenom Analize ponašanja mreže (NBA – *Network Behaviour Analysis*) kako biste postavili osnovne postavke normalnog mrežnog saobraćaja i otkrili anomalije.

**9. Poboljšajte bezbednost kontrolisanjem širenja VM (VM - *virtual machine*).** Treba da znate kada se na mreži pojave nove VMware, Xen ili neke druge virtuelne mašine (VM) i bez znanja ili odobrenja IT bezbednosnog tima. Proverite nove VM za usklađenost sa internim bezbednosnim politikama. Ovo će vam pomoći da imate kontrolu nad vašom VM infrastrukturom.

**10. Integrišite vaš IPS na postojeću bezbednosnu infrastrukturu.** Unapredite postojeće investicije u *Security Information and Event Management* (SIEM), upravljanje ranjivošću, mrežnu forenziku, kontrolu pristupa mreži (NAC – *Network Access Control*) i u druge infrastrukturne komponente kako biste delili informacije, automatizovali sanaciju i ubrzali odgovor na incident.

## VIII. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

### SAVREMENIH IPS-A

Od svaremenog IPS-a nove generacije [3], očekuje se neprekidan monitoring, po principu : 24/7/365. Detekcija i prevencija od napada, branjenog resursa/blokiranje kiber napada, imunog na sve poznate maliciozne pretnje-napade kao i detekcija potencijalnih malicioznih napada i njihovo sprečavanje u delovanju [2].

Ovde treba napomenuti da se sa IPS-om, zajedno sa *Antivirus* programom i *Firewall* sistemom, stvaraju uslovi za potpunu odbranu informacionog sistema od malicioznih aktivnosti. Dakle IPS je pre svaga namenjen za teške

napade na informacioni sistem, koje ne podržavaju ostale komponente zaštite IS.

IPS treba pravovremeno da generiše izveštaje, o svim događajima od značaja za prevenciju i sprečavanje napada. Takođe, obavezno je automatsko generisanje i slanje izveštaja o napadu, Sertifikat uspešne odbrane.

Savremeni IPS treba da omogući da se na osnovu realizovane prakse, vrši procena rizika, periodične procene rizika, slabosti sistema, sve na osnovu monitoringa IPS-a. Na osnovu ovakvih podataka, vrše se fina podešavanja na sistemu, minimizacija rizika i otklanjanje slabosti, kao i fino podešavanje sistema, prema stvarnim potrebama korisnika.

Savremeni IPS nove generacije treba da brani sistem od sledećih malicioznih pretnji:

- SYN poplave,
- DoS/DDoS napadi
- Napadi multog dana (*Zero day attack*)
- Napredne istrajne pretnje: *Brutal-force attack*;
- *SQL Injection*;
- *Cross-site scripting* (XSS),
- Rootkit attacks.

Ciljne platforme na koje se primenjuje savremeni IPS su: web serveri, mail serveri, file serveri, PC serveri i svi serveri koji imaju pristup Internetu.

Operativni sistemi koje je potrebno podržati su:

- svi distribuirani od strane Linux-a
- besplatni BSD ( sve verzije)
- otvoreni BSD ( sve verzije)
- net BSD ( sve verzije)
- Solaris 2.7, 2.8, 2.9, 10 i 11
- AIX 5.3, 6.1 i 7.1
- HP-UX 10, 11 i 11i
- Windows 7, 8, Vista, XP i 2000
- Windows Server 2012, 2008 i 2003
- MacOSX 10
- VMWare: VMWare ESX 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5 i 5.5 uključujući i CIS provere.

## VII. ZAKLJUČAK

Treba imati u vidu činjenicu da je potreba za zaštitom od kiber napada svakim danom sve veća, obzirom na svakodnevno narastanje bezbednosnih izazova, koji se dešavaju na Internetom povezanim informacionim komponentama.

Cena štete koja može nastati može biti višestruko veća od cene koja se ulaže u zaštitu. Ovo se pre svega odnosi na javne informacione sisteme, koji svoju uslugu daju velikom broju raznorodnih korisnika. Takođe, vrednost pohranjene arhivske građe i dokumentacionog materijala može biti veoma velika, pa se njenim uništenjem ili oštećenjem mogu naneti nenadoknadivi gubici.

Uloga IPS-a u detekciji i prevenciji od kiber napada u tom smislu postaje nezaobilazna. Takođe, IPS sistemi se svakodnevno usvršavaju i postaju spremni za funkcionisanje u narastajućem rizicima opterećenom okruženju.

### VIII. LITERATURA

- [1] Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems, NIST, Special Publication 800-94.
- [2] Zoran Živković, STANJE IB u SVETU I SRBIJI, GLOBALNI ASPEKT, Konferencija o Inf. Bezbednosti, Beograd, Juni 2013.
- [3] Towers Net Defender - Technical Specification, July 2014.
- [4] ENISA – ANNUAL INCIDENT REPORTS 2013, September 2014.
- [5] CISCO – 2015 ANNUAL SECURITY REPORT, Cisco.
- [6] Gartner – 2014 ANNUAL SECURITY Prediction, Gartner
- [7] Sophos – 2013 ANNUAL SECURITY REPORT, Sophos
- [8] Zoran Živković, DIBS, Novi bezbednosni izazovi – Kiber rat ili kiber mir. Infofest, Budva 2014
- [9] Zoran Živković, DIBS, Novi bezbednosni izazovi – Kiber rat ili kiber mir. Infofest, Budva 2014
- [10] Slobodan R. Petrović, prof.dr. DIBS, Kiber moć u kontekstu nacionalne bezbednosti, Konferencija Informaciona Bezbednost Srbije 2013

### Abstract

**Abstract.** The paper gives a basic classification of cyber attacks against information systems, as well as the most important characteristics of attacks in recent years. Classification of IPS (Intrusion Prevention System) based on the mode of operation, as well as detection methods are shown. In following, some key technical characteristics are presented to meet the characteristics of new generation IPS.

#### NEW CYBER SECURITY CHALLENGES OF INFORMATION SYSTEMS – PLACE AND ROLE OF INTRUSION PREVENTION SYSTEMS

Zoran Živković, Mr, DIBS, Milenko Ostojić, Ph.D.E.E.,  
Towers Net, Nataša Simić, Mr, Towers net

# NEKI ASPEKTI ZAŠTITE INFORMACIJA U SAVREMENOM OPERATIVNOM OKRUŽENJU

## ASPECTS OF PROTECTING INFORMATION IN A MODERN OPERATIONAL ENVIRONMENT

Dejan Kršljanin, Radomir Prodanović  
Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, GŠ VS

**Sadržaj:** U uslovima savremenog operativnog okruženja, radi potpunog determinisanja operativnog okvira, čijom analizom vojne komande dolaze do neophodnih saznanja relevantnih za misiju i zadatak u zoni operacije, komande svih nivoa komandovanja i rukovođenja donose svoje odluke. Odluka mora da bude svrsishodna, sprovodljiva, blagovremeno doneta i zaštićena (tajna). Tajnost se postiže zaštitom informacija. U radu su razmotreni uslovi savremenog operativnog okruženja i značaj zaštite informacija.

**Ključne reči:** operativno okruženje, zaštita informacija,

**Abstrakt:** In the modern operational environment, in order to fully deterministic operational framework, whose analysis team come to the necessary information relevant to the mission and task in the area of operations, controls all levels of command and control make their decisions. The decision has to be meaningful, enforceable, timely adopted and protected (secret). In this paper are discussed the conditions of the modern operating environment and the importance of protecting the information.

**Keywords:** operational environment, the protection of information,

### 1. UVOD

Bezbednosno okruženje država neprestano se menja, donoseći nove i različite izazove, rizike i pretnje koji su u najvećoj meri izraz ljudskog delovanja i čiji je ishod, u osnovi, teško predvidiv. Poseban uticaj ostvaruje i potpuno novi ambijent- informacioni ili sajber prostor. Sa aspekta vojnog interesovanja razmatra se sveukupan višedimenzionalni ambijent- savremeno operativno okruženje. U tom ambijentu posebno se razmatra informaciona dimenzija kao činilac kvaliteta, pouzdanosti i pravovremenosti u donošenju odluka u pripremi i izvršenju operacija. Međutim, ova dimenzija snažno interaguje sa ostalim dimenzijama operativnog okruženja. Obzirom da je informacija sveprisutna u svim dimenzijama operativnog okruženja, da ima veliki značaj za onog koji je u poseduje i da treba da bude nedostupna neprijatelju, neophodno je informaciju adekvatno štiti od kompromitacije i gubitka.

Prilikom planiranja, komandovanja i realizacije operacija potrebno je sprovesti mere zaštite informacija kako bi se obezbedila tajnost informacija i time stvorili uslovi za donošenje pouzdane odluke u svim fazama operacije. Na zaštitu informacija u operativnom okruženju utiču razni faktori i sa različitih aspekata. Veoma je teško izvršiti potpunu determinaciju svih faktora, zbog osobina operativnog okruženja, a pre svega zbog stalno izražene dinamičnosti. U daljem, razmotriće se samo neki od

aspekata zaštite informacija u operativnom okruženju. Težište je na razmatranju faktora i troškova zaštite informacija.

### 2. SAVREMENO OPERATIVNO OKRUŽENJE

U literaturi ne postoji mnogo podataka o pojmovnom određenju sintagme „operativno okruženje“ kojim bi se opredelila osnovna i opšta značenja. Kao afirmativnu definiciju operativnog okruženja, koja obuhvata opšta obeležja pojma, može se prihvatiti definicija data u doktrinarnim odbrambenim dokumentima, kojom se određuje da je skup uslova u kojima se upotrebljavaju odbrambene snage i izvode vojne operacije, koji utiču na ishod dejstava, predstavljaju *operativno okruženje*. [4] Osnovna obeležja operativnog okruženja su njegova kompleksnost (multidimenzionalnost) i nestabilnost (česta promena stanja). Prema [3], dimenzije savremenog operativnog okruženja su: *fizička, vremenska, politička, socijalna, ekonomska, tehnološka, informaciona i vojna* dimenzija. Svaka od tih dimenzija ispoljava svoje dejstvo na pripremu i izvođenje operacija, odnosno na operativni okvir u kojem se te operacije pripremaju i izvode. Osnovne karakteristike svake od navedenih dimenzija, kao:

*Fizička dimenzija* operativnog okruženja određuje uslove u kojima se planira, priprema i izvode vojne operacija koja je u vezi sa prostorom i učesnicima u operacijama. Poseban aspekt fizičke dimenzije operativnog okruženja, (prostora) jeste sajber (cyber) prostor. Sajber prostor se može definisati kao [2] : „okruženje virtuelne realnosti (kao što je Internet) u kome se komunicira pomoću povezanih računara“.

*Vremenska dimenzija* u interakciji sa ostalim navedenim dimenzijama opredeljuje izvođenje operacija u ograničenom i tačno određenom trajanju.

*Politička dimenzija* u savremenim uslovima nedeljive bezbednosti operativnog okruženja bitno utiče na izvođenje operacija. Politički ciljevi oružanog sukoba podređeni su i odražavaju nacionalne interese strana u sukobu.

*Socijalna dimenzija* operativnog okruženja ogleda se u javnom mnjenju i njegovom odnosu prema operaciji. Mediji i pravilno upravljanje informacijama imaju značajan uticaj na oblikovanje savremenog operativnog okruženja.

*Ekonomska dimenzija* određena je trenutno raspoloživim sveukupnim resursima suprotstavljenih strana, njihovom održivošću i optimalnim angažovanjem, kao i određivanjem ekonomskih ciljeva vojnih operacija.

*Tehnološka dimenzija* kroz tendencije u razvoju ispoljava poseban uticaj na planiranje, pripremu i izvođenje savremenih operacija. Osnovni činioči tehnološke

dimenzije operativnog okruženja su: razvoj borbene i informacione tehnike, automatizacija u podršci donošenja odluka u realnom vremenu, unapređenje vizuelizacije zona operacija, selekcija i odabir ciljeva i optimalno angažovanje resursa u odnosu na utvrđena željena krajnja stanja. Neprekidan i ubrzan tehnološki razvoj, u interakciji sa ostalim dimenzijama, značajan je faktor kompleksnosti operativnog okruženja.

*Informaciona dimenzija* direktno utiče na kvalitet, pouzdanost i pravovremenost odluka u svim fazama operacije. Poseban značaj u pripremi i izvođenju operacija informaciona dimenzija ispoljava na sistem komandovanja i infrastrukturu za njegovu podršku, koji upotrebljenim snagama u operaciji omogućava da sagledavaju okruženje, orijentišu se, odlučuju i djeluju. Informaciona dimenzija obuhvata pojedince, organizacije i sisteme koji prikupljaju, obrađuju, prosleđuju ili rade na informacijama.

*Vojna dimenzija* obuhvata snage sistema odbrane i prijateljske snage, snage neprijatelja i neutralne snage, koje se nalaze u operativnom okruženju i svojim delovanjem ga menjaju, ostvarujući uticaj na izvršenje zadataka.

Svaka od navedenih dimenzija operativnog okruženja ispoljava svoj uticaj i na sajber pretnje koje predstavljaju značajnu opasnost po bezbednost informacija i odbranu informacionog prostora.

### 3. ZNAČAJ INFORMACIJA U SAVREMENOM OPERATIVNOM OKRUŽENJU

Informacija je ključni resurs komandovanja i rukovođenja i jedan je od činilaca operacija [3]. Od posebnog značaja u savremenim uslovima i u svim fazama operacije, tokom korišćenja ICT sistema, jesu informacije u elektronskom obliku, odnosno prenos, obrada i korišćenje informacija putem informacionih i komunikacionih tehnologija (ICT). Primena i brzina razvoja ICT u savremenom operativnom okruženju dovela je i do operativne upotrebe savremenih sistema u svim sferama vojnog funkcionisanja. Efikasnost rada savremenih ICT sistema značajno utiče na brzinu donošenja optimalnih odluka. Odlučivanje, a time i kvalitet komandovanja i rukovođenja u potpunosti zavise od kvaliteta i zaštićenosti informacija koje obrađuju, skladište i prenose računarski sistemi i računarske mreže. Kvalitet informacije, osim što zavisi od karakteristika same informacije, zavisi i od skupa relativno nezavisnih atributa [5]: (1) poverljivost – da informacije nisu otkrivene neovlašćenim korisnicima, (2) integritet – da informacije nisu neovlašćeno izmenjene i (3) raspoloživost – da su informacije dostupne legitimnim korisnicima kada je to potrebno. Bezbednost ICT sistema, odnosno zaštita informacija, pored kvalitetnog hardvera i softvera, postaje značajan gradivni blok modernog sistema komandovanja i rukovođenja. Zaštita informacija, kao sastavni deo informacione bezbednosti, podrazumeva sagledavanje međuzavisnosti između uticaja dimenzija operativnog okruženja na pretnje koje iz tog okruženja deluju na bezbednost informacija, sa jedne i zaštite informacija od tih pretnji u svim fazama operacije, sa druge strane.

### 4. PRETNJE PO BEZBEDNOST INFORMACIJA

Različit je pristup analitičara u poimanju pretnji bezbednosti informacija, posmatranih u svim oblicima njihovog prenošenja. Međutim, kad su u pitanju informacije u elektronskoj formi i njihovo prenošenje, čuvanje i korišćenje putem ICT sistema, onda se može izdvojiti skup pretnji po njihovu bezbednost, koji se, uobičajeno, nazivaju sajber pretnjama.

Sajber pretnje se mogu klasifikovati na [2]: (1) napad na računarski sistem, (2) sajber kriminal, (3) sajber terorizam i (4) sajber ratovanje.

Strategijskim dokumentima Republike Srbije [6,7] sajber pretnje su prepoznate kao značajne po ugrožavanje bezbednosti i po odbranu zemlje.

### 5. ZAŠTITA INFORMACIJA

Informaciona bezbednost i, u okviru nje, zaštita informacija u savremenom svetu, posmatra se pod sajber bezbednošću i pridaje joj se strategijski značaj. Kod nas se sajber bezbednost vrlo često zamenjuje sintagmom informaciona bezbednost, iako neki autori smatraju da ta dva pojma nisu sinonimi. Po pitanju informacione bezbednosti mnogi analitičari smatraju da Srbija zaostaje za zemljama regiona. [5,2].

Zaštita informacija jeste pitanje od strategijskog značaja za savremene sisteme komandovanja i rukovođenja. Primena tehničkih rešenja, više nije dovoljna da bi se osiguralo odgovarajuće upravljanje bezbednošću informacija, odnosno njihovom zaštitom. Bezbednost informacija nije isključivi problem ICT sistema, već je to problem i sistema komandovanja i rukovođenja. Stoga, opšte je mišljenje da se primenom odgovarajućih tehnologija rešava samo jedan deo problema zaštite informacija.

Danas se bezbednost i zaštita informacija postižu primenom odgovarajućih mera koje se odnose na bezbednosnu kulturu korisnika, poslovne procese, procedure, strukturu organizacije i funkcionisanje hardvera i softvera. Navedene mere je potrebno osmisliti, implementirati, kontrolisati, preispitivati i unapređivati, kako bi se osiguralo ispunjenje poslovnih i bezbednosnih zahteva organizacije. U tom smislu, definisani su međunarodni standardi za zaštitu informacija, kao što su familija standarda ISO 27000, IICO 9001 i drugi.

### 6. TROŠKOVI ZAŠTITE INFORMACIJA

U zavisnosti od operativnog okruženja i vrste operacije, struktura i visina troškova zaštite informacija će biti različite. Razumevanje dimenzija operativnog okruženja i kontinuirana analiza njegove unutrašnje dinamike doprinosi efikasnom strukturiranju kako elemenata operativnog okvira tako i predviđanju budućih troškova i cene koštanja zaštite informacija. Troškovi zaštite informacija u operaciji mogu biti direktni i indirektni [5].

*Direktni troškovi* su: *personalni* troškovi (službene dnevnice, naknade i nagrade); *operativni* troškovi



(troškovi zaštite informacija, troškovi za potrebe komunalnih usluga, energetskih usluga, troškovi zakupa imovine i opreme, troškovi transporta, troškovi za potrebe raznih drugih usluga, troškovi na ime tekućih popravki i održavanja zgrada i objekata, troškovi nabavki raznih potrošnih materijala i dr.) i *investicioni* troškovi (kapitalno održavanje zgrada i objekata, razne vrste opreme za vojsku, za obrazovanje, za saobraćaj i sl.).

*Indirektni troškovi* su: *troškovi iznajmljivanja* (korišćenja) laboratorija; *troškovi amortizacije* zgrada i objekata, *troškovi komunikacija* i poštanski troškovi; *troškovi amortizacije* opreme i *razni neplanirani troškovi*. Imajući u vidu navedeno, a radi donošenja pravovremenih i izvodljivih odluka, zaštita informacija zauzima ključno mesto u svim fazama vojne operacije.

Zbog dinamičnosti informacione dimenzije operativnog okruženja sprovođenje mera zaštite informacija može da prouzrokuje i dodatne direktne i indirektno troškove. Prilikom proračuna troškova zaštite informacija značajno je uzeti u obzir troškove koji nastaju implementacijom mera i troškove koji mogu nastati ako se ne implementiraju mere zaštite informacija. U cilju smanjenja troškova zaštite informacija mogu se primeniti proceduralne mere umesto tehničkih mera, koje su skuplje za primenu. Pri odlučivanju o izboru mera zaštite informacija, potrebno je primarno uzeti u obzir važnost informacija za operaciju, a ne isključivo raspoloživa novčana sredstva.

## 7. FAKTORI ZAŠTITE INFORMACIJA

Zaštitu informacija treba stalno sagledavati u svim fazama operacije, bez obzira koliki su troškovi. Pravilno odabrane mere zaštite, uz prihvatljiv rizik, smanjuju troškove koji zavise od:

- značaja koji ima informacija,
- nosioca informacije,
- dostignutog stepena razvoja TkIS,
- stepena obučenosti u radu sa tajnim informacijama,
- implementacije mera zaštite,
- postojanja pretnji,
- postojanja ranjivosti,
- stepena rizika.

**Značaj informacija** opredeljuje kompleksnost primenjenih mera zaštite, pri čemu veliki značaj informacije ne mora nužno da prouzrokuje i veće troškove za njenu zaštitu. Pravovremeno planiranje i potpuno sprovođenje mera zaštite kojima se otklanja ili značajno umanjuje rizik od kompromitacije informacija, smanjuje troškove zaštite informacija. Ukoliko postojeće mere nisu dovoljne za zaštitu informacija, dolazi do povećanja troškova zbog potrebe uvođenja novih mera ili nadogradnje postojećih.

**Nosilac informacije** može biti optički ili magnetni medij kao i razni elektronski uređaji u koje se može smestiti informacija u elektronskom obliku. Pored pomenutih, nosilac informacije može biti i u papirnoj formi: dokumenti, izveštaji, telegrami. Upotreba više različitih

nosilaca informacija zahteva i primenu raznovrsnih mera zaštite, što prouzrokuje veće troškove.

**Dostignuti stepen razvoja TkIS** ispoljava uticaj tako što razvijen TkIS sa implementiranim merama zaštite smanjuje troškove zaštite informacija. Svaka nadogradnja, kojom se TkIS prilagođava za određenu operaciju, uzrokuje dodatne troškove analize, dizajna, implementacije i verifikacije mera zaštite.

**Stepen obučenosti u radu sa tajnim informacijama** utiče na troškove zaštite informacija značajno jer nedovoljno razvijena svest o potrebi obezbeđivanja tajnosti informacija i neobučenost korisnika predstavlja pretnju po bezbednost informacija. Troškovi operacije će biti manji ako je u ranijem periodu sprovedena obuka u zaštiti informacija.

**Implementacija mera zaštite** za predviđenu operaciju podrazumeva da postojeće mere zaštite informacija u operaciji mogu biti dovoljne ili nedovoljne. Troškovi proizilaze iz potrebe za stalnom procenom rizika, a sa ciljem unapređenja postojećih i implementacije novih mera zaštite i mogu biti za: (1) nadogradnju logičkih mera bezbednosti (nadoradnja softvera za proveru ulaznih podataka), (2) nadogradnju fizičkih mera (alarmni uređaji, video nadzor i kontrola pristupa), (3) prilagođavanje tehničkih mera (nova verzija „zaštitnog zida“, sistem za nadzor i detekciju upada u sistem, savremeni antivirusni softver, zaštita od KEMZ, autentikacioni i autorizacioni mehanizmi) i (4) izmene u organizacionim merama (izrada novih ili ažuriranje postojećih politika, dokumenata, postupaka).

**Postojanje ranjivosti** prouzrokuje dinamičnost operativnog okruženja. Potrebno je stalno vršiti razotkrivanje i analizu ranjivosti zaštite informacija, a posebno sa aspekta specifičnosti uslova okruženja za svaku operaciju. Troškovi nastaju kada postoji potreba za nabavkom novih informatičkih alata i softvera, dodatnim obučavanjem korisnika ili angažovanjem stručnih lica iz oblasti informacione bezbednosti.

**Postojanje pretnji** je potencijalno narušavanje bezbednosti sistema, a pretnja je događaj koji može imati negativan uticaj po sistem [1]. Prema standardu ISO 27002 pretnja je „mogući uzrok neželjenog incidenta koji može prouzrokovati štetu sistemu ili organizaciji“. Utvrđivanje pretnji po bezbednost informacija mora biti stalna aktivnost i vrši se u svim fazama operacije. Kod razotkrivanja pretnji mogući su troškovi koji proizilaze iz dodatnog angažovanja specijalista na ustanovljavanju pretnji i nabavku potrebnih informatičkih alata (programa).

**Stepen rizika** direktno opredeljuje odluku o tome koje mere treba preduzeti. Svaka od donetih odluka pokreće niz aktivnosti na otklanjanju rizika. Sposobnost da se identifikuju adekvatne mere za dati rizik može ukupan proces primene mera zaštite informacija dovesti do uspeha ili neuspeha. Od ključnog značaja je da se u pravom odnosu odredi kombinacija primene tehničkih i proceduralnih mera kako bi rizik bio u granicama prihvatljivog i bez dodatnih troškova.

Troškovi koji proizilaze odnose se na troškove procene rizika, implementacije novih mera za otklanjanje ili ublažavanje rizika, nadogradnja postojećih mera (zbog postojanja rezidualnog rizika), testiranja mera i obuke za korišćenje mera zaštite informacija.

## 8. ZAKLJUČAK

Sagledavanjem dimenzija savremenog operativnog okruženja prikazan je multidimenzionalni ambijentalni okvir u kojem se realizuju odbrambene aktivnosti i ukazuje se na pretnje bezbednosti koje iz takvog ambijenta ispoljavaju svoj uticaj.

Informaciona dimenzija u interakciji sa ostalim dimenzijama operativnog okruženja bitna je, pre svega, zbog značaja informacija koje se se u elektronskom obliku obrađuju u ICT sistemima. Iz tog značaja proističe i potreba da se informacija štiti tokom čitavog procesa njene eksploatacije.

U radu je ukazano na nekoliko važnih aspekata zaštite informacija, a pre svega je sagledana međuzavisnost troškova i faktora zaštite informacija u kontekstu višedimenzionalnog ambijenta u kojem se informacija koristi i razmenjuje.

Može se zaključiti da, međuzavisnost prikazanih aspekata, troškova i faktora, zaštite informacije u operativnom okruženju, , treba da odgovara značaju koji ima informacija, propisanim politikama i procedurama zaštite i nivou rizika kome su izložene informacije u odbrambenim aktivnostima.

## LITERATURA

1. Bishop, M.: Computer Security: Art and Science, Addison-Wesley, 2002.
2. Vuletić, D.: Odbrana od pretnji u sajber prostoru, ISI, Beograd, 2011.
3. Doktrina operacija Vojske Srbije, Medija centar „Obrana“, 2012.
4. Doktrina Vojske Srbije, Medija centar „Obrana“, 2012.
5. Kršljanin, D., Prodanović, R., Pešić, S.: Finansijski aspekt zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju, Zbornik radova sa naučno-stručnog skupa EKOPAN 2014, Univerzitet odbrane, Beograd, 2014.
6. Strategija nacionalne bezbednosti Republike Srbije, *Službeni glasnik RS* broj 86/2009.
7. Strategija odbrane Republike Srbije, *Službeni glasnik RS* broj 88/2009.

# ODNOSI S INVESTITORIMA I INTERNET KOMUNIKACIJE U REPUBLICI SRBIJI

## INVESTOR RELATIONS AND INTERNET COMMUNICATIONS IN REPUBLIC OF SERBIA

Bojan S. Đorđević<sup>1</sup>

*Fakultet za menadžment Zaječar, Megatrend univerzitet Beograd<sup>1</sup>*

Mira Đorđević<sup>2</sup>

*Fakultet za menadžment Zaječar, Megatrend univerzitet Beograd*

**Sadržaj** – Ovaj rad analizira razvoj odnosa s investitorima srpskih kompanija listiranih na Beogradskoj berzi koje se nalaze u okviru indeksa akcija Belex 15 i Belex Line. Cilj je determinisati kako i na koji način srpske listirane kompanije komuniciraju sa finansijskom javnošću i njihovim ključnim stejkholderima – akcionarima. Pošto su e-komunikacije i Internet neizostavni u savremenom poslovanju, naš istraživački fokus je na komunikacionim alatima koji se koriste u informisanju finansijske javnosti o svim relevantnim dešavanjima vezanim za poslovanje kompanije. Zasnovano na relevantnoj metodologiji, nivoi odnosa s investitorima su determinisani i predlozi za dalja unapređenja su dati.

**Abstract** - This paper analyses development of investor relations of Serbian companies listed on Belgrade Stock Exchange which are within stock indices Belex 15 and Belex Line. The goal is to determine how and in what way serbian listed companies communicate with financial public and their key stakeholders - shareholders. With e-communications and Internet being unavoidable in modern business, our research focus is on communication tools that are used to inform financial public about all relevant events regarding the company's business. Based on relevant methodology, development level of investor relations in Serbia is determined and further improvement directions are recommended.

### 1. INTRODUCTION

Investor relations and communications with the financial public refer to different forms of communication methods and tools which a company uses when building relations with those who provide means for its growth and development. This makes existing and potential investors the prime financial public, but one should not overlook the importance of others involved, those that have substantial influence on investors' perspectives and opinions. In relations with the financial public, besides professional, well-informed investors the targeted public is also individuals who, as a rule, are neither professional investor nor are equipped with comprehensive information or broad financial knowledge. Good and active investor relations help a company to provide a fair price for its stocks, and also provide access to extra capital when needed.

The developments in the last decades of e-business, global capital markets, and information technology, have influenced the economic system to become more digital.

The purpose of financial reporting has also changed in recent years to become more user-oriented. As they have become better informed, the users of financial reporting, stakeholders such as investors, creditors, clients, suppliers, and analysts, require more and more accounting information from companies.

This study investigates investor relations development and communication methods of companies listed on the Belgrade Stock Exchange (BELEX 15, BELEX LINE). For this purpose the websites of the 18 largest listed companies in the Republic of Serbia were screened for investor relations items. The objective of our study is to find out if Serbian companies use Internet advantages to communicate with institutional and individual investors. Using the Internet for disclosing financial statements facilitates stakeholders' access to information and decreases the costs of printing and disseminating the hard copy of financial statements to interested investors. The question we try to answer is whether regional companies have given more attention to online investor relations in improving their investor communications.

### 2. INVESTOR RELATIONS

Modern 'investor relations' as a discipline was defined in the late 1970s. Different academics and practitioners of investor relations defined it in various ways. In general, 'investor relations' can be seen as a connection or link between companies and the investor community.[1] Investor relations are an overall process by which a corporation communicates with the investor community, explaining the company's future challenges and opportunities, discussing present strategy and past performance, and developing a constituency of informed and interested investors. [2] Conducted effectively, investor relations can have a positive effect on a company's total value relative to the overall market and a company's capital cost. [3] According to the definition of the American National Investor Relations Institute – NIRI and London Stock Exchange, relations with investors represent a complex strategic company activity, which is a product of finance, communication, marketing, and business law application, and aims to provide two-way communication between company, financial public, and other subjects, which leads to a fair price for the company's securities. [4] [5]

The difference between these two definitions implies the scope of the investor relations dynamic, and that new dimensions are being added to investor relation activities.

Investor relation is nothing but a defensive or aggressive attempt to stimulate the company's value and share price.[6] Ultimately this is not true. 'Investor relations' are not only responsible for stimulating firm value and share price, but also are important in other striking ways. However, an investor relation is the financial end of the communications function, rather than the communications end of the financial function", meaning investor relations start with financial activities and finish when that financial information is communicated to its audience. [7] Thus investor relations can be seen as a task of the company management in order to provide timely, accurate, useful, meaningful, understandable and complete information about the company's fundamentals, present and past situation, and future prospects to the investor community, which incorporates the disciplines of marketing, communication, accounting, and finance, and influences the value of the corporation. The impact of governments and the various institutional requirements (SEC, stock exchanges, etc.) also have a positive influence in providing timely, accurate, and meaningful information to the investor community by the companies. By practicing various activities, investor relationship departments communicate information to the investor community. The general investor relation activities are depicted in **Table 1**.

Conveying information about	Activities
Present business status	Explaining information about the business and environment Explaining recent development and decisions on the basis of company's long term planning and strategy
Forecasting future status	Highlighting future prospects of the business rather than historical performance Focusing on long term strategies Focusing on long term opportunities for the business
Transparency	Avoiding over-expectations from the target audiences Facing adverse news openly and honestly
Managing relations	Providing analysts with access to the top management Being proactive rather than re-active Employs an investor relations staff or a department that is able to explain details and is responsive to analysts' inquires and requests

Table 1. Investor Relations activities

According to Miller the purpose of investor relations is to make a proper connection or link between the company's management and the financial community. Basically, the investor relationship department of corporations deals and

communicates with influential financial groups. [8] The financial community consists of the following sixteen influential financial groups: stock exchange member firms, customers' brokers, security analysts and individual analysts, unlisted or over-the-counter dealers, investment bankers, commercial bankers, registered investment advisory services, insurance companies and pension funds, mutual funds and investment trusts, investment counselors, trustees of estates and institutions, financial statistical organizations, investment magazines and financial publications, large individual shareholders, debt rating agencies, portfolio managers and lender banks. [8] Whatever the principle activities and whoever the audience, communicating and transmitting relevant, concise, trust worthy, real time information are the key activities of investor relations.

### 3. INVESTOR RELATIONS ON THE INTERNET

To survive in a changing business environment, company itself must satisfy the needs of various interest groups, so-called stakeholders, among who are investors, that is shareholders and stockholders. Thus, we enter the area frequently called public relations (PR). The era of "e-communications" began in the 90's in past century, with wider usage of Internet. With the change of ways of communication, investors' needs also changed.[9] Until then, investors or some other interest group could obtain company's information in written form or in direct talk with company's authorised manager. Possibility of company's data being "on-line" and available on company's Internet page, changed investors' habits. [10]. In order to sustain in the market, companies must lead proactive strategy and foresee changes on the market and possible demands. That is how major companies work, like *Microsoft*, for example, who after frequent visits to their web pages prepared list of mostly asked question and answers, enabled web casting conferences and prepared presentations. [11] Basically, using Internet in relations with investors brought *Microsoft*, *Apple* etc. not only lower cost, but also a cheaper way of promoting the company. Since new electronic possibilities changed the structure and way of investing, they also changed the nature of relations with investors. [12] Therefore, companies must be aware of the fact that active usage of Internet presentations for communicating information to investors also provides them with communication media. In other words, investors can make inquires via e-mail, define data they want to receive by newsletter, engage in a conference, etc.

Standard forms	New forms
Informative packages	Road show
Mycro site of company	Digital video broadcasting
Chatroom	Forums
Newsletter	Conference calling
E-mail	RSS & RNS
E-mail alarms	Social networks

Table 2. E-communications forms

Nevertheless, in spite of focus on e-communication, direct meetings with company's representative are the most popular means of communication for professional investors. And besides all upper mentioned forms of communication, phone is still the most popular method for information exchange between company and an investor. Companies use a multi-channel approach to inform their investors. Information is traditionally communicated via financial reports, press releases, road shows and in analyst meetings. The Internet can be used to provide investors with a copy of the traditional paper-based annual report, but it also offers new opportunities to present and communicate information. These include technology-specific presentation advantages, the use of cookie technology, and direct forms of communication, such as mailing lists and online participation. The advantages of providing information to investors via the Internet are: speed, lower costs and the possibility of reaching large groups of investors. [13]

Social media and networks are a new form communications with investors today. Social networking allows users to connect and interact with likeminded people. While these tools were originally developed for individual use, the aspects of information sharing and instant responsiveness of social media lend itself well for corporate communications. Through social media platforms, companies can build and promote their brands, introduce new products, and learn about their customer base. Social media becomes an extension of real world communication strategies by allowing enhanced transparency and increasing interaction between companies and their stakeholders.

According to S. Joyce and 'Public Company Use of Social Media for Investor Relations 2011,' a study by Q4Web Systems that reviewed 629 public companies in total, small public companies are more avid users of Twitter for investor relations compared with large companies, with 179 and 141 users respectively. Similarly, 98 smaller companies were reported using *Facebook* for investor relations purposes, compared with 69 large companies. Across the board, both small and large enterprises were more inclined to using social media for investor relations, as compared with mid-sized companies. A possible explanation for this data is that while large public companies have the resources to use social media and feel inclined to use the tools available because their competitors are doing it, smaller companies are reaping the largest benefits from integrating social media into their investor relations effort. The low cost of social media, combined with the potentially large footprint and visibility create an attractive value proposition. Smaller companies are also more likely to have a vocal base of retail investors, who are the prime targets of social media. [14]

	Large	Mid	Small
<b>Twitter</b>	141	97	179
<b>Facebook</b>	69	49	98
<b>YouTube</b>	60	29	50
<b>SlideShare</b>	31	14	36
<b>Blogs</b>	20	5	18

Table 3. Public company use of Social media for IR

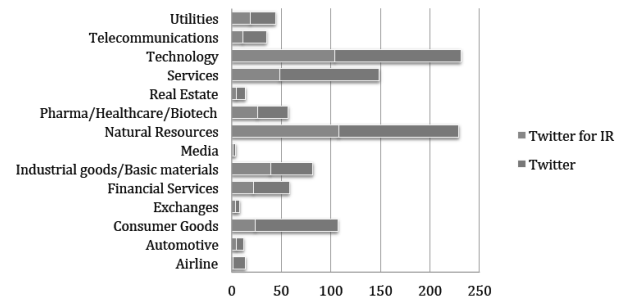


Figure 1. Use of Twitter for IR

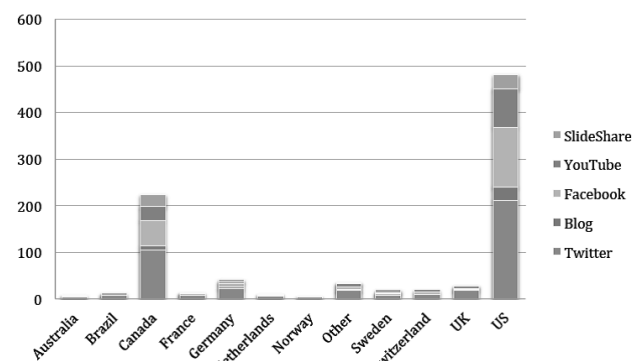


Figure 2. Social media use by region

#### 4. METHODOLOGY OF RESEARCH

We used explorative research, realized at the start of 2013, with content analyses of the Internet presentation of leading companies listed on the Belgrade Stock Exchange. Exploring serbian stock market (18 companies) included Internet presentations and pages of companies with the largest flow of share trading, as well as domestic companies whose securities were most traded on the Belgrade stock market in the previous two years. The companies considered were ranked in the stock market indices Belex 15, Belex Line. (Table 4.). Within the companies' Internet presentations, three categories of importance for investors and the entire financial public information were considered, as shown in Table 5.

Belex 15 / Belex Line	
NIS a.d. Beograd	Bambi Banat a.d. Beograd
Imlek a.d. Beograd	Galenika Fitofarmacija a.d. Zemun
Aik banka a.d. Niš	Messer Tehnogas a.d. Beograd
Komercijalna banka a.d. Beograd	Alfa plam a.d. Vranje
Energoprojekt holding a.d. Beograd	Mlekara a.d. Subotica
Soja protein a.d. Bečej	Informatika a.d. Beograd
Metalac a.d. Gornji Milanovac	Carnex a.d. Vrbas
Tigar a.d. Pirot	Vital a.d. Vrbas
Univerzal banka a.d. Beograd	Telefonija a.d. Beograd

Table 4. Companies in our research

I WEB SITE	II INFORMATION FOR INVESTORS	III TOOLS FOR INVESTORS
Home page (I) Investor Relations page (IR) Corporate Social Responsibility (CSR)	Contacts (C) Financial reports (FR) Ownership structure (OS) Media (M) Stock values (SV) Management (MGT) Board of directors (BD) Business profile (BP)	Social media (SM) Audio (A) Video (V) RNS (RNS) RSS (RSS) Webcast (WBC) Newsletters (NL) Power Point (PP) E-mail (E) .pdf (PDF) Call center (CC)

Table 5. Researched categories

IR Classification	Information & tools for investors	No. of items
First stage	I, CSR, C, FR, M	5
Second stage	OS, SV, MGT, BD, BP	5
Third stage	SM, A, V, RNS, RSS, WBC, NL, PPT, E, PDF, CC	11

Table 6. IR Classification and structure of three development stages

After identifying the homepages of our sample companies we determine for each company the mean score for measuring the Internet investor relation stage, based on a list of variables predefined in the first part of our study. To measure the investor relation stage quantitatively in the present study, a disclosure index for investor relations (IR) was developed:

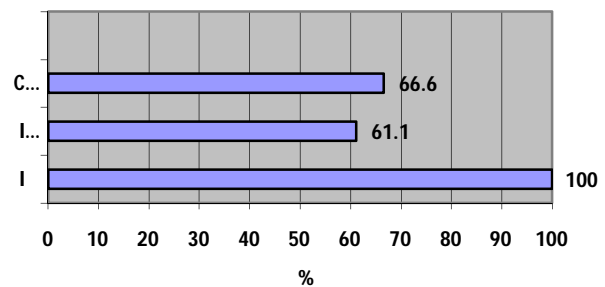
$$ScorIR = \sum_{i=1}^{18} IR_i \tag{1}$$

We use a composite index for measuring the investor relation stage. For each company we assign the value of “one” to each informational criteria satisfied and value “zero” otherwise. Each information subcategory from our sample contains a different number of items. [15]

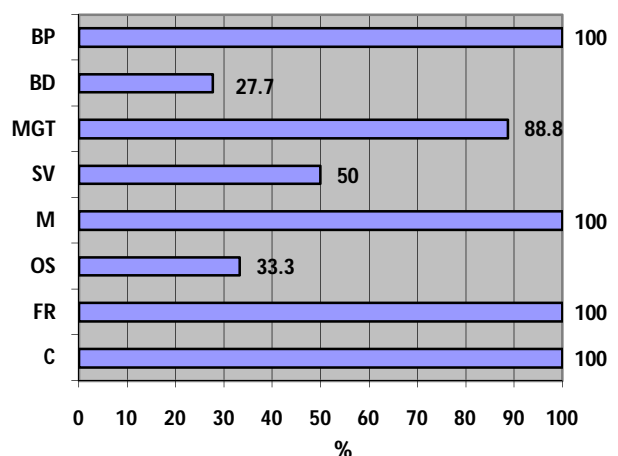
### 5. DATA AND RESULTS

Based on explorative research of chosen Serbian companies’ Internet presentations, we divided acquired results into three groups, as shown in Table 6. Research results are presented in Graph. 1, 2 and 3.

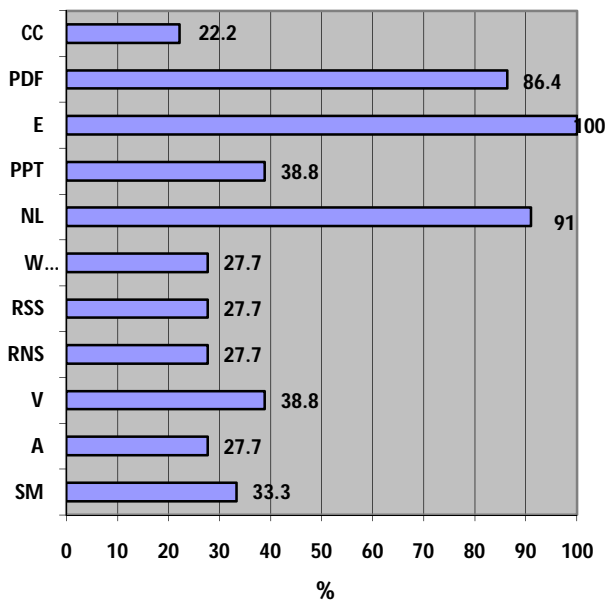
Graph. 1. Category 1 – Web sites



Graph. 2. Category 2 – Informations for investors



Graph. 3. Category 3 – Tools for investors



### WEB SITES OF COMPANIES

With regard to earlier period, it is notable that companies pay more attention to accentuating their corporate social responsibility – Serbia with 66,6% of companies. Also, more and more both Serbian companies appreciate the importance of communication with investors, thereby they have special web page regarding IR within their internet presentation (61,1% of companies).

#### Information for investors

Significant flaw for all stakeholders, especially for current and potential investors, is that ownership and movement of share values are not published on web site of the company. Ownership structure is presented by 33,3% of Serbian companies, while information on movements of share values are given by 50% of Serbian companies.

#### Tools for investors

Besides traditional tools (e-mail, pdf, ppt, video), it is important to emphasize that increasing number of companies uses social networks as a method of public communication. Facebook, Twitter, YouTube are predominant. Also, some companies have Call centers with special numbers for providing information. In our country, 33,3% of researched companies use social networks, while call centers have 22,2 % of Serbian companies.

Based on formerly given research results, application of relevant methodology and three-stage model, we formed a table containing investor relation stages of development in Serbia (see Table 6. and 7.). We can see that over 90% of researched companies fulfill all necessary requirements of stage one (home page, CSR, contacts, financial reports, media). In Serbia, 59% of companies are in second stage of investor relation development, whereas IR internet advantages are completely understood by 47% of listed

companies. We can assert that companies in Serbia are in stage II of IR development and there is PLENTY of room to upgrade communication with interested public via internet and web tools.

	SRB
<b>First stage</b>	1.00
<i>Companies that use internet as an alternative publication media</i>	<b>0.666</b>
	1.00
	1.00
	1.00
<b>Second stage</b>	0.333
<i>Companies that use internet for investor communication</i>	0.500
	0.888
	<b>0.277</b>
	1.00
<b>Third stage</b>	0.333
<i>Companies that exploit internet features</i>	0.277
	0.388
	0.277
	0.277
	0.277
	0.910
	0.388
	1.00
	0.864
	<b>0.222</b>

Table 7. Results of IR research by stage

	SRB ScorIR
<b>First stage</b>	0.933
<b>Second stage</b>	<b>0.599</b>
<b>Third stage</b>	0.473

Table 8. ScorIR of SRB listed companies with IR indexes.

## 6. CONCLUSION

The goal of the presented research on the quality of relations between listed companies and their investors is to present a picture of the current state of affairs in the domestic capital market, and to provide guidance in anticipation of further development in and improvement of investor relations. The analyses of research results have particularly pointed out several areas which could be improved and which could form the basis of future research:

- Reporting above the prescribed legal minimum is required in order to build quality relations with the investing public. Domestic companies should put extra information and comments in their annual reports, Internet presentations, and other materials meant for the investing public, in accordance with other developed capital markets;
- Companies that wish to actively compete for foreign investors should improve their reports in English. Although publishing information in

English is not a prescribed obligation, other than for companies whose shares are listed in the BSE Prime Market, good investor relation practice assumes the timely and equally extensive information of foreign investors;

- Publishing information on company securities trading on its own Internet page and publishing share prices on its home page affirms a company's orientation to the capital market, and represent activities that are fairly easy realized by taking over data (free of charge) directly from the Belgrade Stock Exchange or data distributors (Data vendors);
- Internet presentation pages intended for investors should be organized in a user-friendly way, i.e., easy to use and simple to find all the necessary information. The mere existence of these pages is not enough to fulfill the expectation of the investing public, and their organization and maintenance should be thoroughly planned;
- Investor relation activities in the Serbian capital market are still in the formation phase. Building these relations will require significant attention, and it is necessary to bear in mind that, besides financial reports, modern relations with investors include marketing and PR skills. The existence of qualified personnel that deal exclusively with building and managing investor relations is necessary for a company's successful performance in financing and affirming its business in the capital market;
- Practice shows that investors and shareholders highly appreciate direct contact with management and persons in charge of investor relations. Therefore domestic companies could increase face-to-face activities such as holding meetings with representatives of the investing public, both in Serbia and abroad. Besides face-to-face meetings, the development of modern technology provides cheaper forms of direct contact via Internet or video conferencing, by which, at fairly low cost, a wider investor audience can be reached;
- New technology will also be a challenge as the social media platforms has accelerated extremely fast. IR practitioners are facing a huge social network that will be almost impossible to control. For this reason, companies will be forced to make sure that the IR department receives further education and simultaneously evolves with the new technology. In addition, IR departments should take the lead in developing social media in order to communicate with financial markets. As a result, IR practitioners should be able to respond more effectively and faster when it is needed;
- The future of investor relations will be extremely challenging and it will require the profession to change in order to meet the demands of tomorrow. That said, it is very unlikely that the goal of investor relations will change. The main task of the IR department will still be to build

mutually beneficial relationships between companies and their shareholders that are based on open, two-way communication. The only change will be the level of complexity in regards to handling investor relations as new technology continues to change the communication channels and forums.

## REFERENCES

- [1] Lake, D. and J. Graham, *Investor Relations*, Euromoney Publications, 1990.
- [2] Ellis, D. C. "How to manage investor relations", *Financial Analysts Journal*, Vol. 41, 1985, pp. 34-41.
- [3] Petersen, K. B. and J.H. Martin, "CEO perceptions of investor relations as a public relations function: An exploratory study", *Journal of Public Relations Research*, No. 3, 1996, pp. 173-209.
- [4] National Investor Relations Institute – NIRI Investor Relations Definition, 2010 <http://www.niri.org/FunctionalMenu/About.aspx>
- [5] London Stock Exchange, *Investor Relations – a practical guide*, 2010 <http://www.londonstockexchange.com/home/ir-apracticalguide.pdf>
- [6] Ryder, N. and M. Regester, M. *Investor relations*, Hutchinson Business Books, 1989.
- [7] Dolphin, R. R., "Approaches to investor relations: implementation in the British context", *Journal of Marketing Communications*, No. 9, 2003, pp. 29-43.
- [8] Miller, E., "Investor relations", pp.164-213, in: Lesly Philip (ed.), *Lesly's handbook of public relations and communications*, Probus Publishing, 1991.
- [9] Cole, M. B. *The New Investor Relations – Expert Perspectives on The State of Art*, Princeton, USA: Bloomberg Press, 2004.
- [10] Guimard, A. *Investor Relations – Principles and International Best Practice of Financial Communications*, Palgrave MacMillan, 2008.
- [11] Special report, *Inside Microsoft's IR Web Site. Investor Relations Business*, No. 3, 2003.
- [12] Marcus, B. *Competing for Capital – Investor Relations in a Dynamic World*, New Jersey, John Wiley & Sons, 2005.
- [13] Deller, D., Stubenrath, M. and C. Weber, *A survey on the use of the Internet for investor relations in the USA, the UK and Germany*.,



European Accounting Review, No. 2, 1999, pp. 351-354. DOI:10.1080/096381899336087  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/096381899336087?journalCode=rear20#preview>

[14] Joyce, S. Public Company Use of Social Media for Investor Relations – Part I Twitter & Stock Twits, Q4Web Systems, June 2011.  
[http://www.lythampartners.com/media/7481/q4\\_social\\_media\\_iro\\_whitepaper.pdf](http://www.lythampartners.com/media/7481/q4_social_media_iro_whitepaper.pdf)

[15] Chavent, M., Ding, Y., Fu, L., Stollowy, H. and Wang, H., Disclosure and Determinants Studies: An Extension Using the Divisive Clustering Method (DIV), European Accounting Review, Vol. 15, No. 2, pp. 181-218. DOI:10.1080/09638180500253092  
[http://www.ceibs.edu/faculty/dyuan/Provision\\_Financial.pdf](http://www.ceibs.edu/faculty/dyuan/Provision_Financial.pdf)

# Istraživanje usklađenosti LMS-a internacionalnih preduzeća sa potrebama nove generacije kadrova

## Research on international corporations' LMS compatibility with the needs of new generation of employees

Nataša Đurđević<sup>1</sup>, Zorica Bodganović<sup>2</sup>

Fakultet organizacionih nauka, Beograd <sup>1</sup>

Fakultet organizacionih nauka, Beograd <sup>2</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu se daje pregled teorijskih koncepata korporativnih sistema za upravljanje učenjem i primene i integracije e-učenja u ove sisteme. Razvoj i primena tehnologije omogućava implementaciju LMS-a kao efikasnog sredstva razvijanja zaposlenih i očuvanja konkurentne prednosti po pitanju znanja i sposobnosti kadrova. Istovremeno, to je i jedan od važnih zahteva novih generacija zaposlenih. Istraživanjem na 11 internacionalnih preduzeća koja posluju u Srbiji u radu je dat pregled razvijenosti i primene LMS-a, kao i prilagođenost LMS-a savremenim potrebama zaposlenih. Osnovi zaključak je da internacionalna preduzeća imaju funkcionalni LMS, ali da postoji prostor za dalje unapređenje po pitanju odgovaranja na zahteve novih generacija.

**Abstract** – This paper gives an overview of theoretical concepts related to learning management systems and implementation and integration of e-learning into these systems. Application of technological advancements into LMS makes it an effective tool for people development and protecting competitive advantage related to employees and their capabilities. At the same time, learning and development is one of the most important requirements of new generation of employees. Based on research conducted on 11 international companies that operate in Serbia, this paper gives an overview of development and implementation of LMS and its compatibility with today's employees' requirements. Main conclusion of research is that international companies have a functional LMS, but that there is room for improvement related to fitting to the needs of new generation.

### 1. UVOD

U sadašnjoj fazi primene računara u obrazovanju sistem za upravljanje učenjem – LMS (learning management system) postoji kao infrastruktura koja isporučuje i upravlja instruktivnim sadržajem, identifikuje i procenjuje individualne i organizacione ciljeve učenja i treninga, prati napredak ka ostvarenju tih ciljeva, sakuplja i prikazuje podatke radi praćenja procesa učenja u celoj organizaciji.

U savremenim privredama baziranim na ekonomiji znanja, preduzeća imaju potrebu da integrišu rad i učenje na kontinuiran i sistematski način tako da se omogući razvoj pojedinca, timova i cele organizacije. Kako se struktura zaposlenih menja u korist generacija koje su odrasle uz savremene informacione tehnologije, a ovi kadrovi imaju drugačije potrebe i navike prema

poslodavcima i u smislu individualnog razvoja, preduzeća treba da prilagode postojeći LMS.

Kvalitativno istraživanje trenutnog stanja LMS u 11 internacionalnih preduzeća koja posluju u Srbiji sprovedeno je sa ciljem da se ustanovi funkcionalnost LMS-a i njihova prilagođenost budućim generacijama kadrova. Zaključak istraživanja je da postoji funkcionalni LMS, da postoji prostor i namera bolje integracije sa ostalim poslovnim funkcijama i strateške podrške razvoju zaposlenih, a da u smislu prilagođenosti zahtevima novih generacija kod svih preduzeća postoji prostor za dalje unapređenje LMS-a, ali i potreba drugih prilagođavanja u organizaciji.

### 2. TEORIJSKI KONCEPTI I DEFINISANJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE UČENJEM - LMS I E-UČENJE

U početku primene računara u obrazovanju i učenju dugo su se računari koristili samo za isporuku sadržaja. Korišćeni termini koji opisuju tu praksu su computer based instruction (CBI), computer assisted instruction (CAI), computer assisted learning (CAL) [1]. Forma učenja uz pomoć računara i interneta je započela razvoj 80-ih godina prošlog veka, da bi krajem 90-ih godina počeli da prerastaju u kurseve koji su hostovani na internim mrežama i u sisteme za upravljanje učenjem – LMS (learning management systems) [2]. Razvoj je išao ka tome da se omogući dodatna funkcionalnost u smislu upravljanja, praćenja, personalizacije i integracije u sistem i to se naziva integrisani sistem učenja (ILS – integrated learning system) [3]. Isti autori dalje definišu LMS kao infrastrukturu koja isporučuje i upravlja instruktivnim sadržajem, identifikuje i procenjuje individualne i organizacione ciljeve učenja i treninga, prati napredak ka ostvarenju tih ciljeva, sakuplja i prikazuje podatke radi praćenja procesa učenja u celoj organizaciji. Gilhuli [4] navodi da LMS isporučuje sadržaj ali takođe realizuje registraciju za kurseve, administraciju kurseva, analizu nedostaka u veštinama, praćenje i izveštavanje. Elis [5] definiše LMS kao softversku aplikaciju za administraciju, dokumentovanje, praćenje, izveštavanje i isporuku treninga i kurseva u vidu e-učenja.

LMS je sistemska infrastruktura kojom se upravlja procesom učenja u celoj organizaciji [6]. Isti autor navodi da je LMS neophodna tehnologija da bi se efektivno primenili novi pristupi učenju prikladni za informatičko doba, i da bi se raskrstilo sa neefikasnim pristupima industrijskog doba. Posebno se navodi da razvijene zemlje

sve više zavise od obrazovanih radnika – u privredama zasnovanim na znanju preko 50% radne snage mora da poseduje više i visoko obrazovanje [7]. Kako se u svim sektorima organizacije traži i vrednuje razvoj znanja, HR funkcija svojim informacionim sistemom treba da podrži organizaciju koja uči [8]. Takva organizacija integriše rad i učenje na kontinuiran i sistematski način tako da omogući razvoj pojedinca, timova i cele organizacije.

Američko udruženje za trening i razvoj predlaže sledeće funkcionalne zahteve za korporativni LMS: a) integracija sa sistemom upravljanja kadrovima (HR); b) alat za administraciju koji omogućava upravljanje registracijom korisnika, profilima, ulogama, kurikulumima, sertifikacijama, postavljanjem trenera, sadržajem, internim budžetima, plaćanjima od strane korisnika, i pravljem rasporeda za polaznike, instruktore i učionice; c) omogućava pristup sadržaju uključujući način isporuke (učionica, onlajn), razvoj sadržaja uključujući pitanje autorizacije, održavanja i čuvanja, integraciju sadržaja sa kursovima trećih lica; d) procenjuje nedostatke u kompetencama polaznika i upravlja sticanjem veština i statusa; e) omogućava i podržava autorizaciju procena; f) pridržavanje standarda kao što su SCORM i AICC koji omogućavaju importovanje sadržaja i kurseva koji se pridržavaju standarda bez obzira na sisteme u kojima su kreirani; g) podržava konfiguraciju LMS sistema tako da je usklađen sa postojećim sistemima i internim procesima; h) obezbeđuje zaštitu kroz lozinke i šifrovanje.

Kako navode Kerschenbaum i Wisniewski Biehn [9], LMS ima sledeće funkcije: registracija i administracija polaznika; upravljanje treninzima; upravljanje kurikulumom i sertifikacijom; upravljanje veštinama i sposobnostima; izveštavanje; upravljanje registovanjem realizovanih treninga; kreiranje sadržaja kurseva. Sličnu funkcionalnost LMS-a navodi i Grinberg [10]. Važan aspekt LMS-a jeste i to što omogućava samostalnost i inicijativu korisnika i personalizaciju [5].

Planiranje razvoja LMS sistema je složen zadatak za preduzeće i treba mu prići strateški. Neki od vodećih LMS sistema zadovoljavaju širok spektar funkcionalnosti i sledeća lista može da posluži kao referenca za odluku o planiranom obimu LMS-a [9]: WBT (web based training) registracija, isporuka i praćenje; mogućnost autorizacije WBT-a i testa; onlajn testiranje, sertifikacija i akreditacija; onlajn ocena (kvaliteta); onlajn saradnja i komunikacija; interfejs sa HR sistemom; podrška obaveznim treninzima i učenju uz rad; podrška za kurseve sa više korisnika istovremeno; podrška za liste čekanja; podrška za različite vremenske zone; podrška za handheldove i mobile uređaje (blekberi, palm, tablet i drugi); upravljanje veštinama i sposobnostima; izveštavanje; prilagođavanje korisniku; finansijsko praćenje. Uvođenje i primena LMSa ima svoje razloge u: sniženju troškova, olakšavanju i povećanju pristupa treninzima, pružanju podrške ostvarenju cijeva, postojanju konzistentnog sadržaja koji se može uvek iznova koristiti, postojanju automatskog praćenja i izveštavanja [9]. Najvažnije pitanje u merenju finansijske isplativosti troškova obrazovanja odnosno investicije u

obrazovanje jeste da li zaposleni menjaju svoje ponašanje i stvaraju dodatnu vrednost [11].

E-učenje se odnosi na sve što se realizuje, omogućava ili posreduje pomoću tehnologije u svrhu učenja. Ono uključuje samostalni trening na računaru, onlajn ili učenje na internetu, kao i mobilno učenje na telefonima i tabletima [2]. Kako navode Li i MekLalin [7] upotreba računara i informaciono komunikacionih tehnologija treba pre svega da podrži, a ne da sasvim zameni klasično učenje u učionici, a trend sve veće primene tehnologije u akademskom i korporativnom svetu je primetan. Prema statistici za 2013. godinu [12] 77% američkih preduzeća koristi e-učenje; e-učenje je industrija vredna 56 milijardi USD i očekuje se da će se udvostručiti do 2015; preduzeća ostvaruju 50-70% ušteda kad pređu na e-učenje; 23% zaposlenih menja posao ukoliko nije zadovoljno mogućnostima za učenje i razvoj.

E-učenje omogućava sigurno okruženje u kojem je moguće probati nove veštine, a ne samo ih teorijski učiti. U smislu sadržaja i načina učenja, prednosti e-učenja su da je moguće je brže i jeftinije obuhvatiti više polaznika, može se ostvariti viši stepen konzistentnosti u isporuci treninga bez obzira na lokaciju, sadržaj se može podeliti na manje celine, pomoću simulacija je moguće aktivno uključiti polaznike i omogućiti im sigurno okruženje da uče (i greše). Prednosti elektronskog učenja: smanjenje troškova treninga, varijetet sadržaja, mogućnost polaznika da kurs realizuju u bilo koje vreme i sa bilo kod mesta. Korišćenjem tehnologija virtuelnih učionica, omogućava se prisustvo treninzima koje vode instruktore, ali na daljinu, bez troškova putovanja. Još jedna značajna prednost je što povećava mogućnosti za učenje tokom celog života (LLL – life long learning) [13]. Li i MekLahlin [14] ističu ulogu web 2.0 kao faktora koji omogućava LLL kroz lični sistem upravljanja znanjem. Brojne organizacije kao što su OECD, UNESCO, G8, Svetska banka, Savet Evrope, zvanično se zalažu za pravo na učenje tokom celog života. Hojl [11] navodi problem vremena kojeg pojedninci sve manje imaju kako napreduju u organizaciji, tako da sve manje vremena provode u učenju, time njihove veštine zaostaju i raste rizik da postanu prevaziđeni.

Mešovito učenje je jedan od najznačajnijih trendova u industriji, a uloga kompjuterskih tehnologija je ključan faktor za njegov razvoj. Mešovito učenje predstavlja kombinovanje instruktaze pomoću dva ranije odvojena modela predavanja i učenja: tradicionalno učenje u ličnom kontaktu i distribuirani sistemi učenja [15].

### 3. UTICAJ TEHNOLOŠKOG RAZVOJA NA POTREBE ZA UČENJEM ZAPOSLENIH I EVOLUCIJU LMS-A

Trendovi koji utiču na preduzeća i to kako se planira, organizuje i realizuje radni proces i upravljanje kadrovima ukazuju da će u skorijoj budućnosti doći do promena u smislu povećane transparentnosti, plitkih struktura, povećanja konkurencije rada, rada „na zahtev“ [16]. Sa generacijama koje su navikle na pristup

infomacijama i znanju uvek i svuda, sa sistemima koji prate i beleže svaki deo radnog procesa i rezultata, sa rastućim potrebama za znanjem i inovacijama, sa mogućnošću angažovanja radne snage iz bilo kog kraja sveta jer radno mesto više neće biti „mesto“, preduzeća moraju da prilagode svoje LMS.

Do 2020. godine takozvana milenijumska generacija (milenijumska generacija ili generacija Y se koristi kao termin za demografsku grupu koja obuhvata rođene u periodu od oko 1980. do oko 2000. godine; glavna odlika ove generacije je što su odrastali u okruženju u kojem su savremena tehnologija i internet široko dostupni) će činiti oko polovinu radne snage [17]. Ova generacija se naziva još i „digital natives“ – odrasli uz široko dostupne računare, internet, mobilne telefone i druge uređaje, i pokazuju specifičan način ponašanja kad je u pitanju konzumacija tehnologije: istovremeno su i korisnici i stvaraoci sadržaja [18]. Prema PWC izveštaju o ovoj generaciji u kontekstu poslovnog okruženja, navodi se nekoliko specifičnosti ove generacije koje poslodavci treba da imaju u vidu i prilagode se. Njima ne prija rigidna organizaciona struktura. Očekuju brzi razvoj i napredak, zanimljivu i raznovrsnu karijeru, mogućnost stalnog učenja, a spremni su da lako promene posao ukoliko to ne dobiju. Žele fleksibilnost u načinu rada, da imaju osećaj da je njihov rad vredan i vrednovan. Oni očekuju dostupnu i savremenu tehnologiju kod poslodavca, a paralelno koriste i svoje uređaje. Dostupnost sadržaja na svim uređajima (korporativnim, fiksnim i mobilnim, kao i ličnim) može da bude značajan faktor stepena zadovoljstva ove grupe. Očekivani stalan pristup društvenim mrežama i uopšte eksternom sistemu može da predstavlja izazov za poslodavce po pitanju poverljivosti informacija i čuvanja poslovne tajne. Lakoća korišćenja tehnologije ukazuje na potrebu još veće raspoloživosti mešovitog, a naročito e-učenja i m-učenja. Gube se granice između privatnog i poslovnog jer očekuju fleksibilnost u radu i da će biti nagrađeni prema rezultatima, a ne prisutnosti. Biće značajno pitanje upravljanja funkcionalnim kurikulumom i razvojem karijere – izazov za poslodavce da omoguće različita poslovna iskustva u kontekstu redefinisavanja postojećih ograničenja formalnog napredovanja. Ipak, pripadnici nove generacije će često menjati poslodavce što za preduzeća otvara pitanje planiranja rotacije na radnom mestu i troškova zamene.

Slično zaključuje Prenski [19] – generacija koja je odrasla uz sveprisutnu tehnologiju pronalazi informacije i procesira ih mnogo brže, lakše obavlja više aktivnosti istovremeno (multitasking), pre su za grafički prikaz nego tekst, za pristup po želji a ne po redu, hrane se trenutnim nagradama i priznanjima i više vole igre nego ozbiljan rad.

Edson [20] navodi koncept kurikulum 2.0 što podrazumeva da je kurikulum posledica pregovora, prilagođen potrebama učenika, personalizovan, da pomaže u razvoju veština i pristupu znanjima, kao i da pojednac sam kontroliše način i sadržaj učenja. U kontekstu takozvane milenijumske generacije, potrebno je

osposobiti ih za kritičko razmišljanje i evaluaciju sadržaja, kao i za saradnju sa drugima u procesu učenja radi savladavanja stalno rastućeg izvora informacija.

Bhatia analizira očekivane trendove u vezi sa razvojem LMS-a [21] i kao najvažnije navodi sledeće: dostupnost kroz otvorene izvore, što će činiti LMS dostupnijim malim kao i velikim organizacijama, akademskim ustanovama kao i poslovnim sistemima; kompatibilnost sa zahtevom za učenjem just-in-time, podrazumevajući dostupnost treninga uvek i svuda; praćenje aktivnosti učenja svuda, odakle god da se dešava; LMS baziran na cloud-u, podržavajući dostupnost i fleksibilnost; uključivanje upravljanja talentima u LMS, analiza veština i nedostataka i praćenje razvojnog napredovanja.

Mobilni uređaji pružaju nove mogućnosti za učenje, a najbolji rezultati m-učenja se dobijaju ako se ono kombinuje sa e-učenjem i integriše u LMS [22]. Preduzeća koja posluju u velikom broju zemalja, imaju i mogućnost realizacije i dostupnosti masovnih otvorenih onlajn kurseva [23] kao izvora za obrazovanje svojih kadrova.

#### **4. ISTRAŽIVANJE USKLADENOSTI LMS-A INTERNACIONALNIH PREDUZEĆA SA POTREBAMA NOVE GENERACIJE KADROVA**

##### **4.1 Metodološke napomene**

Za potrebe ovog rada urađeno je eksplorativno istraživanje sa odabranim internacionalnim preduzećima koja su prisutna i u Srbiji. Korišćena metoda istraživanja je strukturirani individualni intervju i deskriptivna analiza dobijenih rezultata. Rezultati su sumirani, bez pojedinačnog navođenja preduzeća. Uzorak je obuhvatio preduzeća koja imaju internacionalnu pokrivenost iz različitih oblasti delatnosti. Razgovori su vođeni sa zaposlenima u Srbiji, pojedincima koji imaju menadžerske funkcije i rukovode ljudima, iz različitih odeljenja. Ukupno je obavljeno 11 intervju sa sledećim preduzećima: GfK, Microsoft, Telenor, BAT, Google, Fox International Channels, Henkel, KPMG, Boehringer-Ingelheim, CCH i Coca-Cola kompanija. Realizovani su intervjui sa 4 predstavnika HR funkcije, a ostali su bili menadžeri iz različitih odeljenja (rukovodstvo, prodaja, marketing, finansije, korporativne komunikacije).

Ciljevi istraživanja su bili sledeći: 1) Oceniti stepen razvijenosti LMSa u internacionalnim preduzećima: postojanje, obuhvat, funkcionisanje, efikasnost; 2) Oceniti stepen prilagođenosti LMSa potrebama nove takozvane milenijumske generacije; 3) Razumeti osnovne barijere i izazove za efikasnu primenu i razvoj LMSa.

Predmet istraživanja su bili: opis primenjenog sistema za upravljanje razvojem kadrova, raspoloživost i vrste sadržaja i načina učenja, način korišćenja sistema i integracija sa drugim poslovnim procesima, učešće LMSa u sistemu evaluacije i nagrađivanja zaposlenih, odnos prema e-učenju i različim tehnološkim rešenjima e-

učenja, prednosti i nedostaci, kao i izazovi i ograničenja LMSa i e-učenja.

Polazne hipoteze:

- Internacionalna preduzeća imaju razvijene LMSove koji su integrisani u procese upravljanja zaposlenima,
- Zaposleni koriste prednosti e-učenja i prolaze kroz raspoložive kurseve,
- Postojeći korporativni LMS ne odgovara budućim zahtevima nove generacije.

Individualni intervjui su realizovani u periodu od 26. septembra do 10. oktobra 2014. godine (6 u ličnom kontaktu, 5 telefonom) i trajali su u proseku oko sat vremena. Pitanja su pratila strukturirani vodič, prema postavljenom predmetu istraživanja, a ispitanici su davali otvorene odgovore. Zabeleženi odgovori su analizirani u smislu poređenja sa sledećim kriterijumima funkcionalnosti: a) funkcionalni zahtevi prema Američkom udruženju za trening i razvoj, b) funkcionalnost prema Kerschenbaum i Wisniewski Biehn, c) očekivane potrebe takozvane milenijumske generacije prema izveštaju studije PWC-a. Posebno su analizirani odgovori koji se odnose na stepen korišćenja e-učenja, stepen zadovoljstva i komentare o funkcionalnostima, sadržaju, načinu korišćenja i oblastima za unapređenje.

## 4.2 Diskusija dobijenih rezultata

### 4.2.1 Analiza funkcionalnih zahteva LMS-a

Najpre će biti prikazani rezultati prema funkcionalnim zahtevima Američkog udruženja za trening i razvoj. Od 8 zahteva, pokriveno je 6 – autorizacija procena i pridržavanje SCORM i AICC standardima su ostali bez odgovora jer ispitanici ne poseduju znanje o tome. Pregled protumačenih rezultata je dat u tabeli 1. i prikazan kao broj preduzeća koje zadovoljavaju pojedinačni kriterijum.

Funkcionalni zahtevi LMS Američkog udruženja za trening i razvoj	Postojeći LMS podržava		
	Potpuno	Delimično	Nimalo
Integracija sa HR sistemom	7	2	2
Alat za administraciju	6	5	
Omogućava pristup sadržaju, razvoj sadržaja, održavanje i čuvanja, integraciju sadržaja sa kursevima trećih lica	11		
Procenjuje nedostatke u kompetencama polaznika i upravlja sticanjem veština i statusa	5	3	3
Podržava konfiguraciju LMS sistema tako da je uskladen sa postojećim sistemima i internim procesima	5	2	4
Obezbeđuje zaštitu kroz lozinke i šifrovanje	11		

Tabela 1. Funkcionalnost LMS-a prema Američkom udruženju za trening i razvoj

Od 11 ispitanih preduzeća, samo dva nemaju LMS integrisan sa sistemom upravljanja kadrovima. Od preostalih 9, u dva postoji delimična integracija sa HR sistemima, pokriven je pre svega administrativni aspekt razvoja i pokrivanje obaveznih kurseva i sertifikacija. Napomena za dva od četiri preduzeća koja ne ispunjavaju ili delimično ispunjavaju ovaj zahtev jeste da ovo postoji na njihovim vodećim tržištima, ali da je tek u povelju za regiju kojoj pripadaju. Po pitanju drugog kriterijuma

administracije treninga i razvoja zaposlenih, sva preduzeća na neki način koriste LMS u te svrhe. Najčešći nedostajući element je postojanje kurikuluma i jasnih razvojnih potreba po profilima i pozicijama. Pristup trening sadržaju, internim i eksternim kursevima ispunjen je u svakom od preduzeća. Često se u nazivu platforme nalazi reč „akademija“. Kod preduzeća koja imaju formalizovan i dokumentovan proces analize kompetenci postoje jasni kurikulumi po funkcijama i nivoima, procena nivoa spremnosti zaposlenog i planiranje razvoja u cilju prevazilaženja nedostajućih znanja i sposobnosti. Kod njih postoji i sistem koji prati individualni napredak i praćenje realizacije predviđenog razvojnog plana. Za još tri preduzeća može se zaključiti da delimično koriste LMS, pre svega za realizaciju obaveznih funkcionalnih treninga, dok u potpunosti zapostavljaju sistematski razvoj menadžerskih i liderskih kompetenci. Istih pet preduzeća ima LMS integrisan sa drugim poslovnim i HR procesima. Za četiri preduzeća se može reći da LMS funkcioniše kao administrativno sredstvo pre svega, bez aktivne uloge i povezanosti sa potrebama organizacije, drugim poslovnim i HR procesima. Svi imaju svoje interne mreže i portale kojima je pristup zaštićen lozinkama i šifrovanjem. Za pristup trening sadržaju je dovoljno samo korišćenje lozinke, dok je za pristup izveštajima, individualnim planovima i sličnim procesima potreban i VPN, odnosno ne može im se prići van mreže preduzeća.

Analiza prema funkcionalnostima prema Kerschenbaum i Wisniewski Biehn potvrđuje rezultate prethodne analize. Glavne primenjene funkcionalnosti su registracija i administracija polaznika, upravljanje treninzima i sertifikacijom. Menadžment kurikuluma i potrebnih veština nije jednako zastupljeno kod svih analiziranih preduzeća i tu je najveći nedostatak primene LMSa. Kad je izveštavanje u pitanju uglavnom svuda postoje izveštaji, ali njihova distribucija je različita – za sedam preduzeća može se reći da izveštavanje aktivno koriste u smislu praćenja napretka i primene stečenih znanja i veština, da menadžeri koji upravljaju timovima aktivno koriste LMS izveštavanje za realizaciju ciljeva razvoja, a ne samo u administrativne svrhe. Pitanje kreiranja sadržaja kurseva nije pokriveno jer ispitanici nemaju informacije o tome.

Zaključak ovog dela analize najvećim delom potvrđuje prvu hipotezu o postojanju LMS-a i njegovom korišćenju u procesu upravljanja i razvoja zaposlenih.

### 4.2.2 Analiza e-učenja

Sprovedeni intervjui su dokazali da u savremenim uslovima internacionalna preduzeća intenzivno koriste e-učenje da bi obezbedila potreban sadržaj učenja svim zaposlenima, bez obzira na njihovu geografsku lokaciju. Ovakav vid učenja je naročito primenjen za obavezne kurseve i potrebne sertifikacije: treninge o proizvodima, IT treninge, poznavanje pravila i propisa, pridržavanje pravilima i politikama preduzeća. Standardna forma ovih treninga je kombinacija teksta i videa, interaktivnost, postojanje kviza za proveru znanja i sertifikacija koja

ostaje zabeležena u sistemu u dosijeu zaposlenog. Ono što su svi sagovornici pomenuli jeste da je ovakva forma učenja zadovoljavajuća, da im je značajno što mogu ove kurseve da obrade kada je njima zgodno (u smislu mesta i vremena). Jedan od navedenih problema kod ovih kurseva je što sam sadržaj često nije u primarnoj sferi interesa, pa je nivo pažnje, suštinskog razumevanja i dugoročne memorije ograničen.

Naročito sa ekonomskom krizom poslednjih godina, broj e-kurseva se povećava i širi se domen sadržaja koji pokrivaju. Sve više se primenjuje i za specijalizovane funkcionalne kurseve. Negde prati formu obaveznih treninga, ali često se koriste i snimljeni trening uživo koji kasnije drugi polaznici mogu da prate preko mreže. Većina intervjuisanih se slaže da je bolje imati i ovakav vid treninga nego ih nemati uopšte, ali se takođe slažu da je teško odvojiti potrebno vreme i punu pažnju da se nekoliko sati sluša kurs preko mreže. Kao vid prevazilaženja problema pažnje, ispitanici su naveli okupljanje veće grupe polaznika u lokalni koji zajedno prate e-kurs. Ovde do izražaja dolazi pitanje kvaliteta pripremljenog materijala – nije dovoljno samo snimiti sadržaj ili snimiti nečiju prezentaciju. Potrebno je uložiti ozbiljan napor i pratiti ustanovljene principe za postizanje kvalitetnog e-kursa [24]. Gotovo svi ispitanici se slažu da je za treninge vezane za menadžerske i leaderske veštine teško učiti virtuelno i da za to preferiraju učenje u ličnom kontaktu. Kombinacija sa nekom formom e-učenja u smislu prethodnih zadataka ili proučavanja teme pre samog kursa uživo, ili kombinovanje kursa sa simulacijama bi takođe bilo adekvatno rešenje koje bi doprinelo dinamici i interaktivnosti.

Ono što je bilo zanimljivo primetiti kod gotovo svih ispitanika je priznanje da im sistem u većini slučajeva pruža dovoljno mogućnosti za učenje, razvoj i napredak, ali da lično retko koriste te mogućnosti preko onoga što im je obavezno i mereno. Glavna navedena barijera je problem nedostatka vremena: radne obaveze su velike, ionako se najčešće radi prekovremeno da bi se ispunili osnovni zahtevi posla, tako da teško nalaze motivaciju da odvoje vreme za dodatno učenje. Nekolicina je navodila da takvom učenju pristupaju samo kad imaju vrlo konkretnu potrebu vezanu za rešenje poslovnog problema. Zanimljiv komentar pomenut u četiri preduzeća je da je primat u merenju na ostvarenim merljivim rezultatima rada, a da se dodatno učenje formalno ne valorizuje. Priznaju da se time verovatno povećavaju šanse za dalji napredak, ali zaključuju da je i za to važnije ostvariti poslovne ciljeve nego dodatno se obrazovati.

Ono što se pojavljuje kao ograničenje za zemlje u kojima se ne govori engleski jezik jeste dostupnost e-kurseva za sve nivoe na lokalnom jeziku. Većina e-sadržaja se razvija centralno, od strane centralnog tima zaduženog za razvoj, tako da je uglavnom dominantan jezik engleski, ili se istovremeno omogućuje dostupnost na nekoliko glavnih svetskih jezika. Za veliki broj zemalja ostaje zahtev dovoljnog poznavanja engleskog (ili drugog stranog jezika) da bi se trening kvalitetno pratio. Za određeni broj obaveznih sadržaja vrši se prevod i prilagođavanje na

lokalnom nivou, ali to zahteva vreme, kadrove i novac, što ograničava bogatstvo sadržaja.

U kontekstu druge hipoteze istraživanja o korišćenju e-učenja u preduzećima, indikacija rezultata je da se ova forma učenja pre svega koristi za obavezne sadržaje, kao i da iako postoje brojni kursevi, oni se nedovoljno koriste mimo obaveznog plana razvoja. Prednost e-učenja u smislu dostupnosti bilo kad i bilo gde je potvrđena.

#### 4.2.3 Prilagođenost LMS-a potrebama nove generacije

Za potrebe ove analize sumirane su očekivane potrebe takozvane milenijumske generacije u vezi sa radnim mestom i zaposlenjem prema nalazima PCW studije [17], što se podudara i sa navodima o ovoj generaciji u izvorima [18], [21], [19] i [25]. Pregled protumačenih rezultata je dat u tabeli 2. i prikazan kao broj preduzeća koje zadovoljavaju pojedinačni kriterijum.

Potrebe koje će zahtevati najznačajnija prilagođavanja preduzeća su u smislu fleksibilnosti organizacije, hijerarhijskih struktura, varijeteta iskustava i fleksibilnosti za prioritizaciju vrednovanja rezultata u odnosu na formalne zahteve radnog vremena i boravka na radnom mestu. Značajni pozitivni pomaci već postoje kad je u pitanju otvorenost ka eksternom sistemu i sadržajima, primena mešovitog i e-učenja, pružanje mogućnosti stalnog učenja i dostupnosti savremene tehnologije. Takođe, vidljivi su naponi da se omogući fleksibilnost mesta rada i učenja. Ako se rezultati posmatraju po pojedinačnom preduzeću, nijedno ne zadovoljava u potpunosti sve navedene kriterijume, a za njih 5 može se reći da su najviše odmakli u prilagođavanju LMS-a zahtevima buduće većinske radne snage, što će ih činiti atraktivnijim poslodavcima za kvalitetne kadrove.

Potrebe na radnom mestu nove generacije	Postojeći LMS podržava		
	Potpuno	Delimično	Nimalo
Brz razvoj i napredak	2	4	6
Mogućnost stalnog učenja	8	3	
Raznovrsna karijera	5	5	1
Dostupnost savremene tehnologije	8	3	
Dostupnost sadržaja na svim uređajima	3	5	3
Pristup društvenim mrežama i eksternom sistemu	11		
Mešovito e-učenje	11		
Fleksibilnost mesta	1	10	
Nagrada prema rezultatima, a ne prisutnosti		3	8
Funkcionalni kurikulum	5	3	3
Različitost poslovnih iskustava i bez formalne promene posla i nivoa		6	5

Tabela 2. Prilagođenost LMS-a potrebama nove generacije

Hipoteza o neprilagođenosti postojećih LMSova novoj generaciji je najvećim delom potvrđena.

#### 4.3 Nedostaci istraživanja

Primenjena metodologija kvalitativnog istraživanja na realizovanom uzorku zahteva da se dobijeni rezultati koriste kao indikacija i direkcija za definisanje budućih specifičnih tema kvantitativnog istraživanja koje bi produbilo znanje iz ove oblasti i dalo smernice za buduće korisne intervencije u preduzećima.

## 5. ZAKLJUČAK

Razvoj tehnologije je omogućio da se računari i internet koriste za učenje i obrazovanje zaposlenih kao sistemsko integrisano rešenje koje omogućava strateški pristup razvoju kadrova. Obrazovani kadrovi i stalno unapređenje znanja je neophodan uslov stvaranja i očuvanja konkurentne prednosti u uslovima ekonomije bazirane na znanju, a efikasan LMS postaje jedan od ključnih faktora preferencije poslodavca i mogućnosti privlačenja i zadržavanja najboljeg kadra.

Prema rezultatima realizovanog istraživanja internacionalna preduzeća većinom imaju strukturiran LMS, relativno širok obim sadržaja za e-učenje i dostupnost učenju uvek i sa svakog mesta. Postoji, međutim, šansa da se formalnim balansiranjem zahteva za ostvarenjem poslovnih ciljeva i ciljeva ličnog razvoja, zaposleni dodatno podrže da još više koriste mogućnosti e-učenja preko zahtevanog minimuma i time stalno grade svoje šanse za napredovanjem.

Razumevanje novih generacija koje tek stasavaju u radnu snagu i buduće menadžere timova i lidere, treba da bude važan element planiranja evolucije LMS-a u preduzećima. Nova generacija ima svoje specifične zahteve i vrednosti, načine konzumacije sadržaja i znanja i odnos prema radnom mestu. Njihovo razumevanje i prilagođavanje LMS-a može da čini značajan faktor uspeha preduzeća – privlačenje pravih talenata, ako i njihovo zadržavanje u sistemu, smanjujući time troškove zamene kadra i gubitka korporativnog znanja. Realizovano istraživanje je pokazalo da sva preduzeća imaju prostora za dalja unapređenja LMS-a s ovim ciljem.

## LITERATURA

- [1] Gilhooly, K., Making e-learning effective, 2001, Computerworld, 35(29)
- [2] Sekhon M., Hartley D., Basics of E-Learning Revisited, Published by the American Society for Training & Development, 2014
- [3] Ellis, Ryann K., Field Guide to Learning Management Systems, 2009, ASTD Learning Circuits
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Learning\\_management\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system)
- [5] Parr, J. M., & Fung, I. A Review of the Literature on Computer-Assisted Learning, particularly Integrated Learning Systems, and Outcomes with Respect to Literacy and Numeracy, (2001, September 28, 2004)
- [6] Watson W. R., An Argument for Clarity: What are Learning Management Systems, What are They Not, and What Should They Become?, TechTrends 51(2) (2007)
- [7] Lee Mark J.W. and McLoughlin Catherine (eds), Web 2.0-Based E-Learning: Applying Social Informatics for Tertiary Teaching, IGI Global, 2011
- [8] Yang Baiyin, Tsinghua University, China, Conceptualization and Evolution of Learning

Organizations, Encyclopedia of Human Resources Information Systems: Challenges in e-HRM by Teresa Torres-Coronas and Mario Arias-Olivia IGI Global, 2009

- [9] Kerschenbaum Steven, Wisniewski Biehn Barbara T., LMS Selection Best Practices, Office for Domestic Preparedness, 2013
- [10] Greenberg Leonard, LMS and LCMS: What's the Difference?, 2007
- [11] Hoyle Robin, Complete Training: From Recruitment to Retirement Kogan Page, 2013
- [12] <http://elearningindustry.com/important-statistics-about-the-elearning-market-for-2013-infographic>
- [13] Aycock, Alan Ph.D., Garnham Carla , M.A., and Kaleta Robert , Ph.D., Lessons Learned from the Hybrid Course Project, Teaching With Technology Today, Volume 8, March 2002
- [14] Walter W. Powell and Kaisa Snellman, The Knowledge Economy, Annu. Rev. Sociol. 2004. 30, Stanford University
- [15] Graham Charles R., Blended Learning Systems: Definition, Current Trends, And Future Directions, 2004, John Wiley & Sons, Inc. Published by Pfeiffer
- [16] Brenman Jeff, The Future Of Work, Oct 27, 2009
- [17] PricewaterhouseCoopers LLP, Managing tomorrow's people series, 2007
- [18] Kolikant Yifat Ben-David, Digital natives, better learners? Students' beliefs about how the Internet influenced their ability to learn, Computers in Human Behavior 26 (2010), Elsevier Ltd
- [19] Prensky, M., Digital natives, digital immigrants, 2001, Horizon 9
- [20] [http://www.huffingtonpost.com/jonathan-edson/curriculum-20-userdriven-\\_b\\_53690.html](http://www.huffingtonpost.com/jonathan-edson/curriculum-20-userdriven-_b_53690.html)
- [21] Bhatia Sameer, Learning Management System Trends In the new millennium, the corporate learning management system has developed into a business-critical technology platform Posted: January 7, 2014,
- [22] Bogdanović Zorica, Barać Dušan, Jovanić Branislav, Popović Snežana and Radenković Božidar, Evaluation of mobile assessment in a learning management system, British Journal of Educational Technology, Vol 45 No 2, 2014
- [23] Wulf, J., Blohm, I., Brenner, W., Leimeister, J. M., Massive Open Online Courses In Business Information System & Engineering (BISE), 2014
- [24] Schank Roger C., Designing World-Class e-Learning: How IBM, GE, Harvard Business School, and Columbia University are Succeeding at e-Learning McGraw-Hill, 2002
- [25] Barton Christine, Koslow Lara, and Beauchamp Christine, How Millennials Are Changing the Face of Marketing Forever, January 2014

# SOCIJALNE MREŽE U SLUŽBI E-UČENJA – PRIMER INTEGRACIJE MOODLE LMS-A I FACEBOOK-A

## SOCIAL NETWORKS IN THE SERVICE OF E-LEARNING – AN EXAMPLE OF INTEGRATION MOODLE LMS AND FACEBOOK

Aldina Avdić<sup>1</sup>, Dragan Janković<sup>2</sup>, Dženan Avdić<sup>1</sup>  
*Državni univerzitet u Novom Pazaru<sup>1</sup>*  
*Elektronski fakultet u Nišu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U vremenu ekspanzije računarskih tehnologija i sveprisutnog računarstva, sve je veća primena Learning Management sistema (LMS), koji obezbeđuju svojim korisnicima brži pristup resursima znanja, učenje kroz multimedijalne sadržaje, komunikaciju sa učesnicima kurseva i nastavnicima, kvizove i sl. Sa druge strane, svesni smo popularnosti društvenih mreža i vremena koje korisnici provode na njima, kao i uloge u informisanju istih uz brojne druge prednosti. U ovom radu opisan je jedan način integracije društvene mreže Facebook sa Moodle LM sistemom, u cilju olakšavanja postupka autentifikacije i dobijanja obaveštenja o događajima vezanim za kurseve na koje su korisnici upisani i koji im se distribuiraju pomoću Moodle LMS-a..

**Abstract** - In a time of expansion of computer technology and ubiquitous computing, there is an increasing use of Learning Management System, which provide its customers faster access to knowledge resources, learning through multimedia contents, communication with the participants of the courses and teachers, quizzes, etc. On the other hand, we are aware of the popularity of social networks and the time that users spend on them, as well as roles in informing them with another numerous advantages. This paper describes a way to integrate the social network Facebook with Moodle LMS system, in order to facilitate the process of authentication and receiving notifications about events related to the courses on which users are enrolled.

### 1. UVOD

Na tržištu softvera iz dana u dan sve je veći broj aplikacija koje pokušavaju da skoro sve oblike korisničkih aktivnosti uklope u svoje okvire i omogućе njihovo delimično ili potpuno obavljanje korišćenjem računara. Takav slučaj je i sa učenjem, koje već dugi niz godina, uz tradicionalne metode koristi i sve povoljnosti Interneta, od bržeg pristupa resursima znanja do sistema koji nude pored literature u vidu dokumenata, i multimedijalne sadržaje, komunikaciju sa učesnicima kurseva i nastavnicima, kvizove i sl. Takav Learning Management sistem je i Moodle. Može se reći da je bez nekog LMS-a danas skoro nemoguće zamisliti podelu literature i online komunikaciju između profesora i nastavnika na kvalitetan način.

Ono što, svakako, ne možemo poreći, jeste da najveći broj mladih sve više vremena koje provede uz računar,

provodi zapravo na društvenim mrežama, od kojih je Facebook jedna od najpopularnijih, i sa najviše korisnika. Facebook omogućava različite vrste reklama i obaveštenja, i skoro svaki sajt ima svoju stranicu na kojoj preplaćeni korisnici mogu pratiti novosti. Takođe, većina sajtova omogućava autentifikaciju korišćenjem Facebook profila, pa se ne moraju pamtit i sva moguća korisnička imena i šifre za različite sajtove na koje smo prijavljeni. Pored toga, postoje i aplikacije poput igara, koje obaveštavaju svoje učesnike o trenutnim zbivanjima, pokušavajući na taj način da nagovore korisnika da pokrene aplikaciju. Zašto onda i sistem za učenje ne bi bio na raspolaganju svome korisniku i omogućio mu da koristi Facebook profil za autentifikaciju, i dobija notifikacije o važnim dešavanjima na kursevima na koje je korisnik upisan a distribuiraju mu se pomoću LMS-a. Ovaj pristup ima opravdanja i u činjenici da neuporedivo više vremena korisnici provode na nekoj društvenoj mreži u odnosu na vreme provedeno u korišćenju LMS-a odnosno češće prate dešavanja na društvenim mrežama a ređe na LMSu. Ovu činjenicu je moguće iskoristiti tako da se obezbedi aktivnije praćenje aktivnosti na LMSu putem pojavljivanja različitih informacija o LMS aktivnostima na društvenim mrežama. U ovom radu opisan je jedan način integracije socijalne mreže Facebook sa Moodle LMS-sistemom, u cilju zadovoljenja navedenih potreba korisnika Moodle-a.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju dat je pregled povezanih istraživanja a zatim su opisani principi elektronskog učenja sa osvrtom na Moodle LMS. U četvrtom poglavlju je dat osvrt na socijalne mreže, njihovu ulogu i karakteristike, i Facebook kao predstavnika sa izrazitom popularnošću. Sledi opis aplikacije koja omogućava integraciju Moodle LMS-a sa Facebook društvenom mrežom. Na kraju su dati zaključci i pravci daljih istraživanja.

### 2. POVEZANA ISTRAŽIVANJA

Uzimajući u obzir stalne izmene i ažuriranja na obema stranama koje bi trebalo integrisati (LMS i Moodle), i činjenicu da protekne relativno mnogo vremena od ideje, do realizacije, i objavljivanja rada, pa još i njegove dostupnosti na internetu, praktično da povezanih istraživanja na konkretnu temu i nema. Pokušaj nečeg sličnog dat je u radu [1] ali potiče iz vremena kada aktuelni Facebook SDK nije ni korišćen tj. kada praktično nije bilo potrebe za programiranjem na Facebook strani



koje se danas koristi, tako da rezultati i nisu baš mnogo relevantni danas.

Takođe, postoje radovi u kojima je opisana upotrebljivost socijalnih mreža u edukativne svrhe, kao što su [2-4]. Ono što je zanimljivo jeste istraživanje na temu šta studenti u Srbiji više koriste, Facebook ili Moodle, što može biti pokazatelj koliko su težnje njihove integracije ispravne i upotrebljive [5].

### 3. ELEKTRONSKO UČENJE I OPIS MOODLE SISTEMA

U poslednje vreme sve češća je upotreba termina elektronsko učenje ili elektronski podržano učenje, e-učenje (eLearning). Postoje različite definicije ovog učenja, a najkraću je dalo englesko Ministarstvo obrazovanja i veština 2003 godine: Ako neko uči na način da koristi informacione i komunikacione tehnologije, on upotrebljava elektronsko učenje.

Elektronsko učenje je način učenja u kome se koristi računarska mreža za dostavljanje informacija, za interakciju i proces unapređivanja učenja, a pritom se mogu koristiti različite vrste računarskih, satelitskih, mobilnih mreža, interaktivna TV i CD ROM. E-Learning se koristi i za učenje na daljinu, kroz mrežu intraneta, i može se smatrati komponentom fleksibilnog učenja. Kada se učenje odvija ekskluzivno preko mreže, tada se naziva online učenje. Za razliku od učenja na daljinu, učenje u učionici (face-to-face) obezbeđuje kontakt učenika i nastavnika, pa se naziva i kontakno učenje. U praksi, svaki od ovih tipova učenja kombinuje se sa učenjem u učionici (face-to-face), dajući mešavinu koja se naziva fleksibilno (blended) učenje.

Softver koji se upotrebljava za izradu programa i kurseva različitog je kvaliteta. Od prvih online kurseva koji su samo isporučili postojeće studijske programe na Web, softver je u stanju stalnog usavršavanja. Postavljeni su novi zahtevi: da se studenti upisuju na kurs, da se prati njihovo napredovanje u elektronskom učenju, da se beleže rezultati rada i učenja. Softver za tako upravljanje procesom učenja, dobio je naziv Learning Management System (LMS). Ako se upravljanje odnosi na kurs u celini, softver se zove Course Management System (CMS).

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) je besplatna softverska platforma, koja spada u grupu LMS aplikacija za učenje.[6] Moodle LMS je projektovao Martin Dougiamas radeći na svojoj doktorskoj disertaciji ("The use of Open Source software to support a social constructionist epistemology of teaching and learning within Internet-based communities of reflective inquiry", Curtin University of Tehnology, Perth, Australia), sa ciljem da pomogne predavačima da kreiraju online kurseve bazirane na interakciji i kolaborativnom kreiranju sadržaja i sa kontinualnom evolucijom. Cilj projektovanja Moodle-a je da se okvakvim sistemom obezbedi idealna sredina i instrumenti za virtuelno učenje/obučavanje. Stvaraoci

Moodle-a su se zalagali da ostvare lepezu učeničkih delatnosti.

Moodle se može instalirati na bilo kom računaru koji može pokrenuti PHP, i koji podržava neku od poznatijih baza podataka (posebno MySQL). Korisnici Moodle portalu pristupaju preko Web pretraživača.[7-9]

### 4. SOCIJALNE MREŽE I FACEBOOK

U poslednjih nekoliko godina svedoci smo prave revolucije Interneta kakvog ga do sada poznajemo. Do početka razvoja društvenih mreža, što se može reći do pojave prve stranice za društveno umrežavanje SixDegrees.com [10], sam koncept pretraživanja Interneta i Weba uopšte je bio orijentisan samo na pasivno pregledavanje sadržaja na raznim Web stranicama.

Mogućnosti dvosmerne komunikacije s vlasnicima tih web stranica bio je jedino putem foruma, ukoliko su te web stranica posjedovale Forum. Ali, pre detaljne analize društvenih mreža, potrebno je prvo pojasniti šta predstavlja pojam društvenih mreža, nevezano za danas popularne web stranice društvenih mreža. Društvena mreža predstavlja teoretsku tvorevinu koji je koristan za primenu u društvenim naukama kako bi se proučavali odnosi između individualaca, grupa, organizacija, ili kompletnih društava (društvenih jedinica).

Ovaj termin se koristi kako bi se opisala društvena struktura koja je određena društvenim interakcijama. Veze se u toj strukturi nazivaju granama (eng. edges ), a glavne društvene jedinice se u ovoj strukturi nazivaju i čvorovima (eng. nodes). [11]

Osnovu društvenih mreža predstavljaju društveni mediji koji uključuju Web i mobilne tehnologije koje se koriste kako bi se komunikacija preokrenula u interaktivni dijalog. Andreas Kaplan i Michael Haenlein definišu društvene medije kao „skupinu Internet aplikacija koje su izgrađene na ideološkim i tehnološkim osnovama Web 2.0 tehnologije koje omogućavaju kreiranje i razmenu korisnički generisanog sadržaja.“ [12]. Društveni mediji su mediji za društvene interakcije te predstavljaju svojevrsan nadskup alata koji nadilaze same sfere društvene komunikacije. Društveni mediji koji su lako dostupni i skalabilni su promenili način na koji organizacije, društva i individualci komuniciraju. Društveni mediji se odnose na mnogo oblika, uključujući časopise, Internet forume, blogove, društvene blogove, mikroblog, wikije, podcastove, fotografije ili slike, video, te stranice za društveno označavanje. Primenjujući skup teorija u polju medijskog istraživanja (društvena prisutnost, bogatstvo medija) i društvene procese (samoprezentacije, samootkrivanje) Kaplan i Haenlein su kreirali klasifikacijsku šemu za različite tipove društvenih medija u svom članku koji je objavljen u Business Horizons u 2010. godini. Prema Kaplanu i Haenleinu postoji šest tipova društvenih medija, a to su: kolaboracioni projekti (Wikipedia), blogovi i mikroblogovi (Tumblr, Twitter), mreže sadržaja (Youtube), stranice za društveno umrežavanje (Facebook,

Google Plus), virtualni svetovi (World Of Warcraft), i virtualni društveni svetovi (Second Life).

Facebook je originalno zamišljen kao Harvardska društvena mreža za umrežavanje studenata kako bi izmenjivali informacije međusobno. Stranice Facebook (pređašnjeg naziva thefacebook.com) je pokrenuta 2004. godine, te se vrlo brzo nakon toga proširio na druge fakultete, zatim srednje škole, privatne kompanije, te je ubrzo nakon toga postao javno dostupan za bilo koga da se prijavi. 2008. godine, Facebook je postao najpopularnija Web stranica za društveno umrežavanje, te je pretekao do tada popularni MySpace, a rast mu i dalje traje. Prema nekim podacima, 2011 je imao 845 miliona korisnika. Facebook ne omogućava isti stepen prilagodavanja profila kao i MySpace.

No, Facebook omogućava svojim korisnicima da stavljaju video sadržaje, slike i sav ostali sadržaj na svoje profile. Facebook konstantno dodaje nove funkcionalnosti na svoju platformu, te je od 2011. godine dostupan i Facebook IM klijent. Korisnici imaju par metoda kako mogu komunicirati sa svojim prijateljima, putem privatnih poruka, pišući na zidove drugih korisnika itd.

U svojim počecima, Facebook je bio namenjen samo studentima univerziteta na Harvardu koji su tim putem mogli međusobno komunicirati i razmenjivati informacije. Kasnije, mnogi drugi univerziteti, srednje škole i velike kompanije širom sveta priključile su se mreži. Facebook je ujedno najpopularnije mesto za objavljivanje fotografija, s više od 14 miliona novih dodanih fotografija dnevno [13]. Facebook je temeljen na modelu prijatelja i članstva u mrežama. Facebook korisnici imaju širok raspon alata koje mogu koristiti. Na primer, korisnici mogu postaviti neograničen broj fotografija, pretraživati konaktne liste e-mail adresa, putem kojih mogu naći druge koji imaju profile na Facebooku. Putem aplikacija koje korisnici mogu koristiti, mogu omogućiti dostupnost svojih informacija putem tih alata. Samim tim, na početnoj stranici Facebook profila, korisnici mogu određivati koje sadržaje će tamo staviti, a koje ne, na primer svi privatni podaci mogu se ograničiti ko ih može videti, a ko ne. Isto tako, može se podesiti ko može naći korisnika kod pretraživanja, a ko ne. Korisnici kada stavljaju sadržaje na svoje profile, koji se objavljuju u „News Feedu“, određuju ko taj sadržaj može videti tako što mogu ograničiti na određene skupine ljudi. Na kraju, možemo reći da je Facebook postao velika platforma koja se svakim danom sve više širi i dovodi kompletan Internet kakvog ga poznajemo na jedan novi stepen.[14]

Najnovije unapređenje u pogledu softverke implementacije Facebook-a jeste uvođenje Graf API-ja. On je dobio ime po ideji "društveni graf" - predstavljanja informacija na Facebook-u koje se sastoji od:

- čvorova (uglavnom " stvari ", kao što je korisnik, fotografije, stranica, komentar)
- grana (veza između tih "stvari", kao što su fotografije na stranicu, ili nove fotografije komentarima)

- polja (informacija o tim stvarima, kao što je rođendan jednog korisnika, ili ime stranice).

Graf API je zasnovan na HTTP protokolu, tako da radi sa bilo kojim jezikom koji ima HTTP biblioteku, kao što su Curl, urllib. Većina Graph API zahteva zahteva korišćenje pristupnih tokena koji aplikacija može generisati primenom Facebook login-a.[15]

## 5. EKSPERIMENT

Sledi opis postupka integracije konkretnog primera Moodle LMS aplikacije koja se nalazi na adresi <https://aldina.in.rs/moodle>, sa Facebook aplikacijom MoodleTest. Korišćenje HTTPS protokola nije slučajno, naime, Facebook canvas aplikacija zahteva URL samo sa sigurnosnim pristupom. U ovom eksperimentu korišćena je verzija Moodle 2.6. Detalji o instalaciji mogu se naći na stranici [https://docs.moodle.org/25/en/Installing\\_Moodle](https://docs.moodle.org/25/en/Installing_Moodle). Koraci u integraciji prikazani su algoritmom na Slici 1, i oni će biti redom razmotreni.



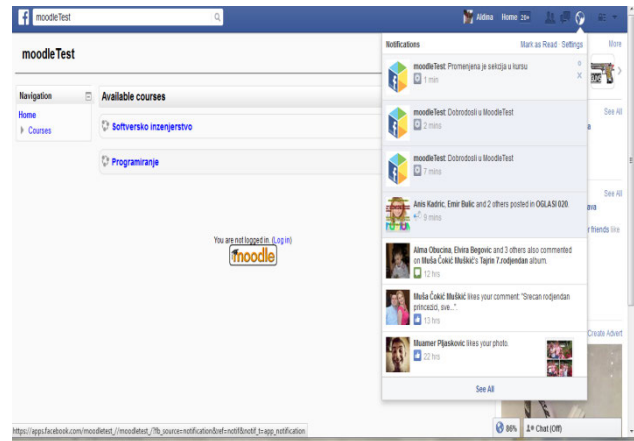
Slika 1. Koraci u procesu integracije Moodle sistema sa Facebook-om

1. **Kreiranje Facebook aplikacije.** Na adresi <https://developers.facebook.com> postoji opcija App -> Add App. Treba izabrati opciju Facebook Canvas. Zatim treba izabrati ime aplikacije i dodeliti HTTPS URL. Na uvodnoj stranici naći će se uputstva o korišćenju SDK za odgovarajuće programske jezike, u ovom slučaju potrebno je preuzeti PHP SDK. Ono što je potrebno za integraciju jeste App ID aplikacije i App secret. Takođe je potrebno definisati i URL aplikacije na fejsbuku koji omogućava pronalaženje i pokretanje aplikacije. Nakon ovih postavki, aplikacija je kreirana, i može joj se pristupiti preko navedenog URL-a. Međutim, ona nema nikakvu funkcionalnost dok se index stranica iz navedenog URL-a na serveru ne izmeni koristeći funkcije SDK-a. Na serverskoj strani treba napraviti folder, najbolje u okviru Moodle foldera, npr. FB, u kome će se nalaziti SDK i index.php stranica aplikacije. Ono što je najviše otežavalo ovu integraciju jeste da se sva logika aplikacije nalazi samo na ovoj stranici. Ali integracija

je omogućena pozivanjem ove stranice u okviru Moodle php stranica korišćenjem funkcije *include*.

2. **Omogućavanje autentifikacije na Moodle upotrebom Facebook profila** korišćenjem OAUTH2 plugin-a. Na sajtu Moodle.org postoji plugin koji se ne ažurira redovno, al je uz male izmene dosta olakšao proces integracije. Radi se o pluginu OAUTH2, koji se može preuzeti sa adrese [https://moodle.org/plugins/view.php?plugin=auth\\_googleoauth2](https://moodle.org/plugins/view.php?plugin=auth_googleoauth2). On obezbeđuje povezivanje sa Google+, Facebook, LinkedIn i Github web aplikacijama. Kao ulazni podaci u ovom koraku potrebni su App Id i App Secret generisani u prethodnom koraku. Nakon podešavanja plugin-a, omogućena je autentifikacija na Moodle-u korišćenjem Facebook profila.
3. **Dodavanje logike Facebook aplikaciji.** Kako bi korisnik imao mogućnost obaveštavanja od strane Moodle aplikacije, preko Facebook-a, potrebno je index stranicu iz prvog koraka, koja predstavlja logiku Facebook aplikacije, editovati tako da ima mogućnost slanja notifikacije. Parametri notifikacije koji se zahtevaju, treba da budu prosleđeni iz Moodle aplikacije.
4. **Izmena u Moodle bazi podataka** - obezbeđivanje ID korisnika kao uslov za mogućnost slanja notifikacije određenom korisniku. Jedini nedostupni parametar koji je neophodan za slanje notifikacija, a u trenutnoj verziji OAUTH2 plugin-a nije dostupan jeste ID korisnika kojim je prijavljen na mrežu. Stoga je ovaj ID trebalo preuzeti od Facebook-a i upamtiti u bazu podataka Moodle-a, tj. izmeniti način pamćenja korisnika ulogovanih putem Facebook profila u Moodle bazi podataka, Umesto beznačajnog imena korisnika `social_user_i`, koristi se koristi se jedinstven id korisnika, koji je potreban za slanje notifikacija.
5. **Izmena Moodle stranica iz kojih želimo poslati obaveštenja.** Nakon dobijanja ID korisnika preko promenljivih sesije i njegovog upisa u bazu podataka Moodle-a, u index stranici aplikacije pravi se kod za slanje notifikacije, koji pored traženog ID-a uzima za parametar i tekst obaveštenja i link koji se prilikom klika na obaveštenje otvara. Sada stranice Moodle-a u kojima se vrše ažuriranja vezana za kurseve treba povezati sa indeks stranicom Facebook aplikacije. Nakon potvrde ažuriranja kursa, treba pripremiti parametre notifikacije i pozvati slanje korišćenjem indeks stranice Facebook aplikacije.

Kao ilustracija može da posluži primer kada je aplikacija pozvana nakon izmene naziva sekcije kursa, na koji je autor rada prijavljen. Na slici 2 su prikazani rezultati.



Slika 2. Izgled obaveštenja i Facebook aplikacije

## 6. ZAKLJUČAK

Neosporna je prisutnost društvenih mreža u svim segmentima vezanim za Web aplikacije. Svako integrisanje u njihove okvire predstavlja mogućnost za korisnika da sve podatke i informacije vidi na jednom mestu. Prikazanim postupkom povećava se opseg funkcionalnostima Moodle-a i Facebook-a, kojima je to i omogućeno.

Najveći problem tehničke prirode u rešavanju ovog izazova jeste tranzicija nekadašnjih canvas Facebook aplikacija, koje su samo prikazivale u frejmu datu Web stranicu, na aplikaciju koju je moguće pozvati samo iz SDK foldera, i nemogućnost integrisanja u druge skripte Moodle-a, mada je najavljeno da će se ovaj problem rešiti, pa će sve Web aplikacije imati mogućnost slanja notifikacije. Zbog velikog broja mogućnosti Moodle-a, a samim tim i velikog broja skripti, ovaj postupak, ako se radi manuлно, predstavlja mukotrpan problem pronalaženja gde se vrši upis u bazu podataka Moodle aplikacije kada administrator izvrši promenu. Stoga bi plugin za integraciju Facebook-a i Moodle-a bio efikasnije rešenje i u pogledu transparentnosti.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, u okviru projekata TR35026 i III44007.

## LITERATURA

- [1] Braz, L.M., Serrão T., Crespo S., Pinto, C.S. and Clunie, G. „Um Mecanismo para a Integração entre o LMS Moodle e o Site de Redes Sociais Facebook“, Anais do XXII SBIE - XVII WIE, Aracaju, 2011.
- [2] Hosny, M.I. and Fatima, S. “ Facebook in Education: Students, Teachers, and Library Perspectives“, Journal Of Computing, Vol. 4, No. 6, pp 78-86, 2012.
- [3] Kotzer, S. and Elran, Y., „Learning and teaching with Moodle-based E-learning environments, combining learning skills and content in the fields of Math and

- Science & Technology“, 1st Moodle Research Conference, pp 124-131, Heraklion, Crete-Greece, 2012.
- [4] Radosavljević, V. i Vugdelija, N. „Društvene mreže kao web 2.0 alat u nastavnom Procesu“, INFOTEH-JAHORINA Vol. 12, str 856-859, 2013.
- [5] Petrovic, N., Jeremic, V., Cirovic, M., Radojicic, Z. and Milenkovic, N. „Facebook Vs. Moodle: What Do Students Really Think?“, ICICTE 2013 Proceedings, pp. 413-421, 2013.
- [6] Moodle, <http://moodle.org>
- [7] Online učenje, [http://issuu.com/kljakic/docs/online\\_ucenje](http://issuu.com/kljakic/docs/online_ucenje)
- [8] Priručnik za korisnike Moodle LMS-a okvirnog sistema eUčenja, <http://obuka.ict-zenit.org.rs/file.php/1/dokum/prirucnik.pdf>
- [9] Davidović, N., Pljasković, A. and Stoimenov, L. „mDROID: ACCESS Moodle LMS on the move“, eLearning Conference, Belgrade, 2011.
- [10] Danah, M. B. and Ellison N.B., „Social Networking Sites: definition, history and scholarship“, 2007.
- [11] Social Network, Mashable, <http://mashable.com/follow/topics/social-network/>.
- [12] Kietzmann, J.H., Hermkens, K., McCarthy, I. P. and Silvestre, B.S., Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media, pp 241, 2011
- [13] Facebook, <http://sh.wikipedia.org/wiki/Facebook>.
- [14] Seven Things You Should Know About Facebook II, <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7025.pdf>
- [15] Facebook Graph API, <https://developers.facebook.com/docs/graph-api>.

# LINK MINING U FACEBOOK MREŽI

## LINK MINING IN FACEBOOK NETWORK

Ivan Bešinović

*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu*

**Sadržaj** – U ovom radu je opisano kako se link mining tehnika može upotrebiti u facebook socijalnoj mreži kako bismo otkrili da li će dve osobe biti u emocionalnoj vezi.

**Abstract** - This paper describes how link mining techniques can be used in facebook social network to discover whether the two persons will be in relationship.

### 1. UVOD

U današnje vreme postoji velika primena *Data Mining* metoda. *Data Mining* algoritmi iz velikog broja jednostavnih podataka pronalaze skriveno znanje. Kod *Data Mininga* nema meta podataka, što znači da nemamo podataka o podatku.

Danas postoji jako puno *Data Mining* algoritama i njihov broj je sve veći i veći. Takodje i broj aplikacija koje nam pružaju podršku u *Data Mining-u* raste.

*Link Mining* je tehnika koja se bavi samo proučavanjem veza između dva entiteta, o čemu će detaljnije biti pisano.

U ovom radu je proučavano kako *Link mining* tehnika može upotrebiti u facebook socijalnoj mreži. Glavni cilj je predvideti, na osnovu facebook interakcije, da li će dve osobe biti u emocionalnoj vezi. Akcenat je na vezama između korisnika. Ako bi se uz *Link Mining* upotrebio i *Text Mining*, onda bi ovo bilo još produktivnije, jer kada na osnovu *Link Mininga* pretpostavimo da su dve osobe povezane, onda se to može još više proveriti poručavanjem teksta koji se deli između njih. Takvi algoritmi bi bili dosta složeniji, ali i produktivnost bi sigurno bila dosta veća. Međutim, ovde ćemo se bazirati samo na povezanost između korisnika, što je dosta jednostavnije za implementaciju.

### 2. LINK MINING

*Link Mining* je *Data Mining* tehnika koja uzima u obzir veze između objekata i entiteta dok gradi prediktivne ili opisne modele.

Postoje nekoliko *Link Mining* zadataka, a to su:

- 1) klasifikacije na osnovu veze
- 2) klaster analiza
- 3) predviđanje tipa veze
- 4) predviđanje težine veze
- 5) kardinalnost veze
- 6) povezanost zapisa

#### 2.1 Klasifikacije na osnovu veze

U klasifikaciji na osnovu veze, želimo da predvidimo kategoriju nekog objekta, na osnovu ne samo njegovih atributa, već i na osnovu veza.

#### 2.2 Klaster analiza

Cilj klaster analize je da se pronađu prirodne podvrste. To se radi segmentacijom podataka u grupe, gde su objekti u grupama slični jedni drugima i veoma su različiti od objekata u različitim grupama. Za razliku od klasifikacije, grupisanje nije pod nadzorom i može se primeniti za otkrivanje skrivenih uzoraka iz podataka.

#### 2.3 Predviđanje tipa veze

Jedan od najjednostavnijih zadataka je predviđanje tipa veza između dva entiteta. Na primer, možemo da pokušavamo predvideti da li su dvoje ljudi koji znaju jedni druge porodica, par, kolege ili poznanici.

Tip veze se može modelirati na različite načine. U nekim slučajevima, tip veza može jednostavno biti atribut linka. U ovom slučaju, možemo znati postojanje veze između dva entiteta i mi smo jednostavno zainteresovani za predviđanje njegov tipa.

#### 2.4 Predviđanje težine veze

Veze takođe mogu imati težine povezane sa njima. U kolekciji web strana, težina može da se tumači kao autoritarnost dolaznog linka, odnosno njegovog ranga stranice. U epidemiološkom domenu, jačina veze među ljudima može da bude pokazatelj trajanja epidemije.

#### 2.5 Kardinalnost veze

Postoje mnogi praktični zaključci koji uključuju predviđanje broj veza između objekata. Broj linkova je često zamena za neke značajnije stvari čija semantika zavisi od konkretnog domena primene.

#### 2.6 Povezanost zapisa

Još jedan važan koncept u *Link Mining-u* je identifikacija nesigurnosti. U mnogim praktičnim problemima, kao što su ekstrakcija informacije ili eliminacija duplikata objekti ne mogu imati jedinstvene identifikatore.

Cilj je da se odredi kada se dve slične stavke u stvari odnose na isti objekat. Ovaj problem je proučavan u statistici pod okriljem povezanost zapisa.

### 3. POVEZANOST OSOBA U FACEBOOK MREŽI

Do sada smo govorili uopšteno o *Link Mining* tehnici. Sada ćemo tu tehniku i njene zadatke da primenimo na facebook socijalnu mrežu. Naravno, da bismo tako nešto uradili moramo imati potpun pristup mreži i njenim serverima kako bismo mogli da koristimo sve potrebne

podatke. Zbog uslova korišćenja i privatnosti korisnika za takvo istraživanje neophodna bi bila saglasnost korisnika. Veza između dva korisnika se ostvaruje na više načina. A najčešća tri načina su razmena poruka, komentari i lajkovi.

Na facebook-u postoji i opcija takzvanog bockanja koja je, skrivanjem njenog direktno dostupnog dugmeta sa interfejsa korisnika, postala jako nepopularna u poslednje vreme, pa nju nećemo razmatrati, jer nema nekog značajnog efekta.

Treba napomenuti da se neki korisnici i upoznaju preko facebook socijalne mreže. To se najčešće ostvaruje preko zajedničkih prijatelja ili zajedničkih interesovanja.

Činjenicu kod korisnika čiji je status da su u vezi sa određenom osobom treba uključiti u algoritam, dok kod korisnika čijie je status samo da su u vezi ne treba razmatrati, jer to uglavnom bude lažno. Takođe mogle bi biti uzete starosne granice pri izboru korisnika, kao i udaljenost mesta gde se korisnici nalaze.

### 3.1 Poruke

Poruke su jedan od najznačajnijeg vida komunikacije za naše istraživanje. Pošto se koristi *Link Mining* metoda, u obzir se uzimaju samo veze, tako da se nećemo baviti sadržinom poruka, ali bi to svakako davalo dosta bolje rezultate.

Uzećemo jednog korisnika za koga želimo da predvidimo s kim će biti u emocionalnoj vezi. Svaku poruku koju korisnik razmeni sa bilo kojom osobom ćemo beležiti da je razmenjena i taj broj ćemo označiti sa Nm i dobićemo određenu težinu koju ćemo označiti sa Sm. Sama težina treba da se prilagodi ostalim težinama na ostalim vezama, ali poruke definitivno treba da imaju najveću težinu.

Pošto se može desiti da se korisnik dopisuje sa prijateljem ili kolegom sa posla ili fakulteta oko neke obaveze, ovo praćenje treba raditi bar nedelju dana, kako bi rezultati bili što pouzdaniji.

Pre početka emocionalne veze, broj poruka koje dve osobe razmene je dosta veliki, nakon toga taj broj značajno opada, tako da osobu bi trebalo pratiti i onda kada mislimo da je u vezi, kako bi algoritam bio tačniji i pouzdaniji.

### 3.2 Komentari

Drugi značajni vid veze odnosno komunikacije između dva korisnika su komentari.

Osobe kada osećaju nešto jedna prema drugoj imaju sklonost da stalno nešto komentarišu jedna drugoj, makar to bilo samo da drugi korisnik vidi da je prvi korisnik zainteresovan za svako njegovo delovanje na facebook mreži. Broj razmenjenih komentara ćemo obeležiti sa Nc.

Taj broj komentara treba svakako pratiti, kao i broj razmenjenih poruka, nekoliko dana i svakom komentaru

dodeliti težinu koja je manja nego težina poruka. Težinu komentara ćemo obeležiti sa Sc.

Kao što smo pomenuli kod razmene poruka i razmena komentara će značajno opasti čim osobe stupe u vezu, jer tad više nemaju potrebe za tim.

### 3.3 „Lajkovi“

Kao treći značajni vid veze između korisnika su takozvani „lajkovi“. Time korisnici označavaju da im se sviđa neka slika, radnja tj. aktivnost drugog korisnika. Tu je dovoljno da korisnik klikne mišem i lajk je tu. Medjutim, baš zbog njegove jednostavnosti korišćenja može se desiti da korisnik ima više drugih prijatelja na društvenoj mreži čije aktivnosti voli. Naravno dešava se da korisnici pošto pročitaju nešto, iako im to nije bilo previše bitno ili zabavno stave lajk, kao znak da su to videli ili kao znak podrške za drugog korisnika.

Lajkove treba jako pažljivo uzimati u razmatranje u našem slučaju. Postoji mogućnost da se osoba koja se korisniku dopada na nedeljnom nivou imati najviše lajkova, ali na primer ako ta osoba nije toliko aktivna na mreži može se desiti da neka druga osoba ima više.

Zbog svega toga, lajkove treba uzimati sa najmanjom težinom, koju ćemo obeležiti sa Sl, a sam broj lajkova obeležićemo sa Nl.

## 4. PROCESIRANJE SKUPLJENIH PODATAKA O OSOBI

### 4.1 Cena koštanja

Kada dobijemo sve pomenute parametre od poruka, komentara i lajkova, treba izračunati cenu koštanja. Cena koštanja se računa po sledećoj formuli:

$$C = Nl*Sl + Nc*Sc + Nm*Sm \quad (1)$$

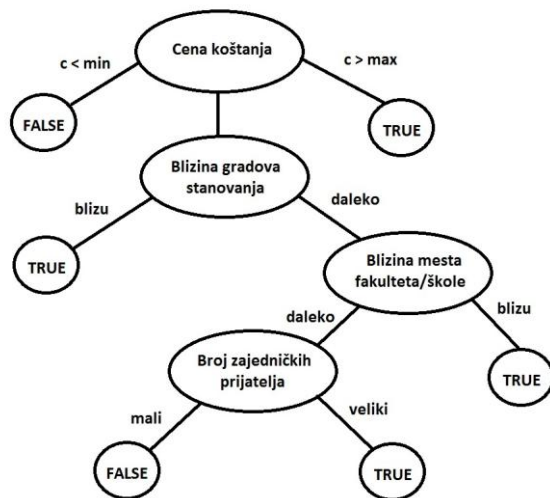
Najjednostavnije rešenje bi bilo da se treninog odredi neki prag, iznad koga ako se cena nadje, procena će biti da će par biti u vezi, a ako je ispod, neće. Medjutim, mi ćemo dati jedno malo bolje rešenje, koje će sem ove cene koštanja uzeti u obzir jos neke parametre.

### 4.2 Treniranje modela

Uspešnost algoritma dosta zavisi od težina koje će biti dodeljene vezama, to je najbolje treningom utvrditi na korisnicima koji su već u emocionalnoj vezi sa nekom drugom osobom na mreži i na osnovu njegovih veza uraditi analizu.

Medjutim, naš model se neće oslanjati samo na cenu koštanja. Uzećemo u obzir i mesta odakle su korisnici, mesta gde su njihove škole ili fakulteti i broj zajedničkih prijatelja, kako bi algoritam davao što tačnije rezultate.

Algoritam bi izgledao kao na slici:



Slika 1. Grafički prikaz modela

Na osnovu trening skupa podataka treba utvrditi neku minimalnu vrednost koja je na slici obeležena sa min, tako da ako je cena koštanja ispod te vrednosti, korisnici sigurno neće biti u vezi. Analogno tome treba naći i neku maksimalnu vrednost koja je na slici obeležena sa max, iznad koje ako se nadje cena, korisnici će sigurno biti u vezi. Međutim, ako se cena koštanja nadje između te dve vrednosti, treba pogledati parametar mesta stanovanja. Ako su gradovi mesta stanovanja blizu veća je verovatnoća da će korisnici zaista biti u vezi. Treniranjem modela, treba odrediti tačno razdaljinu za maksimalnu vrednost koja će se smatrati da su gradovi blizu. Ako algoritam proceni da su mesta stanovanja korisnika daleko, uzeće u obzir razdaljinu njihovih škola ili fakulteta, pošto se smatra da su korisnici osobe koje su uglavnom djaci ili studenti. Ukoliko algoritam i tu proceni da su korisnici daleko, uzeće u obzir broj zajedničkih prijatelja, jer to je isto znak da se korisnici možda poznaju.

Na slici nisu date tačne vrednosti, njih treba utvrditi treniranjem modela, nad nekim trening skupom podataka.

#### 4.3 Izbor korisnika

Još jedna bitna stvar za uspešnost algoritma je izbor korisnika. Ukoliko se izaberu korisnici koji su neaktivni na mreži, algoritam će davati lošije rezultate.

Poznato je da facebook mrežu najviše koriste tinejdžeri i ljudi do nekih 25-27 godina. Ti ljudi najverovatnije nisu u braku i na njima bi svakako bilo najbolje pustiti algoritam.

#### 4.3 Upoznavanje korisnika

Ukoliko se korisnici upoznaju preko facebook društvene mreže, veća je verovatnoća da će imati veću interakciju

preko mreže, što će davati znatno bolje rezultate u našem algoritmu.

Korisnici koji imaju zajednička interesovanja pridružuju se istim grupama i na taj način imaju veliku mogućnost upoznavanja drugih korisnika sa sličnim interesovanjima. Pored grupa postoje i razne stranice poznatih ličnosti, filmova, kafana i slično.

Preko zajedničkih prijatelja takodje su moguća upoznavanja. Facebook inače nudi korisnicima slanje zahteva korisnicima sa kojima postoji značajan broj zajedničkih prijatelja. Činjenica je da facebook to ne radi samo na osnovu toga, jer nam ponekad ponudi prijatelje sa kojima imamo jako malo zajedničkih prijatelja, na primer 2-3, a tu osobu zaista poznajemo. I facebook verovatno koristi razne *Data Mining* algoritme u svom poslovanju.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazano kako se *Link Mining* metodom može otkriti da li su dve osobe u emocionalnoj vezi. Kao što je već rečeno, *Link Mining* metoda u kombinaciji sa još Mining metoda mogla bi da proizvede mnogo produktivnije rezultate, međutim u ovom radu je reč samo o *Link Mining* metodi.

Predloženi algoritam je dat bez detalja implementacije, zbog nemogućnosti testiranja takvog algoritma na facebook mreži. Za njegovo testiranje trebalo bi dobiti dozvolu od Facebook kompanije, kao i od korisnika čiji se profili razmatraju, što nije nimalo jednostavno.

Autor je svoju procenu i zaključke donosio na osnovu ličnog iskustva i istraživanja na facebook društvenoj mreži, gde su mu podatke pružili mnogobrojni prijatelji i njihovi partneri. Međutim, ni u ovom slučaju ne postoji mogućnost za pristup facebook-ovoj bazi i testiranja algoritma.

Na osnovu uzoraka i generalnog istraživanja i poznavanja društvenih mreža, algoritam bi trebalo da daje prilično dobre rezultate.

## LITERATURA

- [1] Getoor L. „Link Mining: A New Data Mining Challenge“ College Park, Maryland, USA, 2003.
- [2] Xindong W. „Top 10 Algorithms in Data Mining“, (<http://home.etf.rs/~vm/os/dmsw/Top10DMAAlgorithm.ms.pdf>), University of Vermont, USA, 17.11.2014. @16h
- [3] Milutinović V. „Data Mining Versus Semantic Web“, (<http://home.etf.rs/~vm/os/dmsw/TutorialDMvsSW.ppt>), Beograd, Srbija, 17.11.2014. @17h
- [4] Kahanda I. and Jennifer N, „Using Transactional Information to Predict Link Strength in Online Social

Networks“, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2009.

- [5] Liben-Nowell D. and Kleinberg J. „The Link Prediction Problem for Social Networks“, Massachusetts Institute of Technology and Cornell University, USA, 2004.



## ZNAČAJ GEOPODATAKA I WEB SERVISA U SANACIJI POSLEDICA POPLAVA

Vuk Jevtić<sup>1</sup>, Daniel Milojević<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Republički geodetski zavod, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 39, e-mail: [vuk.jevtic@rgz.gov.rs](mailto:vuk.jevtic@rgz.gov.rs)*

<sup>2</sup> *Republički geodetski zavod, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 39, e-mail: [daniel.milojevic@rgz.gov.rs](mailto:daniel.milojevic@rgz.gov.rs)*

### Rezime

U radu se opisuje značaj geopodataka i web servisa u sanaciji posledica poplava. Za vreme elementarnih nepogoda koje su zadesile Republiku Srbiju, RGZ je uz pomoć satelitskih snimaka prvi procenio površinu poplavljenih područja. Snimci su obezbeđeni neposredno nakon poplava i obrađeni su od strane stručnjaka iz radionice za daljinsku detekciju. Uz pomoć IGIS-INSPIRE portala satelitski snimci su objavljeni i kasnije bili dostupni javnosti preko inicijalnog portala GeoSrbija. Preklapanjem snimaka poplavljenih područja sa ranijim snimcima lako je uočiti pogođene oblasti i stepen poplavljenosti.

Razvoj elektronskih servisa omogućava razvoj e-Uprave, a njihova uniformnost je omogućena primenom INSPIRE direktive. Cilj rada je bio da se osim servisa prikaže značaj geopodatka, harmonizacija setova podataka i njihovo deljenje između državnih (javnih) institucija.

*Ključne reči: servisi, INSPIRE, e-Uprava, portal, IGIS*

### Abstract

This presentation describes the importance of geodata and web services in rehabilitation floods. During natural disasters that have befallen the Republic of Serbia, the RGA first estimated area of flooded areas by using satellite images. Recordings are provided immediately after the flood and were analyzed by experts from the workshop for remote sensing. With the help of IGIS-INSPIRE portals satellite images were published and later made available to the public through an initial portal GeoSerbia. By overlaying the images of flooded areas with earlier recordings is easy to observe the affected areas and the extent of flooding.

The development of electronic services to the development of e-government, and their uniformity is enabled using the INSPIRE directive. The aim of the study was to show the importance of the service except geodata, harmonization of data sets and sharing between state (public) institutions.

*Key words: services, INSPIRE, e-government, portal, IGIS*

### 1. Uvod

U mnogim zemljama implementacija infrastrukture geoprostornih podataka pokazala je značajan pozitivan uticaj u oblastima kao što su zaštita životne sredine, "dobra državna uprava" i ekonomski razvoj. Aktivnosti na uspostavljanju Nacionalne infrastrukture geoprostornih podataka imaju ogroman doprinos za evropske integracije, a istovremeno su i od posebnog značaja za Republiku Srbiju. Implementacija Nacionalne infrastrukture geoprostornih podataka (u daljem tekstu: NIGP) u Srbiji se zasniva na principima definisanim INSPIRE direktivom. Republički geodetski zavod (u daljem tekstu: RGZ) posvećen je otvorenoj i konstruktivnoj saradnji sa svim zainteresovanim stranama. Zalaže se za stvaranje partnerskog odnosa sa kolegama iz javnog i privatnog sektora u cilju izgradnje zajedničke infrastrukture i obezbeđivanja jednostavnog toka podataka.

Najvažniji cilj je podizanje nivoa svesti javnosti o važnosti prostornih podataka. Jedan od načina je razvijanje, publikovanje i korišćenje veb servisa koji doprinose razvoju e-Uprave. RGZ omogućava korisnicima korišćenje velikog broja veb aplikacija: Nacionalni geoportal - GeoSrbija, Katastar nepokretnosti - KnWeb, Aktivna geodetska osnova - AGROS, Centralna evidencija hipoteka - CEH, Podnošenje zahteva, Geodetske mreže, Registar licenci Geodetskih Organizacija, Kartografske publikacije, Evidencija cena i procena. Svi ovi servisi se nalaze kako na sajtu RGZa tako i na sajtu e-Uprave i omogućavaju da u bilo kom trenutku možete proveriti podatke o odgovarajućoj nepokretnosti, pregledati skupove prostornih podataka, međusobno ih preklapati, on-line podnošenja elektronskog zahteva, čime se postiže velika ušteda u vremenu. Neki od ovih servisa biće detaljno objašnjeni kako bi budući korisnici mogli da uoče benefite njihovog korišćenja.

RGZ je osim trenutno dostupnih servisa, u okviru IGIS projekta, razvijao i nove koji će tek biti dostupni. Glavni cilj IGIS projekta je implementacija integrisanih tehnologija u RGZu koje će omogućiti procesiranje, proizvodnju i čuvanje geopodataka na nacionalnom nivou. U okviru projekta osim RGZa učestvuju i konzorcijum *IGN France International* i *EADS Astrium* (sada pod imenom *Airbus Defence & Space*). Projekat je obuhvatao razvijanje i organizovanje infrastrukture koja zaokružuje čitav proces od prikupljanja i obrade podataka pa do njihovog objavljivanja na geoportale.

Vlada Republike Srbije je prepoznala rad RGZa, kao vodeće institucije u kartografskim poslovima i imenovala RGZ kao vodeću instituciju u

postupku sanacije od posledice poplava. Snimci su obezbeđeni neposredno nakon poplava i obrađeni su od strane stručnjaka iz radionice za daljinsku detekciju. Na osnovu satelitskih snimaka, njihove dalje obrade obrade izrađene su pregledne karte poplavljenih područja. Proizvodi su prosleđeni Vladi Republike Srbije, Svetskoj Banci, Ujedinjenim Nacijama i Evropskoj Uniji. Uz pomoć IGIS-INSPIRE portala satelitski snimci su objavljeni i kasnije bili dostupni javnosti preko inicijalnog portala GeoSrbija.



Slika 1: Partneri u IGIS projektu.

## 2. INSPIRE direktiva kao osnova za implementaciju NIGPa

Savremeno društvo za optimalno upravljanje resursima, efikasno odlučivanje i neprekidan razvoj, sve više zahteva kvalitetne informacije o prostoru. Prostorni podaci i servisi potrebni su za korišćenje u oblastima kao što su: tržište nepokretnosti, upravljanje zemljištem i vodama, transport, razvoj pozicionih i navigacionih servisa, odbrana i bezbednost, pa čak i turizam i rekreativne aktivnosti na otvorenom.

Međutim, opšte stanje prostornih informacija u Evropi, pa tako i u Srbiji, karakteriše podeljenost skupova podataka i izvora podataka. Skupovi podataka nisu harmonizovani, često više institucija prikuplja iste podatke, a jedan od najvećih problema je taj što podaci nisu dovoljno dostupni. Sve to otežava korišćenje već raspoloživih podataka. U procesima optimalnog upravljanja resursima, razmene podataka, donošenja odluka i planiranja održivog razvoja, geoinformacije predstavljaju ključni element. Najvažniji faktor koji doprinosi da geoinformacije postanu obavezni element savremenog društva, u najvećoj meri je stalni razvoj tehnologije. Kako bismo u Srbiji u potpunosti iskoristili puni tehnološki potencijal, potrebno je da javna uprava omogući veći pristup prostornim informacijama i to kroz infrastrukturu prostornih podataka.

Uspostavljanje NIGPa, zasniva se na principima definisanim direktivom INSPIRE – Infrastruktura za prostorne informacije u Evropi. Uspostavljanje institucionalnog okvira predstavlja najvažniji korak za osnivanje NIGP-a. U Srbiji Zakon o državnom premeru i katastru, prihvatajući principe INSPIRE direktive, daje osnovne odredbe za osnivanje, održavanje i korišćenje NIGPa. Na sastancima radnih grupa, formiran je radni tim sa zadatkom da pripremi

tekst nacrtu zakona o NIGP-u radi pune transpozicije INSPIRE direktive u srpsko zakonodavstvo.

U uspostavljanju NIGPa, kao snabdevač fundamentalnim prostornim podacima, centralnu ulogu u Republici Srbiji ima RGZ. Savet NIGPa rukovodi kreiranjem institucionalnog i tehničkog okvira za uspostavljanje zajedničke geoinformacione infrastrukture na nacionalnom nivou. Savetom NIGP-a predsedava predstavnik RGZa.

### 2.1. Organizaciona struktura NIGPa

Da bi rukovođenje bilo efikasno sprovedeno, Savet NIGP-a doneo je odluku o osnivanju radnih grupa i njihovim nadležnostima. Uloga radnih grupa je da realizuje tematska pitanja za pojedine oblasti kao što su tehnička infrastruktura, standardi, metapodaci i prostorni podaci, saradnja između učesnika, pravni okvir, model finansiranja, istraživanje, obrazovanje i sl. Zadatak Saveta NIGP-a je da osigura jedinstven razvoj različitih strateških komponenti.



Slika 2: Organizaciona struktura NIGPa.

Kako bi se postigao određeni stepen interoperabilnosti koji je neophodan za spajanje različitih nacionalnih ili regionalnih infrastruktura prostornih podataka, INSPIRE propisuje veliki broj tehničkih specifikacija koje regulišu tehnologiju i standarde koje pružaoci podataka treba da koriste. Na taj način, zahvaljujući INSPIRE direktivi, svi mogu da komuniciraju koristeći istu terminologiju i modele koje svi drugi razumeju.

## 3. Web servisi RGZa i doprinos u sanaciji posledica poplava

Veb servisi koji su razvijeni od strane RGZa imaju formirane metapodatke i u skladu su sa INSPIRE direktivom.



Slika 3: Infrastruktura geoportala.

RGZ omogućava korisnicima korišćenje velikog broja veb aplikacija: Nacionalni geoportal - GeoSrbija, Katastar nepokretnosti - KnWeb, Aktivna geodetska osnova - AGROS, Centralna evidencija hipoteka - CEH, Podnošenje zahteva, Geodetske mreže, Registar licenci Geodetskih Organizacija, Kartografske publikacije, Evidencija cena i procena.

### 3.1. Nacionalni geoportal - GeoSrbija

Inicijalna verzija geoportala "geoSrbija" puštena je u rad još u novembru 2009. godine. Možete joj pristupiti preko adrese [www.geosrbija.rs](http://www.geosrbija.rs).

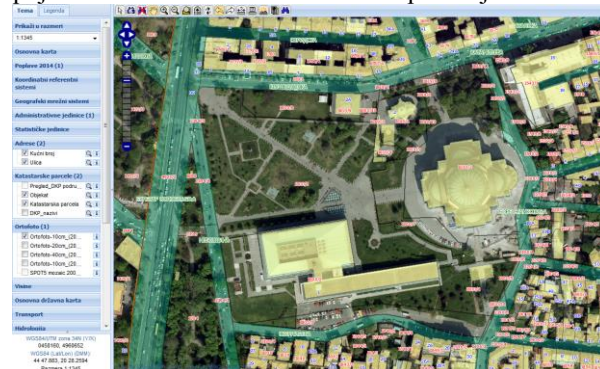


Slika 4: Prikaz početne strane "geoSrbija"

GeoSrbija pruža pristup servisima za pretraživanje i pregled metapodataka, setova i servisa prostornih podataka iz nadležnosti RGZa i partnerskih institucija i tako obezbeđuje javni pristup informacijama o prostoru.

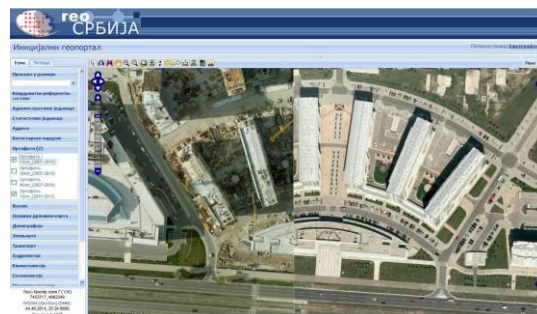
Trenutno su na portalu dostupni podaci iz nadležnosti RGZa, Republičkog zavoda za statistiku,

Republičkog seizmološkog zavoda Republičkog hidrometeorološkog zavoda, Agencije za zaštitu životne sredine, Ministarstva odbrane – Vojnogeografskog instituta, JP Putevi Srbije, Zavoda za zaštitu prirode Srbije i pojedinih jedinica lokalne samouprave. Na geoportalu su dostupni prostorni podaci iz službenih evidencija i registara iz nadležnosti Republičkog geodetskog zavoda kao što su koordinatni referentni sistem, administrativne jedinice, statističke jedinice, adrese, katastarske parcele, ortofoto, visine i pojedine tematske karte za određena područja.



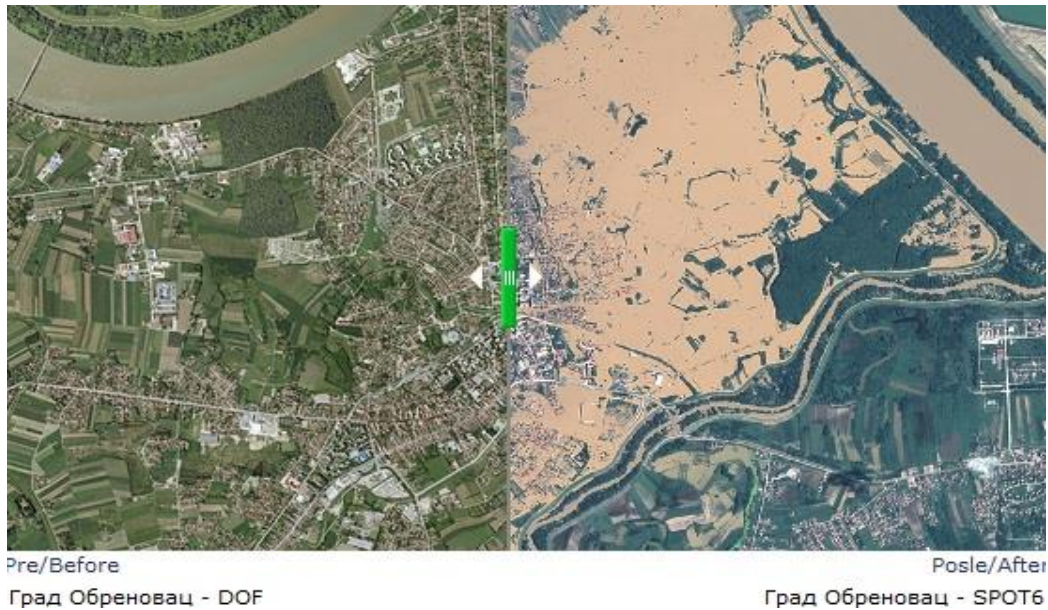
Slika 5: Prikaz preklapljenih slojeva na geoportalu

U saradnji sa drugim državnim institucijama omogućen je javni pristup geoinformacijama i to: demografija, zemljišni prekrivač, pedologija, hidrologija, klimatologija, seizmologija, topografija, mreža državnih puteva, zaštićena prirodna dobra, kao i pojedini prostorni i urbanistički planovi.



Slika 6: Upoređivanje ortofotoa

Bitno je istaći da su obezbeđeni podaci satelitskih sistema na osnovu kojih se mogu dobiti informacije o obimu poplava koje su zadesile Republiku Srbiju i koji se koriste za potrebe planiranja aktivnosti na saniranju štete. Svi ovi podaci se mogu preklapati sa drugim slojevima, upoređivati i javno su dostupni.



Slika 7: Prikaz poplavljenog područja

#### 4. Servisi koji se razvijaju od strane RGZa u okviru IGIS projekta

U okviru IGIS projekta radi lakšeg pristupa podacima i proizvodima, razvijaju se veb portali za pretraživanje, pregled i distribuciju geopodataka preko Interneta. IGIS projekat treba da obezbedi dve glavne komponente: podatke i servise. Podaci koji se prikupljaju u okviru projekta se obrađuju u različitim radionicama tako da se na kraju dobijaju:

- Satelitski i podaci nastali aerosnimanjem,
- Podaci prikupljeni daljinskom detekcijom i LIDARom,
- Izrada 3D vektorske baze podataka kao i analognih i digitalnih karata.

Servisi omogućuju pristup tim podacima i oni su omogućeni putem veb portala. Osnovne komponente IGIS sistema za veb portale su:

- DMC-CDR – rešenje za smeštaj i upravljanje podacima i proizvodima iz projekta
- FACEO/METIS veb portal – demonstracija i vizualizacija dostupnih geopodataka
- INSPIRE veb portal – pretraživanje i uvid u geopodatake za javne institucije uključene kao partneri u projekat kroz intranet pristup
- DataDoors/WebBoutique veb portal – distribucija izabраних geopodataka za organizacije i građane preko Interneta

##### 4.1 DMC-CDR sistem

Smeštaj, razmena i distribucija podataka i proizvoda sa pratećim metapodacima se obavlja preko CDR-DMC (Central Data Repository – Data

Management Capabilities). Uloga CDR-DMC sistema je da u projektu omogući razmenu podataka između radionica koje realizuju specifične tematske zadatke, kao i pripremu podataka za publikovanje na web portale. Pored podataka nastalih u projektu, moguće je uključiti i druge geopodatke iz nadležnosti RGZa i drugih institucija koje učestvuju u uspostavljanju NIGPa.

Prostorne informacije kao što su satelitski i avio snimci, digitalni model visina, topografske i tematske karte i svi drugi geopodaci proizvedeni u projektu opisani su metapodacima. Preduslov za uvoz geopodataka na CDR i publikovanje na veb portale je kreiranje pratećih metapodataka, što je važan korak ka implementaciji tehničkog okvira INSPIRE direktive.



Slika 8: Infrastruktura sistema

##### 4.2 INSPIRE veb portal

Portal je namenjen za korisnike iz RGZa i druge javne institucije koje saraduju kao partneri u realizaciji i korišćenju podataka iz projekta. Korisnicima je omogućena pretraga i uvid u

publikovane geopodatke, kao i mogućnost izražavanja zainteresovanosti za preuzimanje geopodataka.

Geopodaci se prikazuju na portalu preko WMS servisa. Pristup portalu je predviđen preko Interneta uz proceduru za proveru identiteta korisnika.



Slika 9: INSPIRE veb portal

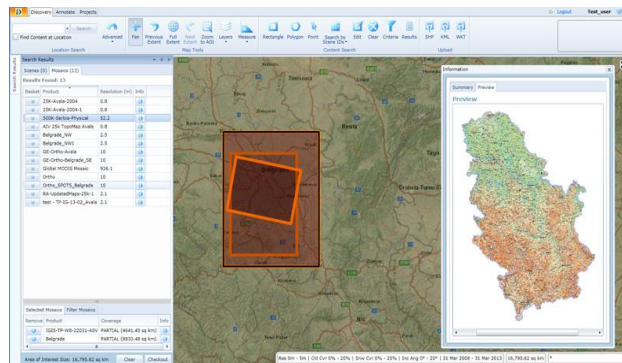
#### 4.3 DataDoors/WebBoutique veb portal

DataDoors sistem omogućava pripremu i publikovanje na veb portal širokog spektra prostornih podataka radi obezbeđenja naručivanja i distribucije podataka putem Interneta.

DataDoors pruža podršku za sledeće servise:

- Uvoz i organizacija geopodataka
- Upravljanje pravima pristupa određenim podacima
- Pronalaženje i vizuelizacija podataka preko web klijenta
- Naručivanje izabranog proizvoda, obrada pre isporuke (izbor formata, koordinatnog sistema i projekcije, način isporuke i slično)
- Elektronsko plaćanje naručenih proizvoda (upravljanje sa cenama proizvoda, strategija naplate, plaćanje elektronskim karticama)
- Isporuca podataka sa izveštavanjem preko elektronske pošte i preuzimanje podataka sa pratećom dokumentacijom preko FTP protokola.

DataDoors rešenje je integrisano sa tehničkom platformom za portal e-Uprave, preko koga se podržava elektronsko plaćanje naručenih podataka. Omogućeno je upravljanje različitim korisničkim pravima i ulogama u okviru sistema, kao i organizovanje strukture korisnika iz drugih institucija koje su zainteresovane da koriste portal za distribuciju sopstvenih prostornih podataka. Na taj način druge institucije mogu da administriraju podacima iz svoje nadležnosti i distribuiraju sopstvene proizvode preko integrisanog veb rešenja. Prilikom isporuke naručenih geopodataka dostavljaju se prateći podaci kao što su metapodaci, licence, korisnička uputstava i drugi dokumenti koji pomažu korisniku da se upozna sa načinom i uslovima za upotrebu podataka.



Slika 10: DataDoors korisnički interfejs

#### 4.4 Kombinacija IGIS sistema sa postojećom infrastrukturom

Za vreme elementarnih nepogoda koje su zadesile Republiku Srbiju, RGZ je uz pomoć satelitskih snimaka prvi procenio površinu poplavljenih područja. Snimci su obezbeđeni neposredno nakon poplava i obrađeni su od strane stručnjaka iz radionice za daljinsku detekciju. Uz pomoć IGIS-INSPIRE portala satelitski snimci su objavljeni i kasnije bili dostupni javnosti preko inicijalnog portala GeoSrbija. Preklapanjem snimaka poplavljenih područja sa ranijim snimcima lako je uočiti pogođene oblasti i stepen poplavljenosti.



Slika 11: Prikaz poplavljenog područja



Коцељева

Slika 12: Prikaz poplavljenog područja

## 5. ZAKLJUČAK

Korišćenje trenutno dostupnih web servisa obezbeđuje nove mogućnosti za pronalaženje, uvid i distribuciju podataka o prostoru. Razvoj novih servisa u okviru IGIS projekta, omogućiće lakši pristip i razmenu podataka između organizacija iz javnog sektora.

Republički geodetski zavod je neposredno nakon elementarnih nepogoda među prvima reagovao u proceni štete i neutralisanju posledica poplava. Bez razvijenog NIGPa ne bi ni bio moguć razvoj kako geoportala tako i ostalih veb servisa. Ključni faktor za uspešnu implementaciju NIGPa je omogućavanje korisnicima da pristupaju prostornim podacima kroz uspešnu saradnju. Naravno da NIGP ne može biti kreiran i održavan od strane jedne organizacije pa je zato ključna uloga RGZa u vođstvu, razvoju i promociji zajedničke infrastrukture kroz iskren zajednički pristup između svih zainteresovanih strana. Posebno se dobra saradnja pokazala za vreme poplava kada je RGZ sa ostalim državnim institucijama reagovao i pomogao u sanaciji i proceni štete.

### LITERATURA:

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

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

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

[4.] *Strategija NIGP za period 2013 – 2015 - Nacrt. Nacionalna infrastruktura geoprostornih podataka. Republički geodetski zavod, maj 2013.*

[5.] *Strategija za uspostavljanje infrastrukture prostornih podataka u Srbiji 2010 – 2012. Službeni glasnik RS br. 81/10. Beograd 2010.*

[6.] *INSPIRE Nacionalna infrastruktura prostornih podataka u Srbiji National report Serbia 6th study on cadastre and nsdi 2013*

[7.] *Serbia RNA report, Government of Serbia Belgrade 2014*

# Značaj, elementi i sprovođenje analize društvenih mreža

## The importance, elements and implementation of the social network analysis

Marko Gašić<sup>1</sup>, Vladan Ivanović<sup>2</sup>, Goran Perić<sup>3</sup>  
*Visoka poslovna škola strukovnih studija, Blace<sup>1,3</sup>*  
*MUP RS, Uprava za vanredne situacije u Nišu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U radu je prikazan značaj, elementi i sprovođenje analize društvenih mreža (SNA), koja predstavlja važan alat organizacionih konsultanata u razumevanju vezu između obrazaca interakcije i organizacionih rezultata, kao što su poslovne performanse, zadovoljstvo poslom, usvajanje novih ideja ili tehnologija, kao i stvaranje novih ideja. Ishod (rezultat) neke SNA nam omogućava da vidimo gde se prekida saradnja, zašto se talenat i stručnost ne koriste u dovoljnoj meri, kako se donose odluke, i na kojim mestima se mogućnosti za difuziju i inovacije gube. Podaci pružaju rukovodiocima neophodnu sliku koja im je potrebna kako bi kreirali skup korektivnih akcija a sve u cilju poboljšanja produktivnosti, efikasnosti i inovativnosti. Ove akcije uključuju i modifikovanje uloga i odgovornosti kako bi podstakli efikasnije obrasce komunikacije, metode za poboljšanje poverenja, bolje korišćenje, kao i ponovno usklađivanje nagrada.

**Ključne reči:** analiza društvenih mreža SNA, poslovni problemi, SNA u poslovnom okruženju.

**Abstract** - The paper describes the importance of the elements and implementation 's social network analysis (SNA), which is an important tool that helps organizational consultants to understand the relationship between patterns of interaction and organizational outcomes, such as business performance, job satisfaction, adoption of new ideas and technologies, as and the creation of new ideas. The outcome (result) of an SNA enables us to see where the interruption of cooperation, why the talent and expertise are not used sufficiently, how decisions are made, and which places the opportunities for innovation diffusion and wrinkles. The data provide managers the necessary image that they need to create a set of corrective actions in order to improve productivity, efficiency and innovation. These actions include modifying roles and responsibilities in order to encourage more efficient forms of communication, methods for improving confidence, better use, as well as the re-alignment of reward.

**Key words:** social networks analysis SNA, business problems, SNA in the business environment.

### 1. UVOD

Društvena mreža (takođe i socijalna mreža) je društvena struktura sastavljena od pojedinaca (ili organizacija) koji se nazivaju i „čvorovi“, a koji su povezani jednim ili više specifičnih tipova međuzavisnosti, kao što su vrednosti, vizije, ideje, finansijski interesi, prijateljstvo, srodstvo, finansijska razmena, odnosi nepoverenja, znanja ili prestiža. Rezultujuća struktura može biti veoma kompleksna.

Analiza društvenih mreža je postala zvaničan metod istraživanja u društvenim naukama tokom kasnih 1970-ih i ranih 80-ih, posebno zbog osnivanja Međunarodnog udruženja za analizu društvenih mreža (INSNA) 1978. godine od strane Barry Wellman-a i uz pomoć njegovih časopisa “Connections” i “Social Networks“, koji su posvećeni analizi društvenih mreža, kao i organizovanjem na godišnjem nivou “Sunbelt International Conference on Social Network Analysis”. Iako je pre svega metod istraživanja društvenih nauka, SNA je uvek bila otvorena i pod uticajem drugih disciplina i obrnuto. Imajući to u vidu može se reći da ona ima korene u tri glavne tradicije istraživanja:

Prvo, postoje dva pristupa iz socijalne psihologije-Kurt Lewin-ova teorija polja (1936) i Jacob Moreno-va socionometrija (1934).

Druga glavna linija analize društvenih mreža koja se i danas koristi je istraživanje obrazaca međuljudskih konfiguracija i formiranje tzv. klika, razvijenih od strane Harvard univerziteta tokom 1930-ih i 1940-ih. Glavni uticaj je imao Radcliffe-Brown i njegov istraživački tim (i, preko njih, Durkheim). Oni su istraživali neformalne odnose u velikim sistemima (organizacija ili gradova, na primer) i fenomen formiranja podgrupa.

Treća linija pristupa društvenih mreža, takođe inspirisana istraživanjima Radcliffe-Brown-a je rad istraživača u departmanu za socijalnu antropologiju Univerziteta u Mančesteru, posebno John Barnes i Clyde Mitchell-a. Početkom 1960-ih oni su istraživali karakter i kvalitet individualnih odnosa u društvenim sistemima, njihovu uzajamnost, trajanje, intenzitet, naglašavajući sukobe i promene umesto integracija i kohezije. Mark Granovetter je 1973. godine izdao članak pod nazivom “The Strength of Weak Ties” koji je popularizovao gledište analize socijalne mreže i stimulisao mnoge druge studije. U okviru analize društvenih mreža značajna pažnja se posveđuje intrapersonalnoj i interpersonalnoj komunikaciji.

### 2. DEFINISANJE I ZNAČAJ SNA

Informaciona revolucija je stvorila novu ekonomiju strukturiranu oko tokova podataka, informacija i znanja. Paralelno sa tim, društvene mreže su ojačale kao forma organizovanja ljudske aktivnosti i predstavljaju čvorove pojedinaca, grupa ili organizacija koji su povezani jednom ili više vrsta međuzavisnosti: ovo uključuje zajedničke vrednosti, viziju, ideje; socijalne kontekste, srodstvo, konflikte, finansijsku razmenu, trgovinu, zajedničko članstvo u organizacijama, i grupno učešće u događajima, među brojnim drugim aspektima ljudskih odnosa. Zaista, ponekad izgleda kao da su umrežene organizacije bez

konkurencije – svakako, one će preći vertikalne, krute, birokratske forme. Razumevanjem kada, zašto i kako oni funkcionišu je najbitnije (Serrat, 2009). Prema Cross i Parker-u (2004) društvene mreže utiču na organizacione rezultate podsticanjem saradnje, promovisanjem razmene znanja, i obezbeđivanjem pristupa novim, inovativnim idejama. Pored toga, promena prirode posla je povećala značaj ove perspektive.

Polje društvenih mreža je interdisciplinarni istraživački program koji ima za cilj da predvidi strukturu odnosa između društvenih subjekata, kao i uticaj pomenute strukture na društvene pojave. Suštinski elementi ovog programa su izgrađeni oko zajedničkog jezgra koncepta i metoda za merenje, predstavljanje, i analizu društvenih struktura. Ove tehnike (koje se nazivaju analiza društvenih struktura) se mogu primeniti na širok spektar društvenih domena, u rasponu od analize koncepta unutar mentalnih modela do proučavanja rata između nacija (Butts, 2008).

Da bi se definisala SNA treba se fokusirati na strukturu odnosa, koja može biti u rasponu od slučajnog poznanstva do bratstva. SNA pretpostavlja da su odnosi veoma važni. Ona pomoću mapa i mera formalnih i neformalnih odnosa pokušava da utvrdi šta olakšava ili otežava tokove znanja interaktivnih jedinica, odnosno, ko koga zna, ko sa kim deli informacije, znanje i dr. Ove odnose nije lako primetiti a SNA je nešto slično organizacionom rendgenu. SNA obezbeđuje rendgen neformalnih organizacionih obrazaca komunikacije, osvetljavajući način na koji organizacioni članovi zapravo rade i komuniciraju jedni sa drugima. To je i metod sa povećanom primenom u društvenim naukama a primenjuje se i u raznim oblastima psihologije, medicine, kao i u elektronskoj komunikaciji (Serrat, 2009).

U novije vreme, poraslo je interesovanje za analizu liderskih mreža kako bi se održali i ojačali odnosi unutar i preko grupa, organizacija, i povezanih sistema. Jedna od definicija SNA glasi da je to – “set alata za mapiranje važnih odnosa znanja između ljudi ili odeljenja – što je posebno korisno u poboljšanju saradnje i kreiranju znanja u organizacionom okruženju” (Cross, Parker & Borgatti, 2000, pp.2). Takođe, SNA je alat za identifikovanje, analiziranje i procenu mreže neformalnih društvenih odnosa koji postoje unutar organizacije. Neki praktičari razlikuju Organizational Network Analysis (ONA) od SNA. ONA je prilagođena forma SNA koja se posebno koristi u poslovnom okruženju i ističe da pojedinci nisu istinski pojedinci, već su deo većeg kolektiva, koji su pod uticajem drugih i utiču na druge (Shaheen, 2013). U menadžmentu, porast interesovanja za istraživanjem društvenih mreža je potpomognut od strane tri važna događaja u poslovnom svetu. Prvo, to je otkriće važnosti neformalne strukture u okviru organizacije, koja koegzistira sa formalnom strukturom. Čak i u birokratskim organizacijama, pojedinci su uvek u interakciji jedni sa drugima na bezbroj načina koji nisu utvrđeni organizacionom šemom. Drugo, pomak krajem 20-og veka ka organizacionom modelu koji je ravniji, fleksibilniji, timski orijentisan i više se oslanja na

intelektualni potencijal. Ovim prelaskom na organski model, struktuiran poput mreža, javlja se potreba da se razume kako ove strukture funkcionišu i kako da se upravlja njima. Treće, kontinuiran rast bliske saradnje izvan organizacionih granica - outsourcing, zajednička ulaganja, alijanse, multiorganizacijski projektni rad itd (Cross, Parker & Borgatti, 2000). Za psihologe, analiza društvenih mreža obezbeđuje moćan skup alata za opisivanje i modelovanje relacionog konteksta u kome se ponašanje odvija, kao i relacione dimenzije tog ponašanja (Butts, 2008).

U tom kontekstu, analize mreža pokazuju značajnu pomoć organizacijama u obradi velikog broja klasičnih operacija, uključujući (Cross, Parker & Borgatti, 2000):

- Izbor lidera – ko zauzima centralno mesto u mreži.
- Selekcija radne grupe – kako sastaviti tim koji je maksimalno povezan u celoj organizaciji.
- Spajanje i akvizicije – to nije spajanje samo dve kulture, već i dve odvojene mreže.

Pitanje koje se često postavlja je zašto je uopšte važna SNA. Pre svega, ova analiza omogućava uočavanje veza koje pre nisu mogle biti uočene, pruža vizuelizaciju, daje uvid u strukturu, omogućava merenje, ispitivanje povezanosti i optimizaciju. Može se takođe posmatrati kako struktura utiče na procese u njoj i, što je bitno za društvene mreže, mogu se upoređivati različiti parametri zavisno od povezanosti čvorova. Društvene mreže, čak i one napravljene primarno za zabavu, obuhvataju širi spektar aktivnosti kao što je marketing, promovisanje, širenje poslova i slično. Za takve aktivnosti izuzetno je važna analiza zbog izraženog ekonomskog faktora. Pored vizuelne analize društvenih mreža, ova tehnika takođe obezbeđuje algoritme za kvantitativno proučavanje mreže (Helms & Buijsrogge, 2006).

SNA se odnosi i na širok spektar poslovnih problema, uključujući (Ehrlich & Carboni, 2005):

*Menadžment znanja i saradnje.* Analiza može pomoći u lociranju stručnosti (ekspertize), razvoju unakrsnog deljenja znanja, i poboljšanju strateškog odlučivanja preko liderskih timova.

*Osnivanje timova.* Glavna prednost analize društvenih mreža je mogućnost kreiranja inovativnih timova. Takođe, SNA može otkriti koji pojedinci su najverovatnije kreatori novih ideja.

*Ljudski resursi.* SNA identifikuje i prati efekte različitosti (diverzifikovanosti) radne snage, retencije (zadržavanja), i razvoj liderstva. Osim toga, može se koristiti za profesionalni razvoj, prilikom zapošljavanja i analizu unutrašnjeg umrežavanja (Bonchi et al. 2011).

*Prodaja i marketing.* SNA može pomoći u praćenju usvajanja novih proizvoda, tehnologija i ideja. Rezultat sprovedene analize mogu biti i potpuno nove komunikacione strategije.



*Strategija.* SNA može podržati analizu industrijskog ekosistema, partnerstava i savezništva (alijanse). One mogu tačno da odrede koje firme su povezane sa kritičnim industrijskim igračima a koje nisu.

### 3. ELEMENTI SNA

SNA u poslovnom okruženju ima tri bitna elementa. To su grupa, odnosi i atributi (Ehrlich & Carboni, 2005).

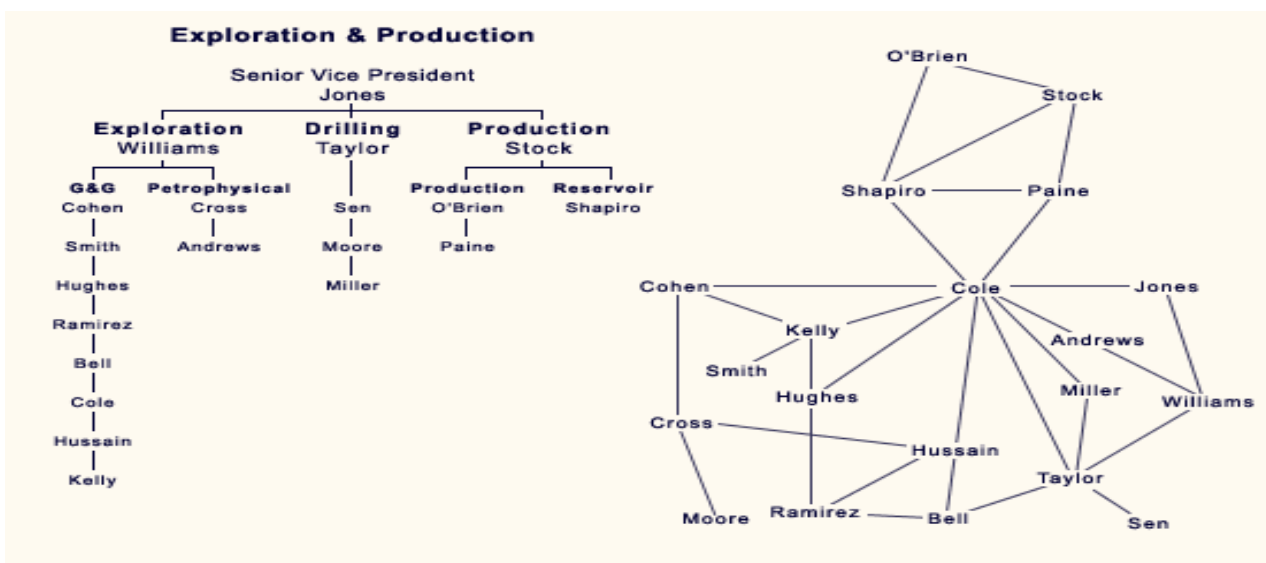
*Grupa.* Prvi element u sprovođenju SNA je determinisanje grupe. Grupa može da se sastoji od ljudi koji su posvećeni određenom zadatku, kao što je tim za razvoj softvera ili to može biti skup ljudi, kao što je zajednica, menadžment različitih poslovnih jedinica, ili članovi privremene radne grupe. Grupa je tipično veličine od 25 do 200 članova. Pojedinačne jedinice u grupi se obično nazivaju akteri ili čvorovi.

*Interakcije (odnosi).* SNA analizira odnose između aktera. Priroda odnosa (veze) za koju smo zainteresovani će varirati u skladu sa razlogom za izvođenje istraživanja. Obrazac interakcija u grupi se zove socijalna (društvena) mreža.

*Atributi.* Atributi podataka mogu pomoći da se determinišu da li postoje sistemski faktori koji utiču na interakcije između ljudi. Na primer, često možemo videti da ljudi u poslovnoj jedinici ne dele rutinske informacije sa ljudima u drugoj jedinici. Faktori koji mogu da utiču na ove interakcije su u rasponu od podsticajnih programa koji motivišu ljude da provode više vremena sa ljudima u svojoj poslovnoj jedinici do kulturnih razlika, kao što je jezik koji otežava ljudima da lako komuniciraju jedni sa drugima. U različitim studijama o različitosti ljudi, na primer, atributi koji mogu da utiču na interakcije uključuju etničku pripadnost ili pol. U slučaju menadžment konsaltinga, relevantni atributi mogu

uključivati gde neko radi (npr., zemlja, geografski region), koje poslovne jedinice su uključene (npr., prodaja, marketing, razvoj), i koliko dugo su zaposleni u kompaniji. Oni takođe mogu uključiti mere ličnosti, kao što su Myers-Briggs tipologija ličnosti. Samo atributi za koje se veruje da utiču na interakcije su uključeni u SNA. SNA pomaže menadžerima da vizuelizuju i razumeju bezbroj odnosa koji mogu da olakšaju ili onemoguće stvaranje i transfer znanja. Kako teče protok informacija unutar organizacije? Kome se ljudi obraćaju za savet? Da li podgrupe dele efikasno informacije kao što bi trebalo? To su često pitanja na koja se može odgovoriti kroz SNA – mapu pojedinaca i socijalnih veza koje ih povezuju. Ključna karakteristika ovih dijagrama leži u obrascu odnosa koji pokazuje i relativnu poziciju pojedinaca (ili grupa) jednih prema drugima (Cross, Parker & Borgatti, 2000).

Na primer, IBM institut organizacija zasnovanih na znanju je sproveo SNA u diviziji istraživanja i proizvodnje jedne velike naftne kompanije. Ova grupa je bila u jeku implementiranja tehnologije koja bi pomogla transfer znanja kroz inicijative za bušenje. Menadžment kompanije je takođe bio zainteresovan za ocenu njihove sposobnosti kreiranja i deljenja znanja. Kao što se može videti na slici, ova analiza je otkrila upečatljiv kontrast između formalne i neformalne strukture. Konkretno, neformalne društveni odnosi su identifikovani kao kritične poluge organizacionog uspeha. Za razliku od formalnih struktura izveštavanja ili propisanih radnih odnosa, neformalni društveni odnosi su ad hoc odnosi koji su samogenerišući i samoupravljeni od strane organizacionih članova. Mreže ovih neformalnih odnosa u okviru organizacije često postoje izvan granica organizacionih grafikona, radnih procesa, i standardnih operativnih procedura i od ključnog su značaja za efikasnost poslovanja (Cross, Parker & Borgatti, 2000).



**Slika 1.** Formalna vs. neformalna organizaciona struktura

Izvor: Cross, R Parker, A Prusak, L & Borgatti, S.P 2001, Knowing What We Know: Supporting Knowledge Creation and Sharing in Social Networks, Organizational Dynamics 30 (2): pp. 3-4

Prvo, SNA je identifikovala, za razliku od formalne analize da su menadžeri srednjeg nivoa kritični za uspeh kompanije. Posebno saznanje je predstavljala činjenica da centralno mesto u mreži pripada Cole-u. Ne samo da je Cole povezan sa mnogim ljudima, zbog čega mu i pripada centralno mesto, već je on takođe bio jedina veza između klastera ljudi na vrhu koji reprezentuju proizvodnju i ostatka grupe koji su bili uključeni u druge različite ali kritične aktivnosti. Tokom vremena, Cole-ova stručnost i odgovornost je rezultirala da on postane kritičan izvor svih vrsta informacija. Bez svoje krivice, broj primljenih informacionih zahteva i broj projekata u kojima je bio uključen je preterano rastao, koji ne samo da su izazivali stres već često usporavali grupu u celini jer je Cole postao usko grlo.

Drugo, SNA pomaže da se identifikuju periferni ljudi koji u suštini predstavljaju neiskorišćenu ekspertizu i na taj način nedovoljno iskorišćen resurs za grupu. Konkretno, postalo je očigledno da su mnogi ljudi postali suviše udaljeni od svakodnevnih operacija u grupi. Na primer, prethodna slika je pokazala da je Jones jedna od najperfernijih osoba u neformalnoj mreži. Zajednički zaključak je: kako se ljudi kreću naviše na hijerarhijskoj lestvici unutar organizacije, njihov rad počinje da povlači više administrativnih zadataka, što ih čini manje dostupnim i obaveštenim o svakodnevnom radu svojih potčinjenih. Rezultati SNA su pokazali da postoji značajna razlika između formalnih i neformalnih odnosa u jednoj društvenoj mreži (Cross et al., 2001).

Konačno, SNA je pokazala u kojoj meri je divizija proizvodnje (podgrupa na vrhu slike) postala odvojena od ukupne mreže. Nekoliko meseci pre analize, ovi ljudi su bili fizički premešteni na drugom spratu zgrade. Nakon razmatranja mrežnog dijagrama, mnogi rukovodioci su shvatili da je to fizičko razdvajanje rezultiralo u gubitku mnogih sastanaka koji su se desili kada su oni bili razdvojeni. Pored toga, neformalne mreže su veoma bitne za samu organizaciju zbog toga što promovišu lateralnu (bočnu) razmenu informacija. Ove tzv. mreže znanja čine zaposlene efikasnijim u radu što u konačnom doprinosi poboljšanju performansi organizacije (Helms & Buijsrogge, 2006).

Analiza mrežnih dijagrama pomaže definisanju u kojoj meri su ljudi od kljunog značaja za efikasno funkcionisanje mreže, bez obzira na to da li su se podelili u podgrupe. Stvari koje treba tražiti u SNA su (Cross, Parker & Borgatti, 2000):

- Uska grla – centralni čvorovi koji obezbeđuju jedinu vezu između različitih delova mreže.
- Broj veza – nedovoljne ili prekomerne veze između departmana moraju se efikasno koordinirati.
- Prosečna udaljenost – stepen udaljenosti svih parova čvorova u grupi. Kratka udaljenost prenosi informacije tačno i blagovremeno dok duga polako i mogu se iskriviti informacije.

- Izolacija – Ljudi koji nisu integrisani u grupu i stoga, reprezentuju neiskorišćene veštine.
- Visoko stručni ljudi – ne koriste se na odgovarajući način.
- Organizacione podgrupe ili klike – mogu razviti sopsptvene subkulture i negativne stavove prema drugim grupama

#### 4. SPROVOĐENJE SNA

S' obzirom da su neformalne mreže od presudnog značaja za efikasno funkcionisanje organizacije, informacije koje se dobiju kroz SNA često identifikuju nove izazove ili mogućnosti za poboljšanje performansi. Na primer, SNA može ukazati na nedostatak saradnje između dva departmana (odeljenja) koji zavise jedan od drugog. Ona se obično sprovodi u četiri faze (Garcia & Shin, 2008):

##### *Faza 1: Utvrđivanje poslovnih ciljeva*

Cilj prve faze je jasno identifikovanje poslovnih ciljeva projekta. To obično podrazumeva sastanak sponzora projekta kako bi utvrdili šta se od projekta očekuje. Ovi poslovni ciljevi predstavljaju sidro projekta i određuju koja će se vrsta SNA koristiti. Intervjuisanje menadžera i zaposlenih je ključ za razumevanje specifičnih poslovnih problema ili mogućnosti.

##### *Faza 2: Sprovođenje SNA*

Druga faza se sastoji u sprovođenju SNA. Ona podrazumeva definisanje mreže i konkretnih interesnih odnosa, kao što su razmena informacija ili prijateljstvo, identifikovanje ljudi, timova, ili departmana koji će biti uključeni u analizu.

Takođe, u ovoj fazi se vrši prikupljanje podataka. Iako podaci mogu biti prikupljeni na različite načine, uključujući opservacije ili ispitivanje arhivske građe kao što su e-mail, istraživanja su najpopularnija tehnika prikupljanja podataka koji su potrebni za SNA. Konačno, ova faza zahteva korišćenje računarskog softvera za analizu i ilustraciju društvene mreže.

##### *Faza 3: Dizajn i implementacija intervencija*

Treća faza podrazumeva saopštavanje SNA rezultata klijentu i zajednički rad u vezi dizajniranja i implementacije odgovarajućih intervencija. Konkretno intervencije zavise od poslovnog cilja i rezultata SNA ali mogu zahtevati i individualnu obuku, team building, ili čak velike grupne intervencije, uključujući i više organizacionih funkcija. Dakle, cilj ove faze je identifikovanje mogućih izazova i mogućnosti za poboljšanje, dizajn i sprovođenje intervencija kako bi se uskladila mreža sa poslovnim ciljevima.

##### *Faza 4: Kontrola*

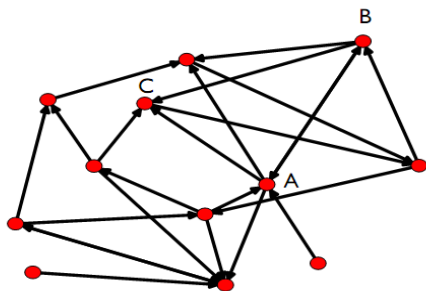
Konačno, u fazi 4 mreža je ponovo mapirana za praćenje napretka i sprovođenje malih korekcija. Sledeća tabela pokazuje tri primera kako se SNA projekat može odvijati ako su data tri različita poslovna cilja.

**Tabela 1.** Faze sprovođenja SNA

	<b>Primer 1</b>	<b>Primer 2</b>	<b>Primer 3</b>
<b>Faza 1:</b> <i>Identifikovanje poslovnih ciljeva</i>	Redukovati vreme koje je potrebno za zapošljavanje novih saradnika iz oblasti istraživanja i razvoja.	Poboljšati saradnju između funkcionalnih odeljenja	Povećati sposobnost odlučivanja rukovodilaca
<b>Faza 2:</b> <i>Sprovođenje SNA</i>	Rešavanje problema u odnosima između saradnika	Razmena informacija i odnosi razmene resursa između odeljenja	Odnos rešavanja problema između starijih članova liderskih timova
<i>Definisanje mreže</i>	Istraživanja bazirana na web-u	Anketa tipa - papir i olovka	Individualni intervjui
<i>Sprovođenje SNA-Analiza mrežnih podataka</i>	Analizati kako saradnici iz odeljenja istraživanja i razvoja rešavaju probleme u odnosima sa drugima u mreži	Analiza snaga odnosa između odeljenja	Identifikovanje liderskih obrazaca odnosa kako bi se oobezbedio pristup informacijama sa svim relevantnim stranama
<b>Faza 3:</b> <i>Dizajn i implementacija intervencija</i>	Implementirati program mentorstva kroz koji su novi zaposleni povezani sa najboljim mentorima	Kros-funkcionalni team building	Individualno podučavanje
<b>Faza 4:</b> <i>Kontrola</i>	Sprovesti kontrolu SNA kako bi se videlo da li su novi zaposleni integrisani u mrežu	Sprovesti praćenje SNA kako bi se videlo da li je saradnja između odeljenja poboljšana	Sprovesti praćenje SNA da bi se videlo da li su lideri uskladili njihove mreže za pristup informacijama i znanju

Izvor: Garcia, S.K Shin, E. 2008, Incorporating Social Network Analysis into Traditional OD Interventions: A case study, OD PRACTITIONER, Vol. 40, No. 1, pp. 19

Da bi se dobila kompletna slika prilikom sprovođenja SNA važno je utvrditi i da li su veze recipročne. Neki od naših odnosa su prirodno dvosmerni. Međutim, mnogi odnosi (veze) mogu biti jednosmerni. Na mrežnom dijagramu koji sledi, strelice označavaju usmerenost.



**Slika 2.** Recipročnost veza u jednoj mreži  
Izvor: Ehrlich, K & Carboni, I 2005, Inside social network analysis, Boston College, pp. 7

Možemo videti da je veza između A i B recipročna. Veza između A i C nije recipročna, A ide do C ali C ne mora do A. Kada veza ide u oba smera, govori se o recipročnoj vezi. U principu, recipročne veze imaju tendenciju da budu jače od nerekipročnih veza.

Posebno pitanje koje se postavlja u analizi društvenih mreže jeste da li su veze između ljudi direktne ili indirektno? Direktna konekcija je konekcija između dvoje ljudi. Kao što se videlo na primeru naftne kompanije, Cole je imao mnogo direktnih konekcija u mreži ljudi vezano za odeljenja istraživanja i proizvodnje i zauzeo centralno mesto. Centralni ljudi imaju veći uticaj u svojoj mreži, imaju tendenciju da ostvaruju bolje radne učinke, i tendenciju da budu zadovoljniji svojim poslom od ljudi koji su manje centralni.

Veze mogu reprezentovati niz vrsta odnosa. Na primer, veza može nagovestiti ako jedna osoba voli, veruje, poštuje, izveštava, komunicira sa nekim, ili dobija informacije od nekoga. Slično tome, veza može reprezentovati prodaju, kupovinu, isporuku, ugovaranje ili

saradnju. Prisustvo mrežnih veza pokazuje da odnos postoji. Odsustvo mrežnih veza ukazuje da odnos ne postoji.

Rezultati dobijeni na osnovu analize društvenih mreža se mogu koristiti za (Serrat, 2009):

- identifikaciju pojedinaca, timova i jedinica koji igraju centralnu ulogu u mreži.
- identifikovanje informacionih kvarova, uskih grla, strukturalnih rupa, kao i izolovanih pojedinaca, timova i jedinica.
- definisanje mogućnosti koje bi poboljšale protok informacija preko funkcionalnih i organizacionih granica.
- jačanje efikasnosti i efektivnosti postojećih, formalnih komunikacionih kanala.
- podizanje svesti o značaju neformalnih mreža i načina da se poboljšaju organizacione performanse
- poboljšanje inovativnosti i učenja
- izradu detaljnih strategija.

Pored svega što je do sada rečeno SNA je i osnova mnogih akademskih polja, uključujući menadžment, socijalnu psihologiju i sociologiju. Kao rezultat toga, istraživači su već otkrili odnose koji mogu biti od pomoći praktičarima.

## 5. ZAKLJUČAK

Analiza društvenih mreža (SNA) se pojavila kao važna istraživačka tema u sociologiji pre nekoliko decenija a većina mrežnih analitičara se poziva na Joseph Moreno-ovo uvođenje alata i metoda sociometrije i 1934. godinu kao godinu u kojoj je započela formalna analiza društvenih mreža. Ona je postala popularna sa istraživačima u ranim 1970-im kada je napredak u kompjuterskoj tehnologiji omogućio istraživanje velikih grupa. Poslednjih desetak godina to je ključna tehnika i interdisciplinarna tema koja je privukla istraživače iz psihologije, antropologije, ekonomije, biologije, geografije, sociologije, informatičkih nauka, organizacionog ponašanja i mnogih drugih disciplina (Bonchi et al., 2011).

Pojava moderne misli i računarstva je omogućila postepenu evoluciju koncepta društvenog umrežavanja u vidu složenih mreža sa mnogim vrstama čvorova i veza. Ove mreže su ključne za procedure i inicijative koje uključuju rešavanje problema, administraciju i operacije. Ona se zaniva na ideji da su ljudi međusobno povezani, da veze imaju posledice na performanse i zadovoljstvo poslom, i da neformalne veze unutar grupa treba usmeriti u pravcu optimizacije pojedinačnih, grupnih i organizacionih rezultata.

SNA pruža bogat i sistematičan način procene neformalnih odnosa mapiranjem i analizom među ljudima, timovima, odeljenjima ili čak i cele organizacije. Iako menadžeri misle da dobro poznaju svoju organizaciju, brojne studije pokazuju da oni imaju različite nivoe tačnosti u razumevanju mreže u okviru organizacije. Na osnovu njihovog položaja u organizaciji,

menadžeri su često daleko od svakodnevnih interakcija koje generišu neformalnu strukturu jedne organizacije, tako da mnogi od njih imaju pogrešnu predstavu o stvarnim obrascima interakcije. Prema tome, analiza društvenih mreža može da obezbedi tzv. rendgen odnosa koji im pomaže da usmere svoje akcije u pravcu ostvarenja ciljeva organizacije. Dakle, SNA je moćan alat za predstavljanje i analizu relacionih podataka. Kao oblast od aktivnog interesa, tehnike SNA će verovatno doživeti ekspanziju u narednim godinama. Korišćenjem ovih inovacija, istraživači u psihologiji i srodnim naukama moći će bolje da predvide i analiziraju strukturne dimenzije društvenih procesa.

## LITERATURA

- [1] Bonchi, F Castillo, C Gionis, A & Jaimes, A., *Social network analysis and mining for business application*, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, Vol. 2, No. 3, Article 22, 37 pages, 2011.
- [2] Borgatti, S.P. Bernard, H.R. & Peltó, P., NSF Summer Institute on Ethnographic Research Methods, 1992.
- [3] Butts, C., *Social network analysis: A methodological introduction*, Asian Journal of Social Psychology, Vol. 11, pp. 13-41, 2008.
- [4] Cross, R Parker, A & Borgatti, S.P., *A bird eye view: Using social network analysis to improve knowledge creation and sharing*, Knowledge Directions, Vol. 2, No. 1, pp. 48-61, 2000.
- [5] Cross, R Parker, A Prusak, L & Borgatti, S.P., *Knowing What We Know: Supporting Knowledge Creation and Sharing in Social Networks*, Organizational Dynamics, Vol. 30, No. 2, pp. 100-120, 2001.
- [6] Cross, R Parker, A Prusak, L & Borgatti, S.P. *Making invisible work visible: using social network analysis to support strategic collaboration*, California management review, Vol. 44, No. 2, pp. 25-46, 2002.
- [7] Ehrlich, K & Carboni, I., *Inside social network analysis*, Boston College, 2005.
- [8] Garcia, S.K Shin, E., *Incorporating Social Network Analysis into Traditional OD Interventions: A case study*, OD PRACTITIONER, Vol. 40, No. 1, pp. 17-24, 2008.
- [9] Helms, R Buijsrogge, K., *Application of knowledge network analysis to identify knowledge sharing bottlenecks at an engineering firm*, Proceedings of the 14<sup>th</sup> European Conference on Information Systems Göteborg, Sweden, June 12-14, 2006.

# УВОЂЕЊЕ УДАЉЕНИХ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ЕКСПЕРИМЕНАТА У НАСТАВУ ИНЖЕЊЕРСТВА IMPLEMENTATION OF REMOTE LABORATORY EXPERIMENTS INTO TEACHING ENGINEERING

Радојка Крнета, Ђорђе Дамњановић, Марјан Милошевић, Мирјана Брковић, Данијела Милошевић  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу

**Садржај** – У овом раду описан је иновативни наставни метод на инжењерским студијама базиран на удаљеним експериментима. Наставни модул са удаљеним експериментом имплементиран у настави дигиталне обраде сигнала дат је на примеру експеримента са адаптивним филтром за филтрирање шумљеног сигнала. Описан је Мудл блок за заказивања времена приступа експерименту. Педагошки ефекти увођења удаљених експеримената разматрани су кроз утврђивање преферираних типова експеримената у односу на различите стилове учења

**Abstract.** This paper presents an innovative teaching method in engineering studies based on remote experiments. Teaching module with remote experiment implemented in teaching of digital signal processing is shown in the experiment with an adaptive filter for filtering the signal with noise. The Moodle block for scheduling accessing time to the experiment is described. The pedagogical effects of introduction of remote experiments are discussed through establishment of preferred types of experiments in relation to different learning styles.

## 1. УВОД

Инвестирање у иновативну економију базирану на знању подразумева повећање броја студената на инжењерским студијским програмима према Стратегији образовања Републике Србије до 2020. Млади дипломирани инжењери морају стећи на студијама низ модерних теоретских и практичних техничких знања и вештина које ће им омогућити да се успешно укључе у решавање комплексних инжењерских задатака који их чекају на будућим радним местима у иновативној индустрији базираној на знању.

Један од начина који би омогућили да се студентима инжењерских студија у току савладавања стручних (инжењерских) предмета, уз јаке теоретске основе у уже-стручним дисциплинама, омогући стицање модерних практичних инжењерских знања и вештина је стално иновирање наставе на студијама инжењерства, увођењем савремених ИКТ подржаних педагошких модела у образовању инжењера.

Употреба удаљених експеримената у настави инжењерских дисциплина је једна од иновативних атрактивних наставних метода на студијама инжењерства. Лабораторијски експерименти који су реализовани као реалне хардверско-софтверске инжењерске апликације у лабораторијама техничких факултета омогућавају да студенти технике стекну

практично искуство у раду са опремом и уређајима, као и да научене теоретске концепте из стручних предмета повежу са праксом. Многи лабораторијски експерименти, уз коришћење модерне ИКТ опреме, могу да се изводе и преко интернета, чиме се огућава студентима да више пута приступају експерименту од своје куће, читаонице или из студентског дома, да мењају параметре експеримента, врше различита мерења и праве извештаје о урађеним лабораторијским вежбама и да тако науче да раде са лабораторијском опремом а да при том нису морали да физички буду у лабораторији.

Истраживачи са Факултета техничких наука у Чачку су у оквиру реализације пројекта NeReLa [1]-[2] у циљу осавремењавања наставе на студијама електротехничког и рачунарског инжењерства реализовали низ лабораторијских вежби које се могу изводити на даљину [3]-[4].

Удаљени експерименти су реализовани као наставни модули у оквиру којих су дати описи експеримената и упутство студентима за приступ експериментима и њихову реализацију.

Ради омогућавања студентима да унапред могу да резервишу време када ће приступити експерименту да би извели тај експеримент преко интернета, у оквиру Мудл система је развијен блок за резервисање експеримента и приступ самом експерименту. Овај блок омогућава и онлајн комуникацију студента са наставником који је у лабораторији, док траје његова унапред резервисана сесија.

У истраживању ефеката примене удаљених експеримената у настави инжењерских дисциплина, посебан акценат је стављен на педагошке аспекте увођења овог иновативног метода наставе. У раду [5] су приказани резултати истраживања о повезивању различитих стилова учења са преферираним типовима лабораторијских експеримената. Како је истраживање показало, доминантни тип студената електротехничког и рачунарског инжењерства су студенти чији је стил учења типа конвергер. Даљи ток истраживања је био усмерен ка проналажењу везе између стила учења и преферираног типа лабораторијских експеримената (хардверски, софтверски, извођени у лабораторији, извођени преко интернета)

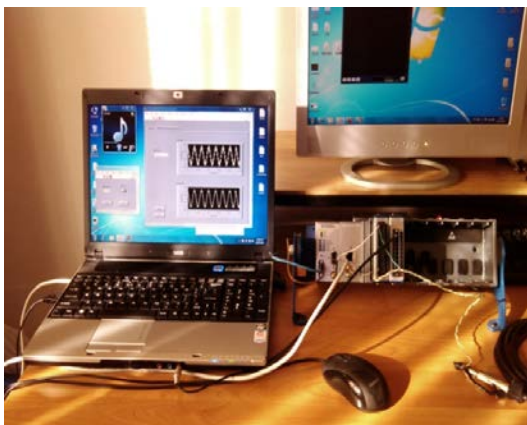
## 2. НАСТАВНИ МОДУЛ СА УДАЉЕНИМ ЛАБОРАТОРИЈСКИМ ЕКСПЕРИМЕНТОМ

Теоретски основи стручних предмета који се проучавају на студијама електротехнике су често базирани на комплексним математичким моделима, на основу којих студенти треба да разумеју и да науче

да креирају практичне инжењерске апликације. Лабораторijske вежбе са практичним експериментима који илуструју практичне инжењерске апликације су стога неопходни део наставе на стручним предметима на студијама инжењерства. Један такав експеримент који приближава теоретске основе предмета Напредне технике за обраду сигнала на Мастер студијама Рачунарског инжењерства на Факултету техничких наука у Чачку је експеримент са адаптивним филтром за филтрирање зашумљеног сигнала који је реализован у лабораторији Е-лаб на овом факултету. Експеримент са адаптивним филтром је реализован на NI cRIO 9074 FPGA платформи која је повезана са персоналним рачунаром у LabVIEW софтверском окружењу. LabVIEW има уграђену подршку преко Web publishing tool-a за удаљену контролу својих апликација. Лабораторijsко окружење са NI cRIO 9074 FPGA платформом је приказано на Слици 1.

Адаптивни филтар је реализован имплементирањем LMS (Least Mean Square) алгоритма на NI cRIO 9074 FPGA платформи. Платформа поседује једну улазну (NI 9205) и једну излазну картицу (NI 9263) који имају улогу улазно/излазних модула. CompactRIO FPGA платформа је напредни контролер и систем за аквизицију података дизајниран тако да опслужује апликације које захтевају висок ниво перформанси и поузданости [6].

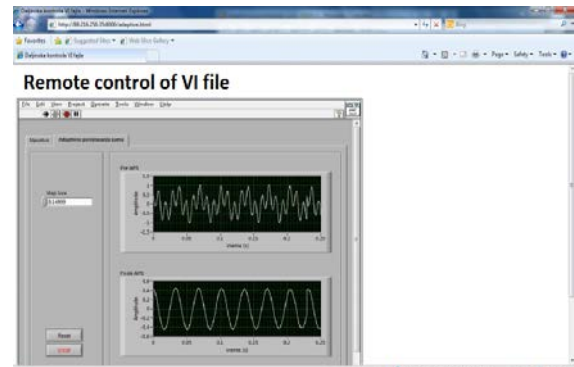
Адаптивни филтар припада класи нестационарних линеарних система. Код оваквих система се коефицијенти функције преноса мењају у зависности од улазног сигнала. Експеримент са адаптивним филтром је урађен тако што ја на улаз система доведен синусни сигнал који у себи садржи одређени шум или сметњу. Систем такође мери и снима сметњу као посебан сигнал и на платформи пореди зашумљени синусни сигнал са шумом, врши адаптацију коефицијената система, уклања шум и на излазу даје "очишћени" сигнал (правилну синусоиду).



Слика 1. Лабораторijsко окружење за LMS адаптивни алгоритам

Описан експеримент је креиран тако да се може контролисати путем интернета. Корисник експеримента, преко претраживача, приступа апликацији, посматра сигнале, одређује корак

адаптације система и отклања шум са улазног сигнала. Приступ апликацији од стране удаљеног корисника и изглед саме апликације је приказан на Слици 2.

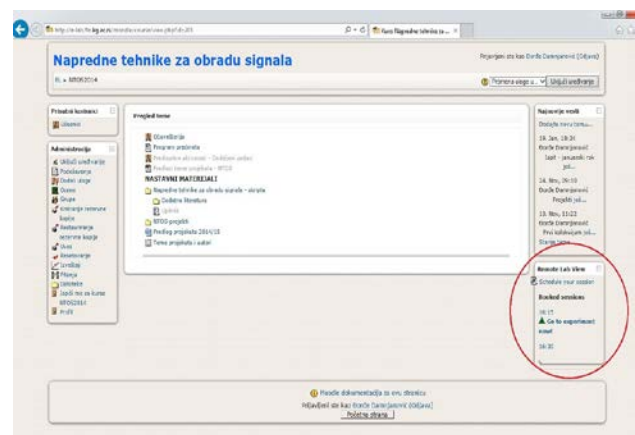


Слика 2. Удаљени приступ апликацији за адаптивно филтрирање зашумљеног сигнала

### 3. МУДЛ БЛОК ЗА ЗАКАЗИВАЊЕ УДАЉЕНИХ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ЕКСПЕРИМЕНТАТА

Код експеримента који се изводе на даљину врло је важно размотрити проблеме приступа експерименту, ограничавање времена доступности експеримента по појединачном приступу, као и могућност да удаљени корисник уз експеримент добије и сву потребну пратећу документацију која описује експеримент са упутством кориснику како да реализује експеримент. Пожељно је омогућити и синхрону комуникацију у виду chat сесије између реализатора експеримента и корисника, док овај изводи експеримент са удаљене локације. Мудл систем, који се увелико користи у већини академских заједница у Србији, а у свету је широко распрострањен због своје компактности и лакоће употребе, омогућава креирање наставних модула са удаљеним експериментима који укључују потребну пратећу документацију, форумске активности, тестове, блок за заказивање удаљеног експеримента и online chat сесију.

На Слици 3 приказан је део креираног курса у Мудл систему у коме се налази поменути блок за заказивање удаљеног експеримента и online chat сесија.



Слика 3. Мудл блок за заказивање експериментата

Имплементирани Мудл блок омогућава кориснику да закаже време (датум и час) када ће приступити експерименту, колико му је времена потребно да обави експеримент и да има увид када су други корисници заказали своје сесије [7]. Овим се постиже да сваки корисник може да испланира своје време не плашећи се да ће баш тад неко други приступити експерименту. Овим се решава проблем распореда удаљеног приступа и контроле над експериментом за више корисника. У заказано време када корисник треба да приступи експерименту, на његовом Мудл профилу у оквиру курса отвориће се линк преко кога корисник приступа експерименту на већ описан начин. У току експеримента корисник може преко форума или online chat сесије имати комуникацију са професором, асистентом или другим корисницима експеримента који су приступили Мудл наставном модулу преко интернета.

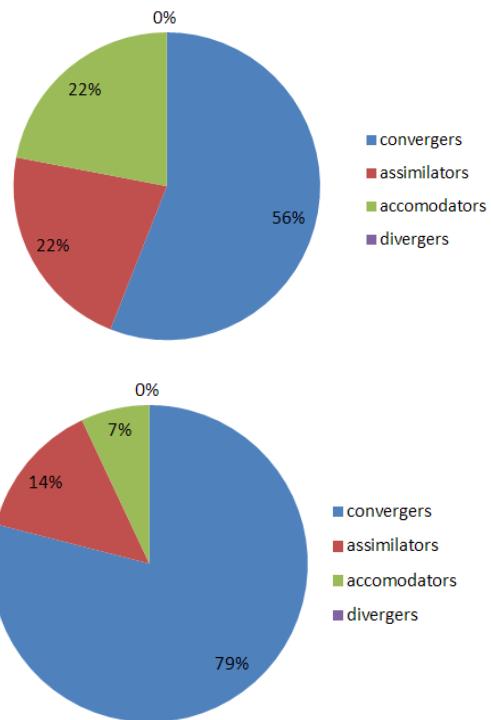
#### 4. УДАЉЕНИ ЛАБОРАТОРИЈСКИ ЕКСПЕРИМЕНТИ И СТИЛОВИ УЧЕЊА

У циљу испитивања педагошких ефеката увођења удаљених експеримената у наставу дигиталне обраде сигнала и утврђивања преферираних типова експеримената у односу на различите стилове учења, спроведена су истраживања међу мастер студентима електротехничког и рачунарског инжењерства у току две сукцесивне школске године (2012/2013 и 2013/2014). Истраживања су спроведена кроз две одвојене онлајн анкете међу студентима који су похађали наставу из предмета Напредне технике за обраду сигнала. Прва анкета односила се на попис Колбових стилова учења. Друга анкета је била везана за преферирану врсту лабораторијских вежби (MATLAB симулације, Simulink симулације, LabVIEW симулације, хардверски експерименти који се изводе у лабораторији, хардверски експерименти који се изводе на даљину) у погледу бољег разумевања теоријских концепата дигиталне обраде сигнала и ефикаснијег стицања практичног знања и вештина, као и у вези са најкориснијим сценаријом, с обзиром на начин (појединачно, заједнички) и место (у лабораторији, преко интернета) извођења експеримента.

Колбов инвентар стилова учења код анкетираних студената електротехничког и рачунарског инжењерства у току две школске године показао је доминацију конвергера међу студентима [4] (Слика 4.).

Да би се установило постоји ли веза између стилова учења и различитих облика експеримената, спроведен је упитник у којем су студенти испитани какве експерименте преферирају. Испитаници су на располагању имали SimuLink, Matlab, LabVIEW и хардверске експерименте у различитим сценаријима учења - хардверски експерименти који се изводе у лабораторији и хардверски експерименти који се изводе на даљину. Исти студенти су већ претходно били класификовани према стиливима учења.

Резултати су показали изражену разлику између преференција конвергера у односу на друге стилове. Конвергери су показали да најрадије уче уз LabVIEW и хардверске експерименте.



Слика 4. Стиливи учења дигиталне обраде сигнала мастер студената електротехничког и рачунарског инжењерства у току 2012/2013. и 2013/2014. школске године

#### ЗАКЉУЧАК

Увођење даљинских експеримената у лабораторије даје велики допринос образовању будућих инжењера који ће на врло ефикасан начин спојити теоријске основе са праксом. Велики број образовних институција у свету већ увелико користи овакве методе које годинама у назад дају добро резултате у образовним процесима. Студентима се на један нов начин указују практични проблеми и решења а да при том овакве експерименте студенти могу обавити од куће.

У раду је представљен само један у низу експеримената који пројекат NeReLa реализује у мрежи удаљених експеримената који ће покрити 4 српска највећа универзитета и велики број средњих електро и машинских школа. Искоришћени су постојећи ресурси Факултета техничких наука у Чачку у виду sRIO платформе са додатним модулима и LabVIEW софтверског пакета у циљу креирања експеримента.

Даљински експеримент је интегрисан са Мудл окружењем и тиме је заокружена и целина електронског учења као додатни степен у целокупном пројекту. Мудл је пружио решење у

резервисању и приступу експерименту, омогућио комуникацију између студената и професора на ефикасан начин и контролу корисника експеримента. Будући рад подразумева интеграцију више експеримената у мрежу удаљених експеримената који ће се користити у целој Србији.

### ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је приказ активности на Tempus пројекту 543667-TEMPUS-1-2013-1-RS-TEMPUS-JPHES “Building Network of Remote Labs for strengthening university-secondary vocational schools collaboration” који је финансиран од стране The Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA).

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Tempus пројекат NeReLa <http://www.nerela.kg.ac.rs/>  
 [2] Krneta, R., Rojko, A., Dziabenko, O., Restivo, T., “NeReLa project: Building Network of Remote Labs using EU best practice”, CD Proceedings on XI Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, pp 355-362, Bilbao del 11 al 13 de Junio del 2014.

[3] Веб библиотека удаљених експеримената у лабораторији за електричне машине, погоне и регулацију на Факултету техничких наука у Чачку, <http://www.empr.ftn.kg.ac.rs/test%20NeReLa%20LiReX/LiReX.html>

[4] Božić, M., Rosić, M., Bjekić, M., "Remote control of electromagnetic load emulator for electric motors", 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), Polytechnic of Porto (ISEP) in Porto, Portugal from 26-28 February 2014.

[5] Krneta, R., Milošević, M., Damnjanović, Đ., Milošević, D., “Matching learning styles to different type of DSP laboratory experiments”, CD Proceedings on 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp 798 – 802, Istanbul, Turkey, 3-5 April 2014.

[6] National Instruments: CompactRIO cRIO-9072/3/4 (2013, July 10h). Operating instructions and specifications, [PDF Manual]

<http://www.ni.com/pdf/manuals/374639e.pdf>.

[7] Krneta, R., Brkovic, M., Damnjanovic, Dj., Milosevic, M., Milosevic, “D. Integration of remote dsp experiments into moodle learning environment”, Proceedings of the 4th International conference eLearning 2013, pp. 60-64, Belgrade, September 26-27, 2013.



# E-UČENJE ZA E-AKADEMIJU: POTENCJALI I OGRANIČENJA KORIŠĆENJA AMRES-a

## E-LEARNING FOR E-ACADEMIA: PROS AND CONS OF USING AMRES

Aleksandra Đukić, PhD<sup>1</sup>, Tatjana Mrdenović, PhD<sup>2</sup>

University of Belgrade – Faculty of Architecture, Bulevar kralja Aleksandra 73/2, 11000 Belgrade, SERBIA  
adjukic@afrodita.rcub.rs<sup>1</sup>

University of Belgrade – Faculty of Architecture, Bulevar kralja Aleksandra 73/2, 11000 Belgrade, SERBIA  
tmrdjenovic@gmail.com<sup>2</sup>

### Content:

- 1.0 INTRODUCTION: E-Society, E- Academia, E-Learning
- 2.0 E-LEARNING: APPROACHES AND ATTITUDES
- 3.0 CONSIDERING AMRES WITHIN THE PARADIGMS
- 4.0 CASE STUDY: USING AMRES AT THE COURSE DESIGN OF OPEN PUBLIC SPACES
- 5.0 CONCLUSIONS: GUIDELINES FOR IMPROVING USING AMRES IN FUTURE
- 6.0 ACKNOWLEDGMENTS
- 7.0 REFERENCES

*Abstract - E-society frames different areas of our everyday life that creates various networks in communication. It influences various ways of acquiring and developing academic knowledge using the concept of e-learning. The research will discuss pros and cons of using AMRES's e-learning service in academic education, implemented at the course: Design of Public Space at University of Belgrade – Faculty of Architecture. The hypothesis is that e-learning concept provides attitude change among students in knowledge development regarding the course subject. The hypothesis will be tested inside main approaches and attitudes regarding using ICT in knowledge development through case study: AMRES at the course Design of Open Public Spaces as well as questionnaire among 215 students. Aim of the paper is to position the platform within e-learning approaches, resulting in guidelines for its future improvements in everyday academic life.*

### 1.0 INTRODUCTION: E-SOCIETY, E-ACADEMIA, E-LEARNING

Information and communication technologies (ICT) has dramatic influence in all aspects of life as well as force which constantly change the way of life. Across the past twenty five years the use of ICT has changed approach of learning in the higher education. The new way of learning requires effective integration of technologies into existing context of teaching in order to provide learners with knowledge of specific subject areas, to promote meaningful learning and to enhance professional productivity [7:195]. On the other hand, education is highly socially oriented and personal contacts and feed backs are necessary for both sides - teachers and students. Especially in education of engineers.

Four different rationales that drive policies related to the integration of ICT in education are recognized by Hawkrigde:

- an economic rationale: the development of ICT skills related to future jobs and careers;
- a social rationale: the students should use computers in order to become responsible and well-informed citizens;
- an educational rationale: ICT is supportive tool for improving teaching and learning process;
- a catalytic rationale: ICT is expected to accelerate educational innovations. [2].

ICT can provide strong support for new requirements of curricula, such as: access to a variety of information sources; access to a variety of information forms and types; student-centered learning; settings based on information access and inquiry; learning environments centered on problem; and teachers as coaches and mentors rather than content experts [3;4;5]. „It is often assumed that active learning can be facilitated by ICT. Active learning presupposes that the learner has easy access to information sources“ [6:165].

### 2.0 E-LEARNING: APPROACHES AND ATTITUDES

E-learning concept will be discussed within three paradigms of using ICT in developing academic knowledge defined by Avriam and Tami. According to them ICT can be considered in three paradigms: (1) The Technocrat paradigm, (2) The Reformist Paradigm; (3) The Holistic Paradigm [7]. The paradigms emerged from different approaches and attitudes in using ICT within curricula. These approaches and attitudes are shown in Table 1., hence will be starting point in defining criteria for measuring e-learning types and attitude change, where approaches stands for aims and nature of introducing and implementing ICT in education, and attitudes nature and extend towards change in education using ICT.

Table 1. Systematization of approaches and attitudes in using ICT for academic knowledge [7]. Gray fields reflects incompatibilities

Approaches Attitudes	Administrative	curricular	Didactic	Organizational	Systemic	Cultural	Ideological
Agnostic							
Conservative							
Moderate							
Radical							
Extreme							
Radical							

First of all we will present different approaches: Administrative, Curricular, Didactic, Organizational, Systematic, Cultural and Ideological (Table 1). Those approaches will be linked with attitudes: Agnostic, Conservative, Moderate, and Radical Extreme Radical and interconnected with three paradigms mentioned above.

The administrative approach represents a thought that ICT per se is enough for making change in any kind of working process including knowledge development. As the name says it assumes that number and quality of equipment (computers, software, network, databases, web platforms, etc.) will contribute to the behavioral change without any other measure or linkage. „(...) administrative approach consists mainly of the desire to achieve a certain ratio of computers (or other kinds of equipment) to students.“ [7:3].

The curricular approach promotes integration between ICT and curricula at some stage of realization. Actually, it sees ICT as a servant to specific goal within the teaching curricula. Under this position authors differ two types: (a) the disciplinary form where ICT is learned and practiced as separate discipline without linkages to other subjects or disciplines; (b) the integrative form where ICT is an integral part of prevailing curriculum usually in the context of natural sciences, like math, physics, etc. [7].

The didactic approach alike curricular one goes one step beyond, seeing ICT as a neutral tool that serves different curricula programs, therefore represents a higher level of inter disciplinarity. Therefore, the model of ICT that supports curricula is neutral, following general aims of developing knowledge. „The didactic approach stems from the conception that the introduction of technology can lead to, or necessitates, the introduction of new didactic or teaching/learning methods.“ [7:3].

The organizational approach lean on previous one, hence involves the thought that introduction of ICT in learning means necessity to do organizational changes within educational system as well as interpretation and acquiring knowledge. „The organizational approach (...) is based on the understanding that the introduction of ICT to schools – leading to research oriented and hence necessarily more flexible teaching/learning“ [7:3].

The systematic approach as the name says, stands for integration of organizational changes and ICT on the level of structural reforms within academic system in the direction that this kind of new system allow more distance-learning or even virtual schooling, changing the attitude towards time, place, curriculum and other

connected attributes of the academic-educational system. [7].

Unlike previously described cultural approach recognizes that ICT involves cultural changing mode, meaning ICT revolution is a way of cultural revolution in all patterns of everyday life including education and learning process. [7]. It is somehow linked to the Castells network society as a superstructure of information society and revolution [8]. What is important here is that information society, ICT revolution, establish, and develop new kind of social networks that never existed before. Therefore, network society needs new kind of educational system, patterns, methods and tools.

Furthermore, Pelgrum makes differences between role and ways of education in Industrial and Information society. According to him in Information society any type of school should be integral part of it with information openly available, unlike in Industrial society where school is isolated and most of information on school functioning is confidential [6]. Table 1. Shows differences between education in Industrial and Information society.

Table 1. Expected changes from education in the industrial society to education in the information [6:164].

Actor	Education in the Industrial Society	Education in the Information Society
School	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolated from society</li> <li>• Most information on school functioning confidential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated in society</li> <li>• Information openly available</li> </ul>
Teacher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Initiator of instruction</li> <li>• Whole class teaching</li> <li>• Evaluates student</li> <li>• Places low emphasis on communication skills</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helps students find appropriate instructional path</li> <li>• Guides students' independent learning</li> <li>• Helps student to evaluate own progress</li> <li>• Places high emphasis on communication skills</li> </ul>
Student	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostly passive</li> <li>• Learns mostly at school</li> <li>• Hardly any teamwork</li> <li>• Takes questions from books or teachers</li> <li>• Learns answers to questions</li> <li>• Low interest in learning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• More active</li> <li>• Learns at school and outside school</li> <li>• Much teamwork</li> <li>• Asks questions</li> <li>• Finds answers to questions</li> <li>• High interest</li> </ul>
Parent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardly actively involved in learning process</li> <li>• No steering of instruction</li> <li>• No life-long learning model</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Very active in learning process</li> <li>• Co-steering</li> <li>• Parents provide model</li> </ul>

In line with this, ideological approach stands for critical thinking, evaluating, considering values in introducing and using ICT in education. „The ideological approach characterizes those individuals oriented towards philosophical or critical social thinking – those who believe that whatever the change that take place, it should be guides in light of the values (...)“ [7:3]. Therefore, this approach question why, how and when ICT should be used in academic education.

Regarding attitudes, first one agnostic do not think that ICT can bring qualitative changes in education, as according to them it is just another tool. This attitude is complementary only to the administrative and curricular approach as does not consider ICT in a form of network society. The second one, conservative, stands for minimal changes in educational system regarding ICT and is not compatible with administrative approach. Moderate attitude is for those who are for greater integration of ICT, however still leaning on predominant educational system. Unlike previous, radical and extreme radical approaches sees ICT as strong force for educational change towards network society [7].

The approaches with attitudes frame three paradigms: The Technocratic, The Reformist and The Holistic one. Technocratic paradigm combines agnostic or conservative attitude with administrative or curricular approach. The Reformist one promote inter disciplinarity, collaborationisms with moderate attitudes. The Holistic paradigm stands for cultural and ideological approaches with conservative, radical or extreme radical attitudes [7].

### 3.0 CONSIDERING AMRES WITHIN THE PARADIGMS

This chapter will position AMRES regarding defined approaches and attitudes giving general overview on its structure, nature and aims. Before starting presenting AMRES it is necessary to establish criteria for categorize types of approaches in using ICT in education and research. Criteria will be connected to the approaches (as attitudes are linked towards approaches).

#### CRITERIA FOR MEASURING E-LEARNING APPROACHES:

1. number and quality of ICT equipment, network, security,
2. integration of usage ICT in overall curricula,
3. integration of usage ICT in specific curricula, tailor made ICT system,
4. moderate or high level of acceptance among users,
5. number and types of procedures, protocols, tools for using ICT in education,
6. integration of ICT in all organizational units in educational process,
7. Types and number of discussion groups in regards to ways of introducing ICT in specific curricula and overall educational process.

Table 2. Predominant approach according to criteria

App/ Criteria	Adm in.	curr.	did.	oper..	syst	cult.	ideo.
1.	X	X	X	X	X	X	X
2.		X	X	X	X	X	X
3.			X	X	X	X	X
4.				X	X	X	X
5.						X	X
6.						X	X
7.							X

Academic Network of Serbia (AMRES) is the national research and education network of Serbia, offering modern information-communication services and Internet connection to it's users. The network connects over 150 institutes and more than 150.000 active users. „AMRES represents one of the most important national research and educational resource and carrier of Information Society development.“ [9].

„AMRES was established in order to build, develop and manage the education and research computer network of the Republic of Serbia, as well as to actualize the rights of pupils and students to education and information. Using the informatics and Internet infrastructure, and computer

network, AMRES provides the education and research organizations and other members with access and use of the Internet and information services in the country, as well as the connection with national and international networks of such type.

In particular, AMRES has the following responsibilities:

- Managing the education and research computer network of the Republic of Serbia
- Designing, developing, building, maintaining and improving the computer and communication infrastructure and services which are connecting the education and research institutions in a single computer network
- Connecting and cooperating with national and international education and research computer networks
- Coordinating the works of network hubs and computer centers withing universities and other organizational units on faculties and institutes
- Expertise help and education of users of the education and research computer network services
- Adult education

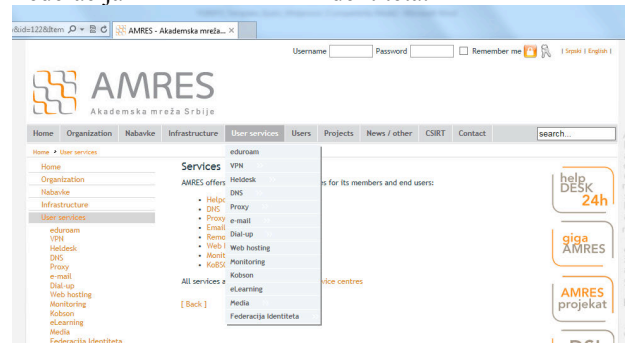
In performing its work, AMRES provides the education organizations and organizations which perform a scientific-research work with services of using the education and research computer network of the Republic of Serbia.

In accordance with current AMRES act, AMRES users are:

- Universities and faculties
- High education systems
- Primary and secondary schools
- Accredited scientific-research organizations
- Researchers and students of doctor studies, and scholars
- Serbian Academy of Sciences and Art
- Matica srpska
- Other organizations in accordance to the law that regulates the scientific-research work
- Institutions which promote the achievements in science and education
- Scientific-development units within companies
- Other legal entities“ [9].

AMRES supports number of services:

Eurodom, VPN, Helpdesk, DNS, Proxy, e-mail, Dial-up, Web hosting, Monitoring, Kobson, eLearning, Media, Federacija identiteta.



E-learning service aims to modernize educational process at faculties using different ICT instruments and tools. Its main characteristic is general modeling for overall curricula which is dedicated for teachers and students at all faculties and institutions mentioned above, and who do not still have capacities for autonomous conception and full implementation of ICT. [9]



Main characteristic of AMRES regarding the criteria are shown in Table 3.

Table 3. Positioning AMRES within different ICT approaches

Criteria / Approach	Admin	curr	did.	oper..	syst	cult.	ideo.
1.			X	X			
2.			X	X			
3.			X	X			
4.			?	?			
5.							
6.							
7.							

Table 3. shows that AMRES with its e-learning service promotes didactic towards operational approach in level of integration ICT in everyday learning activities. The level of acceptance among all users should position it stronger within the approaches, however the questionnaire is needed to be done at all levels. Therefore, the case study and questionnaire that will be presented in the next chapter can only say more about attitudes among one groups of students at Faculty of Architecture in Belgrade.

**4.0 CASE STUDY: USING AMRES AT THE COURSE DESIGN OF OPEN PUBLIC SPACES**

This chapter will give an insight regarding attitudes among students in using e-learning AMRES service at the course Urban design of open public space. The chapter will further map AMRES in regards to the specific subject.

The theoretical course Urban design of open public spaces for students of Architecture at the Faculty of Architecture, University of Belgrade is taught in the second semester of Bachelor studies. Besides the theoretical course, there are a short exercises after the lectures when students draw cognitive maps according their impressions from the lecture and related to the concrete area in Belgrade. The Urban Design of open public spaces starts from the premise that the architecture students shall first become acquainted with the contemporary approach to urban development.

The teaching process of the course is based on actual theoretical consideration in Urban Design and it integrates physical and human dimensions of urban space [10]. New models, methods and techniques, adapted for the students at second semester are presented to them. The process of learning is "step-by-step" and the steps are cyclic connected. Two major groups of activities that simulate urban qualities are recognized: professional acting in designing and planning and cognition function of urban space. [10]

Ex-cathedra lectures are interactive, multi-medial and provoke discussion between professor and students. On the other hand, another way of communication is offered through AMRES or od Faculty server. All lectures are posted on AMRES, students can get additional literature (pdf. format) and information about the tests (examples of the best done) and final exam.

At the end of the summer semester, during 2014/15 a survey was done among 215 students about their experience with learning and gaining information through AMRES and faculty server and about possible improvements of communication and transfer knowledge via ICT between professors and students.

The questionnaire will show the attitudes among students in using e/learning service of AMRES at the specific subject. The questionnaire is structured as closed one where students were asked to answer five questions with predefined answers:

1. Did you use AMRES e-learning service at the course Urban design of open public spaces?
  - a. Yes
  - b. No
2. How often did you use it?
  - a. daily
  - b. weekly
  - c. monthly
3. Would you like to be informed through system in future?
  - a. Yes
  - b. No
4. For which purpose did you used the service?
  - a. For downloading data
  - b. For getting information about the subject

- c. For all purposes that would make qualitative improvements in the education process
  - d. I did not use the service
5. What are your suggestions for novelties in communication with teachers in future?
- a. SMS
  - b. Whatsapp
  - c. E-mail
  - d. Web portal inside the Faculty
  - e. Face to face consultations
  - f. All ways of communication,
  - g. Nothing mentioned above.

181 student out of 215 claimed they used the service during the course (Chart 1), from which 100 of them used it weekly, 35 daily, 83 monthly (Chart 2). On the question if they would like to be informed through the system in future 171 respond positively. Most of the examinees', 119 of them, used the service for all purposes that would make qualitative improvements in the education process. 19 of them for downloading the data, 43 for getting information about the subject, and 34 students did not use the service at all. Interesting fact is that 87 student chose e-mail for future correspondence with teachers, 22 of them Faculty's portal, Google groups 11 of the, SMS and WhatsApp are at the lowest range. Face to face communication is needed for 23 students among 215 and 7 students chose all ways of communication as necessary for qualitative teaching process (Chart 3,4) .

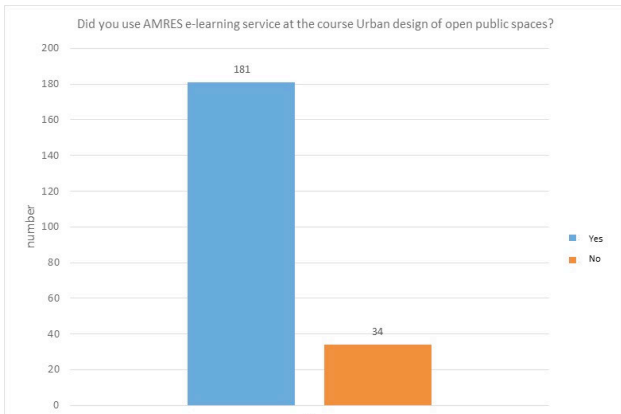


Chart 1.

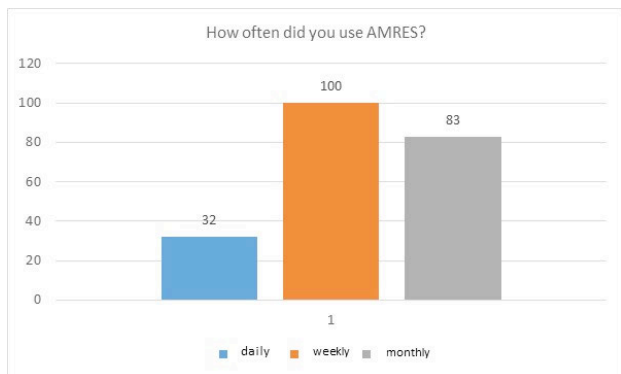


Chart 2.

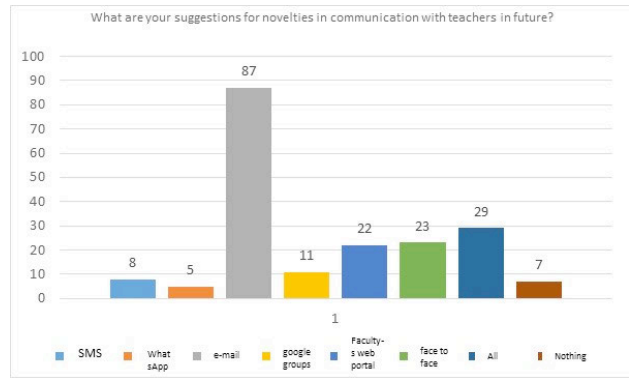


Chart 3.

The results shows that predominant attitude among students in future usage of ICT in education at the specific subject is in the range from moderate to radical, meaning students would integrate their everyday ways of communication into teaching process like e-mail, SMS, WhatsApp, google groups, blogs, etc. Even though most of them are for e-mail as another way of communicating, still there is a good percentage of them who prefer face to face consultative process. Overall conclusion regarding the hypothesis is that students tend to change their attitude regarding using ICT in education.

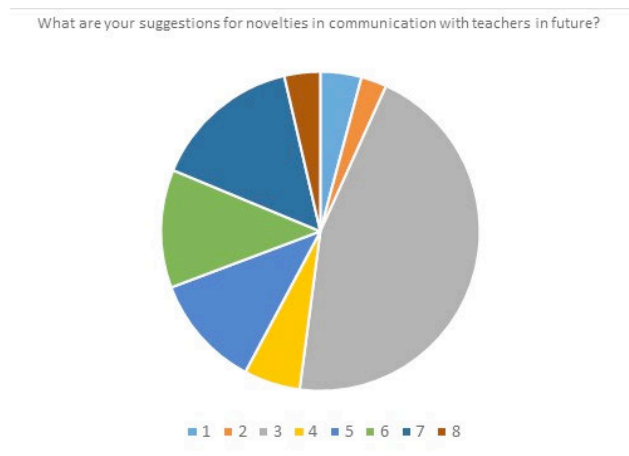


Chart 4.

### 5.0 CONCLUSIONS: GUIDELINES FOR IMPROVING USING AMRES IN FUTURE

The paper discussed different approaches and attitudes that frame three predominant paradigms in integration of ICT in education system: The Technocrat, The Reformist, The Holistic. The approaches range from administrative to curricular, didactical, operational, systematic, cultural and ideological and in correlation with attitudes: agnostic, moderate, radical, extreme radical, maps the level of integration of ICT in everyday academic life. [7]

One of the research results are criteria for mapping approaches within specific form or model in usage of ICT: 1) number and quality of ICT equipment, network, security, 2) integration of usage ICT in overall curricula, 3) integration of usage ICT in specific curricula, tailor made ICT system, 4) moderate or high level of acceptance

among users, 5) number and types of procedures, protocols, tools for using ICT in education, 6) integration of ICT in all organizational units in educational process, 7) Types and number of discussion groups in regards to ways of introducing ICT in specific curricula and overall educational process. According to criteria AMRES, specifically its e-learning service, is in between didactical and operational approach representing governmental ICT instrument for enabling collaboration between educational institutions, academic life, teachers, students. Therefore, it is a system that is in line with general curricula among faculties, providing functionalities to adopt to specific ones.

Measuring attitudes among students in usage of AMRES e-learning service at the ex-cathedra subject Urban design of open public spaces the most important fact is that students expressed an interest to widen functionalities of AMRES towards cultural approach as they showed moderate and radical attitude in integrating ICT into everyday educational life, using so called new web technologies such as e-mails, google groups, Faculty's web portal. Therefore, we can say and recommend that for this specific subject widening functionalities of AMRES and its integration with web portal of Faculty of Architecture in Belgrade is needed in order to meet students' needs and attitudes. On the other hand Holistic paradigm and ideological approach are crucial for this kind of improvements, as large number of students expressed an interest for face to face communication. „It is quite clear that the Universities need to act to ensure that it makes best use of ICT tools. Still, careful thinking and research are needed in order to find the best way to leverage these emerging tools to boost our teaching and learning activity.“ [11:482]

Our guidelines (recommendations) for improvement of using AMRES in academic life are in line with general recommendations for ICT integration in education:

- A well-defined institutional ICT strategy,
- A professional organization of the ICT-focused strategic process,
- The commitment and involvement of the institutional top-management,
- The need to link ICT to organizational development initiatives,
- The inclusion of ICT in human resource management activities, the internal marketing of ICT in the organization,
- The development of comprehensive and relevant documentation related to the process,
- The availability of financial resources,
- The availability of technical support and skills“ [12:419]

## ACKNOWLEDGMENTS

The paper is a result of a scientific research projects: Spatial, ecological, energy efficient and social aspects of settlement development and climate change –

interrelationships, financed by Ministry of education and science, Republic of Serbia, TR36035.

## REFERENCES

- [1] Tomei, L. A. “Taxonomy for the Technology Domain“. USA: Information Science Publishing, 2005.
- [2] Hawkrige, D., Who needs computers in school, and why? *Computers and Education*, No. 15, pp.1–6, 1990.
- [3] Stephenson, J., ed., “Learner-managed learning- an emerging pedagogy for online learning. *Teaching and Learning Online: Pedagogies for New Technologies*. “ London, Kogan Page, 2001.
- [4] Hawkrige, D., “Who needs computers in school, and why? “ *Computers and Education*, No. 15, pp.1–6, 1990.
- [5] Oliver, R. “The role of ICT in higher education for the 21st century: ICT as a change agent for education “, *Proceedings of the Higher Education for the 21st Century Conference*, Curtin, 2003.
- [6] W.J.Pelgrum. “Obstacles to the integration of ICT in education> results from a worldwide educational assessment“. *Computers & Education*, pp. 163-178, 2001
- [7] Aviram, Roni and Tami, Debbie. “The impact on ICT in education: the three opposed paradigms, the lacking discourse. “ *Unpublished manuscript*. Israel : Beer-Sheva University , 2004.
- [8] Castells, M. “The Rise of the Network Society“. Oxford: Blackwell Publishing, 2000
- [9] RS. AMRES. <https://www.amres.ac.rs>. [Online] May 19, 2011.
- [10] Bazik, D., *Urban Design Technique Course: Education for Reflective Urban Designer- Requirements of Social, Economic and Professional Transition*, in *Reformae: handbook for European higher architectural education area*, Siljanoska, J., Korobar, V. (eds.), Tempus SCM C019 A04, 2008
- [11] Grosseck, G. “To use or not to use web 2.0 in higher education? “, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 1, pp. 478-482., 2009
- [12] Stensaker, Bjorn, et al. “Use, updating and integration of ICT in higher education: Linking purpose, people and pedagogy., *Higher Education*, Springer, pp. 417-433., 20

# MEASURING THE LEVEL OF BUSINESS PROCESS MATURITY IN THE BANKING SECTOR IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Marina Mijoska<sup>1</sup>, Kalina Trenevska Blagoeva<sup>1</sup>, Sasho Josimovski<sup>1</sup>, Lidija Pulevska Ivanovska<sup>1</sup>, Dimitar Jovevski<sup>1</sup>  
*Faculty of economics – Skopje, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Republic of Macedonia<sup>1</sup>*

**Abstract** - *The competitive global environment of the 21st century has re-raised attention to business processes because companies primarily consist of business processes, and not products and services which are considered as process outputs. Likewise, organization's performance nowadays is envisioned in the efficiency of its business processes that on the other hand requires a process orientation of the organization. In this sense, nowadays managing a business is equivalent to managing its business processes*

*But, being aware of its business processes is not enough. Managing mature business processes in e-business environment is the new challenge for contemporary management. In this sense, maturity models have been proposed to gradually assess and improve business processes in organizations. Since more mature companies i.e. companies that are on a higher process levels outperform their competitors, process maturity and process maturity models become very interesting topics in the management literature.*

*Due to that, the main goal of this paper is to analyze business process maturity of the banking sector in the Republic of Macedonia. To achieve this goal, a survey with managers in the banking sector was conducted based on the previously prepared questionnaire for business process orientation, business process maturity and process characteristics of organizations. Based on the analysis of the results from the empirical study some general conclusion and future recommendations are given at the end of the paper.*

**Key words:** *business processes, banking sector, business process orientation, process maturity.*

## 1. INTRODUCTION

In today's global environment, companies are pressured to become more flexible, fast responding and customer oriented. In order to outperform their rivals they should continuously improve their business processes and understand their organizations not only as a construction of functions and departments, but as a highly integrated system of business processes. To achieve these goals they should become process oriented [8].

Although, business process orientation (further in the text BPO) is not yet recognized as an independent discipline, it pulls great attention from practitioners and researchers

worldwide. BPO represents a generic concept of numerous management philosophies that use process perspective to improve business performance [4]. Many authors through the time like Deming, Porter, Davenport, Short, Hammer, Byrne, Imai, Drucker, Rummler-Brache and Melan have viewed this concept as the new model of the organization. This new way of thinking and viewing the organization in the literature has been generally described as business process orientation.

Organizational transformation towards process orientation for companies means numerous benefits like more efficient execution of work resulting in cost savings, improved customer focus, better integration across the organization, and increased flexibility of the company accompanied with improved customer satisfaction etc. Another benefit from process focus is improved hand-offs between functions that leads to cycle time reduction [10]. Process orientation reflected in processes that are broadly defined eliminates redundant activities, verifying inputs one time for all functions within organization [3].

It's becoming more and more evident that process-oriented organizations have better organizational performance rather than the ones that are not process oriented. Several empirical studies indicate positive impact of BPO on organizational performance [5], [9]. Further, it is indicated that investments in business processes creates competitive advantage for companies and provides significant improvement to the overall business/organizational system [5], [9].

BPO is applicable in managing different organizations and industries. The main difference is that in some industries delivers higher value and better results than in others. Beside companies from manufacturing sector, which are traditionally and naturally process oriented, other examples of positive effects of BPO are evident in some high tech industries, telecommunication, banking and finance, trade etc.

## 2. BUSINESS PROCESS ORIENTATION AND BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL

Due to the increased awareness of business processes and their importance in improving organizational performance, there is an abundance of definitions and terms explaining organizations which are focused on its business processes. Among the variety of terms used to describe modern, successful, competitive, efficient,

flexible and customer oriented organization of the 21 century, in the literature are the following terms presented in Table 1.

Table 1. The term process oriented organization in the literature

<i>Horizontal corporation</i>	Byrne, 1993
<i>Horizontal organization</i>	Daft, 2007; Day, 1999; Ostroff, 1999
<i>Process based organization</i>	Vanhaverbeke and Torremans, 1998; O'Connell, Pyke and Witthead, 2006
<i>Process centered organization</i>	Hammer, 1996
<i>Process driven enterprise</i>	Fisher, 2005
<i>Process enterprise</i>	Hammer and Stanton, 1999
<i>Process focused organization</i>	De Toro and McCabe, 1997; Gardner, 2004; Neubauer, 2009
<i>Process managed organization</i>	Rummler, Ramias and Rummler, 2006
<i>Process organization</i>	Osterloh and Frost, 2006, Kohlbacher, 2010
<i>Process oriented organization</i>	De Toro and McCabe, 1997; Kuwaiti and Kay, 2000; McCormack and Johnson, 2001; Chalikias, Valiris and Chytas, 2003; Sharp and McDermott, 2009
<i>Process-centric organization</i>	Jeston and Nelis, 2006

In the literature there are numerous definitions of BPO as well. One considered as general is the one of McCormack and Johnson (2001) who define BPO as an organization that, in all its thinking, emphasizes processes as opposed to hierarchies with a special emphasis on outcomes and customer satisfaction [8].

The concept of BPO is based on the assumption that the value to customers is delivered by streamlining and accelerating work patterns [8], [1]. Placing the focus directly towards customer and managing end-to-end processes provides a strategic approach in achieving a competitive advantage in the current customer-centric business environment.

But, being aware of its business processes is not enough. Managing mature business processes in e-business environment is the new challenge for contemporary management. In this sense, maturity models have been proposed to gradually assess and improve business processes in organizations. Since more mature companies i.e. companies that are on a higher process levels outperform their competitors, process maturity and

process maturity models become very interesting topics in the management literature.

In order to measure the level of maturity, it is first necessary to define the BPO construct i.e. its elements which at the same time represent critical success factors in achieving higher levels of maturity.

The concept of BPO in the literature is considered as multidimensional and holistic. Hence, different authors have identified different elements that constitute BPO, each of them having different impact on BPO maturity level. As most relevant in the literature are models and frameworks defined by Kohlbacher, (2010), Škrinjar et al., (2010), Willaert et.al, (2007), Reijers (2006), Rosemann et.al, (2006), McCormack, and Johnson (2001). These models in general differ in the number of elements i.e. critical success factors influencing the level of BPO in organizations.

Since this is the first research in the field that is conducted in the Republic of Macedonia, we consider proper to analyze shorter list of factors that are most critical for achieving BPO in organizations. Due to that, we decided that the model of McCormack and Johnson (2001) will be appropriate to achieve the goal of this research. This model is empirically validated in developed countries, and an effort for testing its validity in the context of the Republic of Macedonia is authors' ongoing project.

According to McCormack and Johnson (2001), the BPO construct is defined through the following three elements: process view, process jobs and process management and measurement [8]. In addition to the basic components, they also discuss about the importance of two supporting components: organizational (process) structure and organizational culture referring to the process values and believes. Although these two elements enable the basic components to operate, interactively, they are not empirically proved in their model [8], [9]. The above mentioned BPO elements refer to the following:

- *Process view (PV)* refers to the importance of the definition and documentation of business processes and their understanding from top to bottom and from the beginning to end of a process in the organization. w. Documentation of process steps, activities and tasks comes in both visual and written formats that allow people in different job functions and companies to communicate using the same vocabulary. This component includes broad understanding of the processes across the organization, not just documentation.
- *Process Jobs (PJ)* refer to the definition of process related tasks and roles in the organization. These jobs include horizontal rather than vertical responsibility. People participate and take ownership of the entire process. Titles such as "Supply chain team member," "Order fulfillment process owner," and "Global supply chain manager" are examples of these process jobs.



- *Process Management and Measurement systems (PMM)*. This component includes process measurement systems, rewards for process improvement, outcome measurements, customer-driven and team-driven measures, and rewards.

These individual dimensions of the BPO construct i.e. measured variables - PV, PJ and PMM in the model are measured by 3, 3 and 5 items respectively.

In addition, McCormack and Johnson (2001) also suggest maturity measurement tool differing four levels of maturity: ad hoc, defined, linked and integrated processes [8]. The first level is estimated with the average score of 1,5; the second 2,5; the third 3,5 and the fourth level with average score of 4,5. This measurement tool will help us to estimate on which maturity level are analyzed companies in our survey.

### 3. GENERAL CHARACTERISTICS OF THE BANKING SECTOR IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Since BPO is becoming promising concept for managing organizations and improving their organizational performance, not only in manufacturing sector, which is traditionally considered as process oriented sector, but in the service industries as well, the banking sector in the Republic of Macedonia was selected for further analysis.

At the end of 2013, there were 16 banks and 4 saving houses operating in Republic of Macedonia. Compared to 2012, the number of banks is the same, but the number of saving houses is lower by three, due to the changes in the Banking law (three saving houses are transformed into financial companies). The Banks represent the most significant financial mediator (balance sheet assets at 30.6.2013 amounted to 357 billion MKD), whereas, savings houses held an insignificant share. The concentration of the sector remains high, with 68,8% share of the three largest banks in the total assets of the sector (Table 2).

Table 2. Basic Information of the banking sector in the Republic of Macedonia

	2009	2010	2011	2012	2013
Number of Banks	18	18	17	16	16
In foreign ownership	14	14	13	12	12
Balance sheet assets*	269	305	331	353	357
Deposits from the non-financial sector *	188	213	234	245	246
Loans (gross) from the non-financial sector*	174	187	202	216	222
Gross Profit*	1.725	2.307	1.218	1.504	351
Deposits from the non-financial sector / Balance sheet assets	70%	70%	71%	70%	69%
Loans (gross) / Deposits	93%	88%	86%	88%	90%

\*in billion MKD

Source: NBRM, <http://www.nbrm.mk/>

Regarding the ownership structure, 12 banks are in foreign ownership, whereas, four are in domestic ownership. The foreign capital mostly comes from EU member states, namely Greece, Slovenia and Austria. The number of employees in the banking sector is continuously growing, simultaneously with the increased productivity and performance of banks, measured by the amount of the total assets divided by total number of employees i.e. assets per employee indicator.

### 4. CHARACTERISTICS OF BUSINESS PROCESS ORIENTATION AND BUSINESS PROCESS MATURITY OF THE BANKING SECTOR IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

For the purposes of this paper, an interview with 37 managers from the banking sector in the Republic of Macedonia was performed based on the previously prepared questionnaire. The questionnaire was consisted of three parts. The questions in the first part refer to the demographic characteristics of companies i.e. banks and respondents (managers). The second part comprises questions regarding the main process characteristics of the companies. The third part contains question regarding the BPO construct which was based on the McCormack and Johnson (2001) model [8]. Despite the questions in the first part which were multiple choice questions, for the questions in the second and third part a five point Likert scale was used. The interview was conducted in May 2014. The results show the following independent characteristics of the sample (Table 3).

Table 3. The Independent characteristic of the examined companies and respondents

A. Independent characteristics of the companies	Frequency	%
<i>Number of employees</i>		
10 - 49	2	5,41
50-249	6	16,22
250+	29	78,38
<i>Market share</i>		
up to 5%	5	13,51
6-10%	7	18,92
10 - 25%	13	35,14
more than 25%	12	32,43
<i>Ownership structure</i>		
private domestic	6	16,22
private foreign	19	51,35
mixed	11	29,73
public enterprise	1	2,70
<i>Organizational structure</i>		
functional	12	32,43
divisional	19	51,35
matrix	4	10,81
project	0	0,00

process	1	2,70
hybrid	1	2,70
<b>B. Independent characteristics of respondents</b>	<b>Frequency</b>	<b>Percentage</b>
<b>Hierarchical position of the respondents</b>		
Top management	3	8,11
Middle management	14	37,84
Lower management	12	32,43
Other	8	21,62

The second part of the questionnaire provides us with initial data regarding the process characteristics of companies in the banking sector in the Republic of Macedonia. Based on the detailed literature review, the following characteristics of process based organizations were considered important: process management, strategy alignment/governance, human resources, organizational culture, performance measurement system (control), information technology [2], [6], [11], [12], [13], [15].

Table 4. Descriptive statistics

<b>Characteristics of process oriented organization</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. deviation</b>
Process management	3,35	0,90
Strategy /governance	2,73	1,24
Human resources	2,59	1,28
Organizational culture	2,86	0,95
Performance measurement system	2,27	0,93
Information technology	3,16	1,23

The data presented in the Table 4, shows us that the managers in Macedonian banks have evaluated the process management category with the highest score among the other six characteristics. This category refers to the defined and documented business processes in organizations. This is a good indicator since business process definition i.e. knowing your processes, is the trigger in applying BPO in organizations. The lowest score was given to the performance measurement system, which means that in the analyzed banks there is still no defined performance measurement system. Due to the importance of such a system, the Macedonian banks should be guided in defining and implementing performance measurement system since it is one of the most important elements of BPO [6], [7], [8], [12], [13], [14], [15], [16]. The standard deviation values also reveal important information. Process management category has the lowest standard deviation. This means that all respondents have in average defined business processes in their banks meaning there are no cases with low or very high level of definition of business processes. In contrast, the human resources category has the highest standard deviation score. This means, that regarding the human resource category which refers to the empowering of employees, team work, multi-skilling, continuous training

and learning of new things on the job, there are banks that emphasize a lot this values of employees and ones that don't.

Regarding the BPO construct, the results of the survey are given in Table 5.

Table 5. BPO construct – descriptive statistics

<b>BPO construct</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. deviation</b>
<b>Process view</b>		
PV1	3,59	0,80
PV2	3,38	0,86
PV3	3,89	0,74
<b>Process jobs</b>		
PJ1	3,62	1,11
PJ2	3,24	0,95
PJ3	3,57	0,96
<b>Process management and measurement</b>		
PMM1	3,73	0,80
PMM2	3,59	0,80
PMM3	3,19	0,81
PMM4	3,41	0,80
PMM5	3,57	0,87

The lowest average value has PMM3. This means that in the banks in the Republic of Macedonia, resources are still allocated more on functional basis instead on processes. The highest average value has PV3, which means that business processes in analyzed organizations – banks are well defined so that many employees understand how they work. At the same time PV3 has lowest standard deviation, which again confirms the conclusion that in most of the analyzed banks business processes are well defined and broadly understood within organizations. The highest standard deviation i.e. variance in the answers has PJ1. This means that there are banks where average employee understands the importance of business processes, but also there are cases where this statement is not true.

Based on the mean of analyzed critical success factors of the defined BPO construct, an average process maturity level of the analyzed companies i.e. banks can be measured. The data show that the average value for BPO is 3.53. Although this score matches the third level of BPO maturity based on the measurement tool of McCormack and Johnson (2001) model, the result still cannot be generalized.

In order to do so, further deeper analysis is needed. The plan is to expand the survey and the sample in order to perform full statistical analysis. We plan to extend the research in the following directions:

- it is planned to expand the survey on a including companies from other service industries in the country;
- a manufacturing sector companies that are traditionally considered process oriented can be also included in the analysis in order to compare both sectors service vs. manufacturing. This can be useful in order to prove that service companies can also benefit from process orientation;
- extending the sample with both companies from the service and the manufacturing sector can provide estimation of the general business process maturity level of companies in the Republic of Macedonia;
- the diversity of the sample could also provide making comparative analysis between service and manufacturing sector companies;
- to test the validity of McCormack and Johnson (2001) model for measuring the BPO maturity of companies by factor analysis;
- to test the impact of BPO on organizational performance in the companies in the Republic of Macedonia.

Based on the initial data obtained by interviewing managers of the banking sector in the Republic of Macedonia, it can be concluded that:

- they understand the meaning and importance of business processes although their organizational design is still based on other, more traditional, forms of organizational design like divisional, functional, matrix;
- they understand the importance of process language in all levels of communication within and outside the organizations;
- they understand the importance of process roles and process jobs that are multidimensional and require teamwork and multi-skilling;
- they understand the importance of formal structure that supports and guides BPM projects;
- they understand the meaning and importance of measuring performance of business processes;
- they understand the need and importance of defined and documented business processes using inputs and outputs from their customers i.e. customer focus;
- they acknowledge the need of intensive training and knowledge dissemination in the business process management domain.

Business process orientation and business process management are strategic decisions and hence, require top management support, financial investment, time and commitment of all human resources in the company. BPO requires changes in the complete mindset in organizations including human resources, overall organizational culture organizational structure adjustment, strategic alignment etc. The trip towards process focused organization is not a revolutionary but rather an evolutionary effort. This means that companies should join all of its resources and forces

in order to gain the promised benefits from these undertakes. This counts for Macedonian companies as well.

The suggested list of critical success factors analyzed in this study could help managers in the banking sector in the Republic of Macedonia to focus and streamline their effort in achieving higher level of business process maturity since they promise higher organizational performance and hence better competitive position in the market [2], [8], [14].

## 5. CONCLUSION

Regarding the business process orientation, managers in the Macedonian sector are aware of the importance of business processes, but their companies i.e. the work is still organized mostly based on divisions and functions. In this regard, this is not an obstacle for organizational transformation into process-oriented organization since, as confirmed in the theory; a company should not be completely horizontally organized in order to be process oriented. Achieving an optimal balance between vertical and horizontal organization design is the key to improved organizational performance, since both types of organizational designs have advantages and limitations.

In order to take the advantage of the process orientation, managers have to understand that it is very important to start thinking and acting on a process way, since customers are five times less satisfied from the business process that the bad product and service.

Regarding the estimation of the business process maturity level of the banking sector in the Republic of Macedonia, a more solid theoretical base should be formed in order to systematically analyze the level of BPO.

Knowing where we are in comparison to others (regional and global competition), can help Macedonian companies not only in the banking sector, but in general, to become more competitive in the global environment. They should plan and support organizational transformation towards business processes, since higher levels of process maturity can increase their overall performance.

## LITERATURE

[1] Davenport, T. H., Process innovation: Reengineering work through information technology. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

[2] Fisher, D. M., "The Business Process Maturity Model A Practical Approach for Identifying Opportunities for Optimization", BPTrends, pp. 1–7, 07 September, 2004. available at: [www.bptrends.com](http://www.bptrends.com).

- [3] Galbraith, J. R., *Designing organizations: An executive guide to strategy, structure, and process*, San Francisco: Jossey-Bass. 2002.
- [4] Hammer, M., The process audit, *Harvard Business Review*, Vol. 85, No. 4, pp. 111-123, 2007.
- [5] Kaplan, R. S. Norton, D. P., Using the balanced scorecard as strategic management system. *Harvard Business Review*, 1/2, 1996, pp.75–85.
- [6] Kohlbacher, M. (2010), "The effects of process orientation: a literature review", *Business Process Management Journal*, Vol. 16 No. 1, pp. 135 – 152.
- [7] Lindfors, C, Process orientation: An approach for organizations to function effectively. 2003 available at: <http://cic.vtt.fi/lean/singapore/LindforsFinal.pdf>
- [8] McCormack, K. and Johnson, W, *Business process orientation – Gaining the e-business competitive advantage*, St. Lucie Press, Florida, 2001.
- [9] McCormack, K.P., Business process orientation, supply chain management, and the e-corporation. *IIE Solut.* 33(10), 2001, pp. 33-35
- [10] Oden, H. W., *Transforming the organization: A social-technical approach*. Westport: Quorum books, 1999.
- [11] Ostroff, F., *The Horizontal Organization*, Oxford: Oxford University Press, New York, 1999.
- [12] Reijers, H. A., Implementing BPM systems: the role of process orientation, *Business Process Management Journal*, Vol. 12, No. 4 pp. 389 – 409, 2006.
- [13] Rosemann, M. and vom Brocke, J., The six core elements of business process management, pp.107-127, 2010. In vom Brocke, J. and Rosemann, M., Editors, *Handbook on Business Process Management, Introduction, Methods and Information Systems*, International Handbooks on Information Systems, Vol.1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- [14] Škrinjar, R., Štemberger Indihar, M. and Hernaus, T., The impact of business process orientation on organizational performance, *Proceedings of the 2007 Informing Science and IT Education Joint Conference*, University of Ljubljana, Slovenia, 22-25 June 2007.
- [15] Van Looy, A., de Backer, M. and Poels, G., Defining business process maturity. A journey towards excellence, *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol.22 No.11, pp.1119-1137., 2011.
- [16] Willaert, P., Van den Bergh, J., Willems, J. and Deschoolmeester, D., The process-oriented organisation: a holistic view developing a framework for business process orientation maturity", pp. 1-15, 2007. In G. Alonso, P. Dadam, and M. Rosemann, Editors, *Business Process Management, 5th International Conference, BPM 2007*, Brisbane, Australia, September 24-28, Proceedings, Springer, Berlin Heidelberg, 2007.
- [17] <http://www.mchamber.org.mk>
- [18] [www.nbrm.mk](http://www.nbrm.mk)

# KOLABORATIVNE LMS PLATFORME ZA E-UČENJE

Dragana Glušac<sup>1</sup>, Dragica Radosav<sup>1</sup>, Branko Markoski<sup>1</sup>, Dušanka Milanov<sup>1</sup>  
*Univerzitet u Novom Sadu, Tehni ki fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – *Moderne tehnologije donele su nove standarde u oblasti obrazovanja koji su u znatnoj meri pomerili tradicionalna shvatanja i modele nastave. U odnosu na novo značenje pojma znanja, koje se sada orijentiše na aktivno sticanje i usvajanje znanja, razvijaju se i sve više koriste softverske komponente koje će pomoći pojedinačnom studentu da takvo znanje stekne. U ovom radu će biti objašnjen pojam sistema za upravljanje učenjem, njegove osnovne karakteristike kao i primeri ovih sistema koji se u praksi danas najčešće koriste.*

**Abstract** – *Modern technologies brought new standards in the field of education that have significantly shifted traditional concepts and teaching models. In regard to this new concept of knowledge, that is now oriented to active knowledge adoption, software components are designed and used to help individual students to adopt this knowledge. This paper describes systems for learning management, their basic characteristics, as well as examples of these systems most commonly used in practice today.*

## 1. UVOD

Brz tehnološki napredak ljudske civilizacije inicira potrebu za promenama i u obrazovnom konceptu. U svetu su prihvaćeni novi standardi u oblasti obrazovanja koji su u znatnoj meri pomerili tradicionalna shvatanja i modele nastave. U ovom tehnološkom trenutku, svedoci smo rapidnog procesa modernizacije obrazovne tehnologije. Pojam znanja se takođe menja. Zahteva se transformacija tradicionalnog modela reprodukcije znanja u model aktivne izgradnje znanja, gde su nastavnici i učenici partneri u zajedničkom delovanju na izgradnji baze znanja. Novo doba nameće celoživotno učenje (Life Long Learning), gde je aktivni pojedinac prinuđen da individualno transformiše prikupljene informacije u znanje. To je ono čemu ga treba naučiti, ne samo da samostalno nalazi informacije, nego i da upravlja njima, analizira ih i pretvara u korisno znanje. Uloga nastavnika u školi samim tim postaje nešto drugačija: nije više centar učionice u kojoj se odvija frontalna nastava već saradnik, instruktor ili "trener" koji pomaže učenicima da uče na svoj način i uspešno prerade informacije u znanje. Osnovni zadatak nastavnika jeste naučiti učenike kako da uče. Imperativ je stvoriti informacijski pismene učenike. Takva osoba razume ulogu računara kao saradnika u procesu potrebe za informacijom, efikasno traga za njom i obrađuje je. Pri tome je svesna da uspešnost tog procesa zavisi najviše od njenih sopstvenih znanja i sposobnosti, a ne od tehnologije koju koristi.

Školsko e-učenje je primena metoda elektronskog učenja u institucionalnim okvirima nastavnog rada, obogaćeno elektronskom tehnologijom, realizovano prilagođenim metodičkim postupcima, osmišljenim tako da

omogućavaju sticanje znanja, sposobnosti i veština učenika za savremena kolaborativna radna okruženja.

## 2. LMS – SISTEMI ZA UPRAVLJANJE UČENJEM

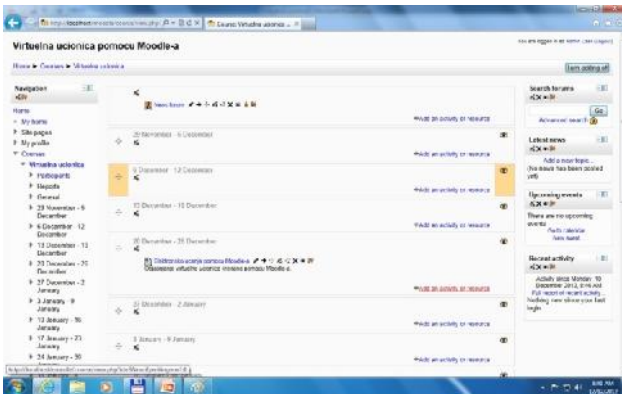
Termin sistem za upravljanje učenjem usvojen je u celom svetu kao akronim od engleskog izraza Learning Management System - LMS. Postoje mnogi termini sa istim ili sličnim značenjem. Prema [1], sistem za upravljanje učenjem može se definisati kao softverska aplikacija ili Web bazirana tehnologija koja se koristi za planiranje, implementaciju, i procenu specifičnog procesa učenja. Druga definicija Baumgartnera navodi da je LMS e-learning platforma softver server-side orijentisan koji pomaže u nastavi podržavajući organizaciju nastavnog materijala za učenje putem interneta. Osim toga, oni ističu glavne domene LMS-a: organizaciju nastavnog sadržaja, komunikacione alate, ocenjivanje učinka učenika, i podršku administrativnim poslovima u vezi sa sadržajem, kursovima, studentima, njihovim ocenama i tako dalje.

U literaturi, takođe postoji termin sistem za upravljanje sadržajem - content (LCMS). U nekim radovima, LMS i LCMS se koriste se kao sinonimi. Međutim, većina ih razlikuje jer se LMS definišu kako sistemi koji pružaju podršku samo na nivou kursa. Nasuprot tome, LCMS inkorporiraju koncept podrške u stvaranju, čuvanju i upravljanju učenjem.

LMS se može posmatrati kao prazna školjka koja je namenjena popunjavanju sadržajem, kreiranju i upravljanju kursovima od strane nastavnika. Smešteni su kao Web aplikacije na serveru, a pristupa im se preko Web pregledača. Server je stacioniran bilo gde u svetu. Može mu se pristupiti kroz lokalnu mrežu ili putem interneta. LMS osim alata za kreiranje kursa pružaju mogućnost kontrole pristupa, tako da samo upisani polaznici mogu da ga posećuju, vide i interaguju sa njim. Pored kontrole pristupa, LMS -ovi poseduju različite alate koji čine da kurs bude još uspešniji. Oni omogućavaju memorisanje podataka, komunikaciju u raznim formama, testiranje i anketiranje učenika, prikupljanje i pregled zadataka, beleženje ocena. Elementi koji su ugrađeni skoro u svim LMS sistemima su [3]:

- Administrativni moduli za sistematizaciju podataka portala, kurseva i korisnika,
- Unos, sistematizacija, modifikacija obrazovnih resursa (teksta, multimedije),
- Korisnički profili zaštićeni metodama enkripcije,
- Test modul, upitnik i razni drugi mehanizmi za procenu i proveru znanja, kao i elektronski dnevnik,
- Mogućnost organizacije individualnog i timskog rada,
- Sistem za elektronsko plaćanje (online plaćanje),

- Mogućnosti imejla, foruma, četa, portfolio, audio i videokonferencija.



Slika 1. Virtuelna učionica Moodle

### 3. ARHITEKTURA LMS SISTEMA

Arhitektura LMS sistema za elektronsko učenje zasnovana je na četiri glavne komponente: korisnički nivo, nastavni materijal, evaluacija aktivnosti i komunikaciona platforma. Korisnički nivo preuzima brigu o svim vrstama korisnika koji participiraju u sistemu. Komponenta zadužena za nastavni materijal prati tok i isporuku svih vrsta zapisa koji nose informaciju o nastavnom sadržaju i sam sadržaj.



Slika 2. Struktura LMS

U okviru LMS-a, korisnik se na platformu može prijaviti kao nastavnik, učenik ili kao administrator.

Administrator je uobičajen naziv za lice koje ima sva ovlašćenja nad sistemom i koje je hijerarhijski vrh sistema. Omogućen mu je pristup svim segmentima funkcionisanja, od organizacije korisnika i grupa, preko konfigurisanja kursa, do praćenja statistike sistema. Administrator kreira i dodeljuje nastavničke naloge, tj. daje korisniku ovlašćenja za nastavnika koji će samostalno kreirati nastavni sadržaj i tok. Nastavnici ne moraju biti eksperti u radu sa sistemom već je dovoljno da budu obučeni.

Dakle, nastavnik u e-learning okruženju kreira kurs ili predmet, nastavnu temu, korisničke grupe, odabira alate

potrebne u nastavi, i realizuje samu nastavu. Ovlašćenja nastavnika su manja u odnosu na administratora. Nastavnik poznaje onoliko procedura koliko mu je neophodno za rad, a samim tim ima više vremena da se skoncentriše na izradu i oblikovanje nastavnih tema i bavi se metodikom e- nastave.

Učeniku je dozvoljen uvid u nastavni materijal i elemente neophodne za učenje, tj. samo ono što mu je nastavnik omogućio. Nastavnik određuje one alate koji će biti na raspolaganju učeniku. Upućuje ga, i vodi u učenju ali je na učeniku da se sam organizuje i uči u vremenu i tempu koje njemu odgovara. Nastavnik mu ostavlja mogućnost komunikacije sa drugim učenicima, nastavnikom ili sa školskom ustanovom uopšte, kao i dodatne linkove u vezi date teme. Na ovakav način podstiče se kreativnost i snalžljivost učenika da dođe do dodatnih informacija vezanih za gradivo i samim tim nauči još nešto novo što mu nastavnik nije dao u gradivu.

### 4. ORGANIZACIJA NASTAVNOG SADRŽAJA

Proces pripreme i izdavanja nastavnog materijala za potrebe sistema za elektronsko učenje treba i mora biti organizovan tako da materijal može biti lako nađen, preuzet i korišten od strane korisnika sistema, dakle "učenika".

Osnovni tehnički problem u procesu uvođenja elektronskog učenja jeste nekompatibilnost među platformama različitih proizvođača. Kursevi razvijeni za različite sisteme nisu podudarni i ne mogu se lako uklopiti. Razvoj sadržaja je zadatak koji iziskuje velik broj pomoćnih alata i resursa. Često se organizacija i isporuka sadržaja mora prerađivati kako bi se uklopila u logiku nove platforme. Rešenje ovog problema pronađeno je u ustanovljavanju standarda o strukturi sadržaja. Ovim standardima obezbeđuje se nezavisnost od platforme. Da bi se kurs preneo iz jednog sistema u drugi potrebno je preneti sve elemente tog kursa (lekcije, testove, multimedijalne fajlove), zajedno sa pripadajućim "metapodacima". AICC-ov odbor za učenje uz pomoć računara doprineo je standardizaciji strukture kurseva svojim "Smernicama za interoperabilnost" (Guidelines for Interoperability) [6]. Prema AICC-u delovi kursa koji se mogu prenositi definisani su kao elementi strukture kursa. Postoje dva osnovna tipa elemenata strukture:

- Objekti, najmanje jedinice pridruživanja, osnovni obrazovni elementi koji se mogu prezentovati učeniku.
- Blokovi (eng. blocks) koji grupišu objekte pridruživanja i druge blokove.

Cilj kursa je dodatni element koji se koristi za definiciju uslova kursa. Tako su objekti, blokovi i ciljevi elementi kursa. Ova specifikacija je nezavisna od broja elemenata strukture kursa tj. moguće je dodati neograničeni broj elemenata strukturi. Sledeći prikaz je načinjen na osnovu AICC-ove referentne strukture organizovanja nastavnih programa:

Nivo	Ime	Opis
1	Kurikulum (Curriculum)	Skup srodnih kurseva
2	Kurs (Course)	Jedinica poučavanja. Cilj kursa predstavlja ono što bi student trebao znati kako bi izvršio niz veština ili savladao određenu količinu znanja.
3	Poglavlje (Chapter)	Smisljena podela kursa. Skup poglavlja ili lekcija.
4	Podpoglavlje (Subchapter)	Smisljena podela poglavlja. Skup lekcija ili modula.
5	Modul (Module)	Logički skup lekcija (jedna ili više).
6	Lekcija (Lesson)	Jedinica poučavanja koja je logična podela poglavlja, podpoglavlja.
7	Pojmovi (Topic)	Logična podela lekcije.
8	Sekvenca (Sequence)	Deo lekcije gde veliki deo prikazanih slika ostaje nepromenjen dok lekcija napreduje. Svaka studentova interakcija ili aktivnost vezana uz lekciju ima vizualni prelaz (visual carry-over) iz prethodne aktivnosti (visual inertia). Sekvence su obično razdvojene praznim ekranom.
9	Ekran /slajd (Screen/ Frame)	Smisljena vizualna predstava nekog pojma i svaka interakcija vezana uz nj. Sadržaj jedne prezentacije koja se pojavi u jednom trenutku tokom lekcije.
10	Objekat (Object)	Deo ekrana ili okvira. Jednostavni objekti mogu biti grafički, tekstualni ili logički. Grafički i tekstualni objekti imaju atribute prikaza, a logički atribute ponašanja.

Tabela 1. Struktura organizovanja nastavnih sadržaja

LMS se definiše i kao operativni sistem za e-učenje zato što obezbeđuje funkcionalnu infrastrukturu i automatizuje administrativne poslove bez dodatnog napora korisnika tokom procesa učenja [10]. Sistem za upravljanje učenjem predstavlja programsku podršku koja omogućava održavanje kompletnog procesa učenja. Uoga LMS-a je prevashodno upravljanje, distribucija i objavljivanje objekata i blokova učenja. Uz to, LMS obavlja registraciju nastavnika i učenika, administrira njihove podatke, omogućava statističke izveštaje po obavljenom poslu. LMS obezbeđuje nastavnicima rukovođenje obrazovnim materijalima, komunikaciju sa učenicima, i uopšte izvođenje nastave. Obično je oblikovan tako da obezbeđuje navigaciju kroz sam sistem. LMS ne uključuje autorske alate, nego je orijentisan isključivo na upravljanje kursevima koji su kreirani u nekim drugim alatima.

Suštinska uloga LMS -a je koordinacija svim elementima sistema elektronskog učenja, obezbeđujući time preciznu i kvalitetnu kontrolu nad ponašanjem učesnika, samim procesom učenja, kao i analizom rezultata. Kontrola rezultata obezbeđuje unapređivanje kvaliteta sistema odvijanja nastave, detekciju eventualnih problema kao i ono najvažnije a to je obezbeđivanje korisnicima e-sistema iskorišćenje svih resursa za učenje i efikasnu komunikaciju sa nastavnikom.

Na tržištu postoji ponuda velikog broja gotovih LMS-a, ali najviše uspeha postizu ona rešenja koja su skladu sa SCORM standardima, čime se obezbeđuju kompatibilnosti između metodologija i korištenja standardnih zapisa multimedijalnih sadržaja.

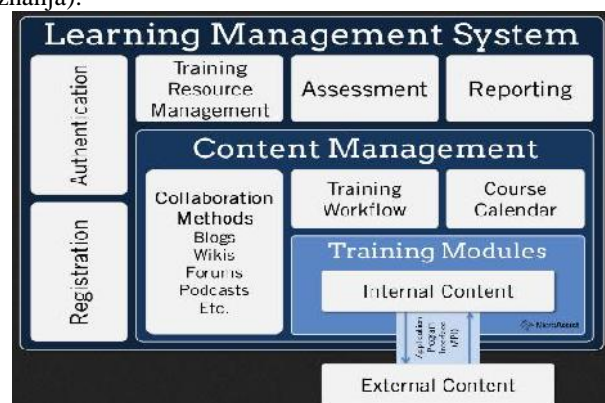
Postoji veliki broj domenski nezavisnih sistema: sistemi za upravljanje učenjem (Learning Management System – LMS), sistemi za upravljanje sadržajem ((Content Management Systems – CMS) i sistemi za informacijski menadžment (Information Management Systems– IMS).

## 5. TEHNIČKI ZAHTEVI LMS-A

Tehnički zahtevi LMS-a kreću se od poštovanja principa intuitivnosti, odnosno prirodnosti postupanja i lakog korištenja od strane krajnjih konzumenata, učenika, što u stvari jesu minimalni zahtevi za instalaciju, do skalabilnosti sistema. Skalabilna arhitektura sistema podrazumeva autentifikaciju registrovanih korisnika i aktivno praćenje (i pamćenje) čitavog toka učenja. Mogućnost samoregistracije korisnika je zahtev za automatizovanom sinhronizacijom, a od sistema se takođe sa tehničke strane mora očekivati da poseduje osobinu povezivosti odnosno kompatibilnosti sa računarskim platformama [5].

Specifični tehnički zahtevi:

- Sistem-administratorski (profili, uloge, klase, grupe, predmeti, nastava, kurikulumi, resursi)
- Sistem-korisnički (registracija, uloge i korisnička prava, autentifikacija, praćenje)
- Korisnički (razred, predmet, sadržaj, lekcija, učenici, nastavnici, resursi, autorizacije, učenje, testiranje/ispitivanje/ocenjivanje, statusi, konflikti i razrešenja konfliktata)
- Sistemi analize i izveštavanja (tehnologija i performanse, proces sticanja znanja i ocena usvojenih znanja).



Slika 3. LMS šema

LCMS (Learning Content Management System) je sistem orijentisan na upravljanje obrazovnim sadržajima. Služi za kreiranje, smeštanje, prikupljanje sadržaja u obliku digitalnih obrazovnih objekata. Predstavlja kombinaciju funkcionalnosti sistema za upravljanje sadržajem (CMS - Content Management System) i sistema za upravljanje učenjem (LMS).

Uvođenje sistema za e-učenje moguće je na dva načina: kodirati apsolutno nove, i individualnoj svrsi prilagođene softvere, ili koristiti neku od gotovih sistema, tipa Moodle, Cleroline, Atutor, Joomla, i mnogi drugi koje besplatno distribuiraju svoje osnovne verzije. Na tržištu su dostupni mnogi besplatni alati (Moodle, Claroline) i komercijalni (WebCT, BlackBoard, IntraLearn), i neki će biti detaljnije obrađeni u nastavku rada.

### LITMOS

Litmos LMS je SCORM certifikovan sistem on-line trening koji omogućava brzo kreiranje Web baziranih kurseva. Prilagođen je i može se distribuirati na Mac, PC, iPhone, iPad i Android platformama. On-line kursevi kreiraju se pomoću elemenata videa, PowerPoint prezentacija, anketa, kvizova i još mnogo toga. Podleže SCORM standardima [13].

### EDVANCE 360

Edvance LMS ima sveobuhvatan pristup: kreiranje lekcija korištenjem standardnih formata datoteka, dostava sadržaja, instruktorsko vođenje kurseva, uz mogućnost implementiranja modularnih kurseva. SCORM je kompatibilan. Uključuje Web 2.0 tehnologije kao što su wiki, zajednice, itd [8].

### TALENT LMS

Talent LMS je korisniku orijentisan Cloud baziran LMS. Brz je, lak i jeftin za korištenje, vrlo modernog dizajna. Odmah nakon otvaranja stranice nudi se tutorijal ili registracija korisnika. Odmah se može ubacivati materijal, bez instalacije lokalnog servera, jer Talent LMS radi po principu CLOUD-a. Veoma jednostavno se integriše nastavne multimedijalne resurse: video, prezentacije, dokumenta. Podleže SCORM standardima [14].



Slika 4. Talent LMS

### EDU 2.0

EDU 2.0 LMS je hostovan na Cloud Amazon. Za korisnika je dovoljno da se prijavi na sajt, i preuzme za početak trajal verziju. Nema dodatnih instalacija niti potrebe za održavanjem sistema. Okruženje je moderno dizajnirano, privlačno, veoma lako za korišćenje. Nudi platforme udaljenog učenja kompanijama i obrazovnim ustanovama. Posедуje brojne integrisane funkcije i sistem se kontinuirano unapređuje. Kompatibilan je sa Google Docs, Paypal, Google Apps. Ugrađena je podrška za wiki, blogove, sobe za časkanje, grupe i forume. Kolaborativnu saradnju koristi privatno ili u okviru grupe čiji je član. Zanimljivo je što se na osnovu povratne informacije od korisnika vrši stalno nadograđivanje sistema.

Osnovna namena je primena u nastavnom procesu, i realizuje se kroz kreiranje bogatog kurikulumu kursa, bez ikakvog tehničkog znanja koristeći isključivo ugrađene autorske alate. Omogućen je upload materijala uključujući audio, video, PowerPoint prezentacije, kancelarijske dokumente, i Google Docs. Promena rasporeda časova ili poglavlja može se uraditi prostim „drag and drop” akcijama. Navigacija je jednostavna i intuitivna, čak prikazuje indikator trenutne pozicije korisnika na kursu. Omogućava bogatu analitiku.

Poseduje sveobuhvatnu podršku za testiranje znanja putem kviza. Nudi sedam vrsta pitanja. Ugrađeni su mehanizmi za instant povratne informacije tokom trajanja kviza.

Slika 5. Edu 2.0 Dodavanje kursa

### JOOMLA

Joomla CMS je platforma namenjena korporacijskim i obrazovnim potrebama. U analizi mogućnosti koje ima konstatovano je da je veoma pogodna za sajtove koji su posvećeni učenju na daljinu. Joomla CMS je danas vodeći CMS koji je više puta nagrađivan i koji teži ka stalnom usavršavanju. Razlog zbog kojeg bi se Joomla CMS koristila kao platforma za učenje na daljinu je jednostavan: Joomla-om se izuzetno lako upravlja, jednostavno je upravljati ogromnim količinama podataka iz različitih oblasti, kao i lako kontrolisanje korisnika što je važno kada su u pitanju sajtovi posvećeni učenju na daljinu.



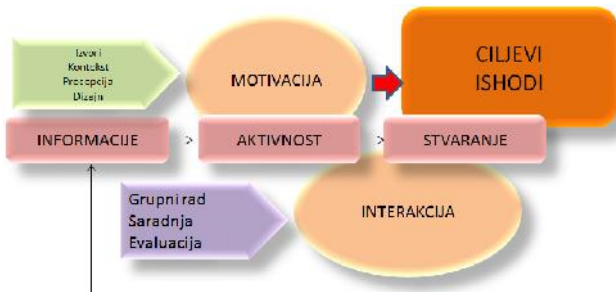
Iz dosadašnjeg iskustva u analizama sajtova koji su se bavili učenjem na daljinu zaključeno je da je najveći problem, pored motivacije polaznika, administracija sajta. Danas je to znatno olakšano jer sam administrator ne mora toliko dobro da poznaje PHP, MySQL, HTML, XHTML, CSS itd. kako bi uspešno ažurirao sajt.

### CLAROLINE

Claroline je softver otvorenog koda, što omogućava preuzimanje izvornog koda i prilagođavanje sopstvenim potrebama. Time se omogućava kreiranje i administriranje kurseva prema sopstvenim potrebama putem interneta. Prema nekim izvorima, Claroline se koristi u više od 80 zemalja širom sveta i na više od 30 jezika.

Claroline je besplatan Learning Management System, odnosno sistem za upravljanje učenjem baziran na PHP-u i MySQL-u, razvijen na katoličkom univerzitetu (Université Catholique de Louvain) iz Belgije. Sam naziv potiče od akronima „On-line učionica“ (Classroom on line). Kompatibilan je za Windows, Macintosh i Linux okruženja, tj. sa svim sistemima koji nude mogućnost korišćenja Web pretraživača.

Claroline je veoma jednostavno okruženje za korišćenje, tako da se i može za veoma kratko vreme savladati i koristiti bez problema. Za dinamički model učenja na daljinu, autori Claroline, inače nastavnici, odabrali su pojednostavljen model učenja:



Slika 6. Pedagoški model Claroline [7]

Učenik dobija informacije koje pomoću svojih aktivnosti transformiše u znanje, a na koje se zatim nadograđuje sledeći proces „stvaranje“. U ovom procesu neizostavni faktori su motivacija i interakcija – funkcionalna (iz okoline) i relacijska (od drugih učenika i nastavnika).

### MOODLE LMS

Moodle je softver otvorenog koda licenciran GNU Public Licencem, i zaštićen je autorskim pravom. Naziv potiče od akronima za modularno objektno – orijentisano dinamičko okruženje za učenje (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). Razvoj Moodle-a započeo je 1999. godine i bio je zamišljen kao otvoren i besplatni softver. Taj proces i danas traje jer je naišao na široku podršku korisnika. Iako je autorski zaštićen dozvoljene su neke dodatne modifikacije u vidu kopiranja, korišćenja i menjanja Moodle-a pod uslovom

da se ne uklanja originalna licenca ili obaveštenje o autorskom pravu.

Spada u jedan od najrasprostranjenijih LMS sistema u svetu. Moodle je postao veoma popularan i omiljen sistem kod nastavnika, i prema istraživanju nalazi se na 9. mestu na listi 100 najkorištenijih alata u obrazovanju. Zanimljivo je da se pre njega na listi nalaze Twitter (na 1. mestu!), Facebook, YouTube, PowerPoint, Skype, Wikipedia. Moodle je u konkurenciji LMS daleko odskočio od svih ostalih, pretpostavlja se zahvaljujući pre svega tehničkoj, i “obrazovno-tehnološkoj” karakteristici, ali i zato što je njegov razvoj usmeravan na nove obrazovne teorije i metodologije.

Moodle je razvijen jezikom PHP-a koji je i sam besplatan. Koristi se za kreiranje, modifikovanje i upravljanje sadržajem na Web-u pa zapravo predstavlja Web CMS. Instalacija i eksploatacija su veoma jednostavni, čak trivijalni što ovaj proizvod čini veoma prihvatljivim rešenjem za školski rad. Na internetu postoji mnogo priručnika za korišćenje Moodle, a pored dokumentacije postoje i forumi gde se mogu pronaći odgovori na pitanja o konkretnim rešenjima problema. Posebna stavka na servisu moodle.org je i lista dodatnih modula i plugin-ova koji se mogu ugraditi u svaki sajt zasnovan na Moodle platformi. Servis pruža priliku za dodatno informisanje, diskusije i saradnju između Moodle korisnika što obuhvata administratore, predavače, istraživače, instrukcijske dizajnere i naravno, programere. Ovaj sajt, kao i Moodle, je u procesu konstantnog razvoja kako bi zadovoljio potrebe svoje zajednice, i takođe je besplatan. Moodle je platformski nezavisno okruženje i može se izvršavati bez dodatnih modifikacija za Unix, Linux, Windows, Mac OS X, NetWare i bilo koji drugi sistem koji podržava PHP i bazu podataka, uključujući i većinu Web-host provajdera. Za čuvanje podataka, Moodle koristi MySQL ili PostgreSQL okruženje. Moodle omogućava korisnicima da samostalno kreiraju svoj sajt, bez velike programerske veštine, i da kasnije njime upravljaju. Jedina stvar koja zahteva neko bolje poznavanje računara i računarske tehnike je instalacija "Moodle"-a na server. I ovde postoji olakšica u vidu "Moodle" paketa za Windows, koji omogućavaju da skoro svaki računar koji je povezan na internet može biti server za Moodle sajt.

Još jedna veoma bitna stvar u vezi Moodle-a je automatizacija većine procesa vezanih za održavanje nastave. Jednom podešeni parametri za funkcionisanje sajta i tako pripremljen kurs sasvim je dovoljan preduslov za nesmetano funkcionisanje sajta uz minimalno prisustvo administratora ili kreatora kursa. Administrator je na vrhu hijerarhijske piramide koji održava sistem, dodeljuje nivo prava svim ostalim učesnicima u kursu. Nastavnik ima manja prava od administratora, zadužen je za kreiranje kurseva, osmišljavanje nastavnog materijala odnosno pripremu i realizaciju digitalizovane nastavne građe i tada ima najviši rang kreatora kursa. Pored statusa kreatora kursa nastavnik može biti rangiran kao predavač sa dozvolom urednika koji sprovodi nastavni proces, ili tutor, koji ne

može vršiti up-load nastavnog materijala, ali može pregledati rezultate testova i ima ostale vrste nadzora. Učenik može imati status korisnika ili gosta. Korisnik konzumira nastavni sadržaj i interaktivno učestvuje u nastavnom procesu, dok gost može samo površno da „pogleda“ sadržaj, ali ne može učestvovati ni u jednoj aktivnosti.

Teorije učenja na kojoj je Moodle zasnovan su konstruktivizam i konstrukcionizam. Funkcije Moodle okruženja podržavaju različite metode nastavnog rada, tako da se može reći da je Moodle dovoljno prilagodljiv za različite stilove učenja i različite potrebe nastavnog procesa. Popularnost Moodle leži u uspešnosti integracije novih tehnologija, savremenoj komunikaciji i tradicionalnim nastavnim zahtevima.

## 6. ZAKLJUČAK

U metodičkom smislu e-učenje uključuje brojne strategije, postupke i tehnike koje podržavaju proces multimedijalnog učenja. U njima se vrši individualna razmena informacija i sticanje znanja onih koji učestvuju u takvom procesu. Kolaborativno i saradničko učenje, timski rad kojima se omogućava komunikacija i saradnja. Time se učenicima daje mogućnost da praktikuju tolerantnu saradnju i stiču životno iskustvo rada u grupi. Osnovni elementi nastavnog procesa – obrada gradiva, vežbanje, sistematizacija i evaluacija znanja dobijaju potpuno novo značenje. U obradi gradiva, osnovni princip je prilagođavanje pružanja informacija mentalnim modelima kroz konstruktivan i kolaborativan pristup. Vežba ili praktičan deo u e-učenju je problemsko istraživačka avantura učenika koja sprovedena kroz igru ili takmičenje postiže jaču intrinzičnu motivaciju. Metodički modeli elektronskog učenja zasnovani na kolaborativnim platformama mogu se primenjivati u predmetima društvenog, prirodnog, tehničkog pa i umetničkog karaktera.

## LITERATURA

- [1] Alias, N. A., and Zainuddin, A. M., “Innovation for Better Teaching and Learning: Adopting the Learning Management System”, *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, 2 (2), 27-40, 2005.
- [2] Baumgartner, P., Häfele, H., and Maier-Häfele, K., „E-Learning Praxishandbuch - Auswahl Von Lernplattformen”, Studienverlag, Innsbruck, 2002.
- [3] Bessenyei, I., and Tóth, Z., „A konstruktivista oktatás környezete és a Moodle“, *Education and Culture Leonardo da Vinci*, Sopron, 2008.
- [4] Mason, R., and Ellis, T., „Extending SCORM LOM”, *Issues in Informing Science and Information Technology*, Vol. 6, pp. 866-874, 2009.
- [5] Stankov S., and Ban, A., „Pristupi i trendovi u standardizaciji E learning-a”, Split, 2004
- [6] Šimić, G., „Inteligentno ponašanje sistema za upravljanje učenjem”, *Doktorska disertacija, Univerzitet Singidunum*, Beograd, 2008.
- [7] <http://www.claroline.net/pedagogical-principles-3.html>
- [8] <http://www.edvancelearning.com/brandyou/registration.html>
- [9] <http://www.e-learning.rs/top-10-alata-za-razvoj-elearning-a>
- [10] <http://www.isodynamic.com/>
- [11] <http://www.i-specify.com/e-learning-management-system.php>
- [12] <http://www.joomla.org/>
- [13] <http://www.litmos.com/>
- [14] <http://www.talentlms.com/>
- [15] <https://moodle.org/>
- [16] <https://moodle.org/>
- [17] <https://www.edu20.org/>

# KREIRANJE 3D MODELA SA VIŠE SLIKA U CILJU PRIKAZA KULTURNOG NASLEĐA

## CREATING 3D MODELS FROM MULTIPLE IMAGES FOR VISUALISATION OF CULTURAL HERITAGE

Zdravko Ivanković<sup>1</sup>, Miodrag Ivković<sup>1</sup>, Dragica Radosav<sup>1</sup>, Branko Markoski<sup>1</sup>, Predrag Pecev<sup>1</sup>  
*Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Digitalizacija kulturnog nasleđa predstavlja proces koji obuhvata veliki opseg aktivnosti. On je u velikoj meri zavistan od samog subjekta koji se digitalizuje, kao i od svrhe za koju se taj proces obavlja. Celokupan proces uključuje 3D digitalizaciju, kreiranje sistema za upravljanje digitalnim sadržajem, prikaz sadržaja i njegovu reprodukciju. 3D digitalizacija kulturnog nasleđa predstavlja prvi korak u okviru snimanja objekata i spomenika. Ona se sastoji od više procesa i podložna je izmenama u zavisnosti od specifičnih zahteva koje postavlja određena aplikacija za digitalno kulturno nasleđe. U okviru ovog rada je predstavljen metod za kreiranje 3D modela na osnovu većeg broja slika koje pokrivaju ceo objekat iz različitih uglova. Predmet modelovanja je stara pegla koja predstavlja predmet srednje veličine i kompleksnosti i samim tim je u potpunosti odgovarajuća u cilju procene mogućnosti predložene rešenja. Rešenje obuhvata primenu SIFT algoritma za izdvajanje ključnih tačaka i njihovo poklapanje, primenu retke (sparse) i guste (dense) rekonstrukcije kako bi se dobio model sastavljen od tačaka. Ovaj model se pretvara u površinu korišćenjem Poisson algoritma. Primena teksture nad kreiranim oblikom daje 3D model. Kreirani model u zadovoljavajućoj meri reprezentuje subjekat modelovanja, čime je pokazano da se dati postupak može uspešno primeniti u cilju kreiranja kulturnog nasleđa.

**Abstract** - The digitization of cultural heritage is a process that includes a large range of activities. It is largely dependent on the subject being digitized, as well as the purpose for which the process is done. The entire process involves the 3D digitalization, creating a system for managing digital content, presentation and reproduction. 3D digitization of cultural heritage is the first step in recording of objects and monuments. It consists of multiple processes and can be changed depending on the specific demands of application for digital cultural heritage. In this paper is presented a method for creating 3D models based on the number of different images that cover the entire object from different angles. Object modeling is an old iron forming the subject of medium size and complexity and is therefore entirely appropriate to assess the capabilities of the proposed solutions. The solution involves applying SIFT algorithm to extract the key points and obtain their matching, implementation sparse and dense reconstruction to obtain a points cloud. This model is converted into the surface using a Poisson algorithm. Application of texture over created shape produces the 3D model. The created model in a satisfactory manner represents the subject of

modeling, which shows that presented method can be successfully applied in order to create a cultural heritage

### 1. UVOD

Digitalizacija kulturnog nasleđa predstavlja proces koji obuhvata veliki opseg aktivnosti. On je u velikoj meri zavistan od samog subjekta koji se digitalizuje, kao i od svrhe za koju se taj proces obavlja. Celokupan proces uključuje trodimenzionalnu (3D) digitalizaciju, kreiranje sistema za upravljanje digitalnim sadržajem, prikaz sadržaja i njegovu reprodukciju. Drugim rečima, uključen je celokupni životni ciklus digitalnog kulturnog sadržaja.

3D digitalizacija kulturnog nasleđa predstavlja prvi korak u okviru snimanja objekata i spomenika. Ona se sastoji od više procesa i podložna je izmenama u zavisnosti od specifičnih zahteva koje postavlja određena aplikacija za digitalno kulturno nasleđe. U skladu sa kompleksnosti koja se od digitalizacije zahteva, a koja proizilazi iz samih objekata koji se digitalizuju, postoji veliki broj različitih metoda i tehnologija. Cilj svake tehnike jeste da se može uspešno primeniti na određeni tip objekata ili spomenika, ili da ispuni određene zahteve i potrebe koje poseduje neki projekat. Postoje tehnike koje daju odgovarajuće rezultate za objekte koji su mikroskopskih veličina, druge tehnike se koriste za male, srednje ili velike objekte, a posebne tehnike se koriste za spomenike.

Veliki broj dostupnih 3D sistema za digitalizaciju je rezultat tri osnovna faktora koja utiču na primenljivost određenog metoda [1]:

- kompleksnost u veličini i obliku
- morfološka kompleksnost (nivo detalja)
- različitost materijala od kojih je objekat kreiran

3D digitalizacija predstavlja kompleksan proces koji se sastoji od tri faze [1]:

- priprema, tokom koje se izvršavaju određene preliminarne aktivnosti koje uključuju donošenje odluka o tome koje tehnologije i metodologije će biti primenjene, kao i određivanje mesta gde će se vršiti digitalizacija i sl.
- digitalno snimanje, koje predstavlja glavni proces
- obrada podataka, koja uključuje modelovanje digitalizovanih objekata kroz objedinjavanje delova koji su zasebno skenirani, geometrijske obrade podataka, kreiranje tekstura, itd.

U okviru ovog rada je predstavljen metod za kreiranje 3D modela na osnovu većeg broja slika koje pokrivaju ceo

objekat iz različitih uglova. Predmet modelovanja je stara pegla koja predstavlja predmet srednje veličine i kompleksnosti i samim tim je u potpunosti odgovarajuća u cilju procene mogućnosti predloženog rešenja.

## 2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

Mapiranje kulturnog sadržaja u 3D digitalne objekte se najpre može razvrstati na osnovu veličine objekta koji se digitalizuje. Zbog tehničkih ograničenja i zahteva koje postavljaju određene aplikacije, mora postojati razlika između digitalizacije objekata i digitalizacije spomenika.

### 2.1. Digitalizacija objekata

**Lasersko skeniranje:** Ovaj sistem se sastoji od uređaja koji emituje laserski snop i optičkog detektora. Laserski snop može biti u formi linije ili nekog drugog šablona koji se emituje na objekat koji se digitalizuje. Prednost korišćenja ovih tehnika je u tome što je laserski snop veoma svetao i ostaje fokusiran čak i na većim rastojanjima. Ovim se postiže velika preciznost i tačnost modelovanog objekta. Sa druge strane, u velikom broju laserskih primena se ne dobija nikakva informacija o teksturi. Takođe, problem nastaje kod površina sa specifičnim osobinama kao što su refleksivnost ili transparentnost. Problem je i visoka cena takvih uređaja. Primeri upotrebe ovih sistema se mogu videti u radovima [2] i [3].

**Oblik na osnovu svetla sa paternom:** Ovaj metod je baziran na projektovanju određenog šablona na površinu objekta koji se digitalizuje. Geometrija oblika se dobija na osnovu deformacije projektovanog paterna. Patern se može projektovati na ceo objekat ili na jedan njegov deo. U velikom broju slučajeva, ovaj metoda se meša sa metodom laserskog skeniranja. Postoje čak i komercijalni sistemi koji se ne mogu apsolutno svrstati u jednu od ove dve kategorije. Ovaj metod može da prikupi informacije o teksturi i da dovede do impresivnih rezultata što se tiče tačnosti. Ovi sistemi predstavljaju jedno od glavnih polja koja se istražuju u okviru 3D skeniranja [4], [5] i [6].

**Oblik na osnovu slike:** Ova tehnika je bazirana na fotografskom beleženju objekta pri čemu se geometrija objekta dobija na osnovu silueta objekta. Kreiranje oblika na osnovu slika predstavlja automatizovan proces koji poseduje visoku produktivnost i relativno nisku cenu. Pomoću njega se mogu obuhvatiti i oblik i teksture. Osnovni nedostatak ovog principa je osrednja ili loša rezolucija u okviru geometrijskih merenja. Radovi u okviru ove oblasti 3D digitalizacije su: [7], [8], [9] i [10].

### 2.2. Digitalizacija spomenika

**Topografske tehnike:** Ove tehnike implementiraju 3D pravougaoni koordinatni sistem korišćenjem specijalnih uređaja za merenje koji poseduju visoku tačnost. U većini slučajeva se koristi sistem Geodesic Station koji meri uglove i rastojanja ključnih tačaka na površini spomenika, koje se dalje transformišu u koordinate u odnosu na početni pravougaoni koordinatni sistem. Osnovne

prednosti ovog sistema su velika tačnost i objektivnost u okviru merenja. On je pouzdan i lak za obradu dobijenih rezultata. Nedostatak je potreba za dugim fizičkim prisustvom u blizini spomenika, ali je to jedini metod koji se može koristiti pod teškim uslovima, kao što su kompleksni oblici i težak pristup. On je idealan za kreiranje visoko tačnih modela u razmeri 1:50 ili manjih [11].

**Lasersko skeniranje:** Laserski skeneri se mogu smatrati naprednim Geodesic Station sistemima. Oni mogu da mere smer optičke linije koja povezuje ključne tačke na površini spomenika sa referentnim tačkama na uređaju koji vrši merenje. Takođe, skeneri mogu da izmere svoje rastojanje od trenutno posmatrane tačke. Primenom poznatog trigonometrijskog principa, ovi sistemi mogu da automatski kreiraju Kartesian koordinate. Osnovna prednost ovih sistema je velika tačnost, kao i veliki opseg podataka koji se dobija merenjem. Ovi sistemi mogu biti primenjeni tokom digitalizacije bilo kog spomenika. Najveća mana je cena [12].

## 3. EKSPERIMENTALNI RAD

U okviru istraživanja, urađen je primer modelovanja objekta sa više slika kako bi se kreirao 3D objekat. U cilju kreiranja modela, korišćen je veći broj open-source softvera koji su besplatni za korišćenje, pa je samo istraživanje jednostavno za proveru. Cilj istraživanja je modelovanje stare pegle koja se koristila na prostorima današnje Srbije pre nego što su se pojavile električne pegle i struja uopšte. Modelovanje starih predmeta koji se više ne koriste i njihovo prebacivanje u 3D modele predstavlja formu digitalizacije nasleđa, čiji je cilj da se običaji i tradicija sačuvaju od zaborava. Izgled pegle koja je modelovana je prikazan na slici 1.



Slika 1. Pegla čiji 3D model predstavlja cilj istraživanja

Da bi bilo moguće kreirati 3D model sa slika, potrebno je obezbediti što veći broj slika koje prikazuju svaki deo predmeta koji se modeluje. U okviru ovog istraživanja, korišćene su 63 slike pri čemu su one načinjene iz različitih uglova u odnosu na peglu. Rastojanje je takođe promenljivo, zbog čega posmatrani predmet menja svoju veličinu na različitim slikama.

#### 4. ODREĐIVANJE KLJUČNIH TAČAKA

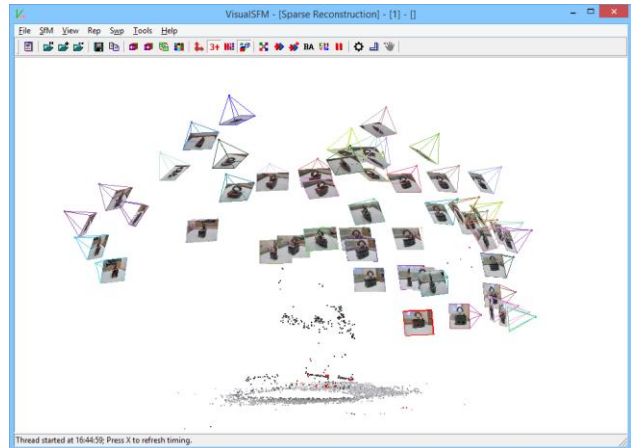
Prvi korak je povezivanje slika u jednu celinu. Pošto se koristi veliki broj slika, one (bi trebale da) prikazuju ceo objekat čiji se 3D model kreira. Međutim, veliki broj slika se međusobno preklapa. Slike su kreirane pod različitim uglovima i sa različitim pozicija, ali i dalje one prikazuju jedan objekat pa se npr. na više od 10 slika vidi leva strana pegle. Da bi povezali slike i odredili preklapanja između njih, koristi se SIFT algoritam [13]. Ovaj algoritam izdvaja ključne tačke na posmatranim slikama, pri čemu razlika u veličini objekata koja nastaje kao posledica zumiranja, nema uticaj na tačnost određivanja ključnih tačaka i njihovo povezivanje. Nad slikama se primenjuje LoG (Laplacian of Gaussian) algoritam pri čemu se vrednost za  $\sigma$  menja. LoG se ponaša kao detektor objekata koji objekte prepoznaje u različitim veličinama, zahvaljujući promeni parametra  $\sigma$ . Kada se pronađu potencijalne lokacije ključnih tačaka, one se moraju proveriti kako bi se dobili tačniji rezultati. U tu svrhu se koristi algoritam čiji je cilj preciznije pronalaženje lokacija za ekstremne vrednosti. Ukoliko je intenzitet ekstremne vrednosti manji od određenog praga, on se odbacuje. Takođe se odbacuju i tačke koje predstavljaju linije, pa ostaju samo tačke koje imaju veliki potencijal da predstavljaju ključne tačke.

Za svaku tačku se kreira opis. Uzimaju se lokacije oko ključne tačke dimenzija  $16 \times 16$ , koje se dele u 16 pod-blokova veličine  $4 \times 4$ . Za svaki pod-blok, kreira se 8-bitni histogram orijentacije. Na ovaj način se kreira 128-bitna vrednost koja se predstavlja kao vektor.

Ključne tačke između dve slike se poklapaju ukoliko im se vrednosti vektora poklapaju ili su veoma bliske. Međutim, u nekim slučajevima, postoje dve vrednosti koje su veoma bliske traženoj. U takvim slučajevima se računa odnos razlika između ovih tačaka. Ukoliko je on veći od 0,8, tačke se odbacuju. Na ovaj način se uklanja 90% netačnih poklapanja, dok se odbacuje samo 5% tačnih poklapanja [13].

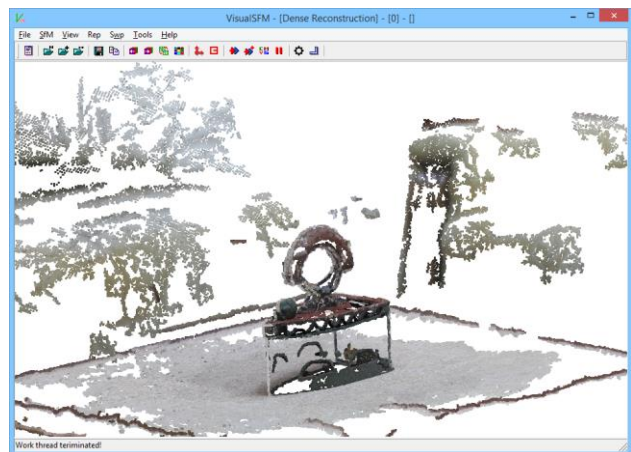
#### 5. KREIRANJE 3D MODELA

Sledeći korak je kreiranje 3D modela na osnovu slika. Koristi se SfM (Structure from Motion) algoritam [14] koji je implementiran u okviru softvera VisualSfM. Poklapanja slika se koriste kako bi se odredile lokacije 3D tačaka u odgovarajućem koordinatnom sistemu. Na ovaj način se kreira takozvana "retka" rekonstrukcija (sparse reconstruction). Primena ovog koraka je grafički prikazana na slici 2. Tokom procesuiranja slika, vrši se rekalkibracija kamere i određuje se njen položaj u odnosu na posmatrani objekat. Lokacije sa kojih su slike načinjene, kao i sam izgled slika prikazani su oko objekta koji se modeluje na slici 2. Objekat je predstavljen tačkama koje se dobijaju kao presek prepoznatih ključnih tačaka sa više posmatranih slika. Ovaj korak prethodi "gustoj" rekonstrukciji (dense reconstruction).



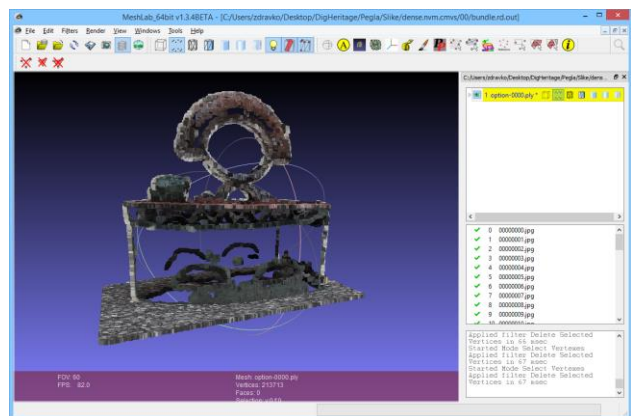
Slika 2. Primena SfM algoritma

Gusta rekonstrukcija je prikazana na slici 3. Ovim procesom se kreira oblak tačaka (point cloud).



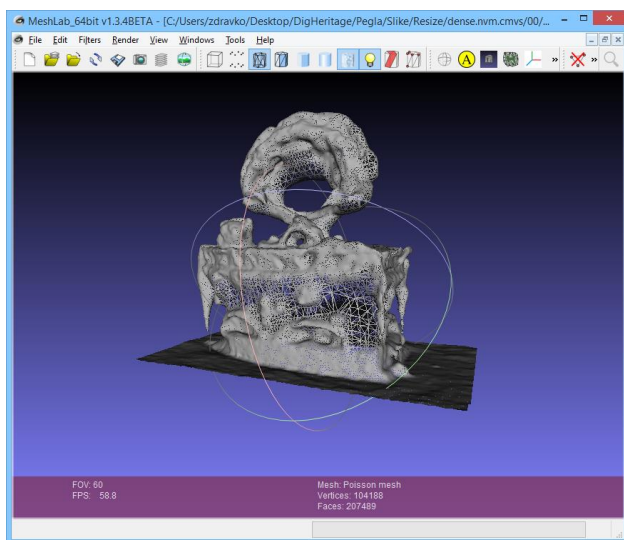
Slika 3. Kreiranje guste rekonstrukcije

Sa slike 3 se može videti da je pored objekta posmatranja (pegle) rekonstruisan i veliki broj drugih objekata. To su svi objekti koji su se nalazili na slikama. Oni ne predstavljaju predmet modelovanja i zato ih je potrebno ukloniti. Za uklanjanje tačaka koje predstavljaju šum koristi se softver MeshLab. Pomoću njega smo uklonili sve rekonstruisane tačke osim pegle i dobili rekonstruisani model koji je prikazan na slici 4.



Slika 4. Prečišćen rekonstruisani model

Na osnovu skupa tačaka se sada kreira površina. U tom cilju se koristi Poisson Surface Reconstruction algoritam [15]. Rezultat primene ovog algoritma je prikazan na slici 5. Kreiranje 3D površina iz skupa tačaka je čest problem u okviru kompjuterske grafike. On omogućava uklapanje skeniranih podataka, punjenje rupa koje su se pojavile u okviru površine objekta i bolje kreiranje mreže koja predstavlja model posmatranog objekta. Poisson Surface Reconstruction algoritam računa 3D indikatorsku funkciju  $\chi$  koja ima vrednost 1 u tačkama unutar modela, a vrednost 0 u ostalim tačkama. Ključna pretpostavka je da postoji veza između orjentisanih tačaka koje se nalaze na površini modela i indikatorske funkcije modela. Pored toga, gradijent indikatorske funkcije je vektor koji ima vrednost nula skoro svuda (jer je u većini slučajeva indikatorska funkcija konstantna), osim u tačkama koje se nalaze u blizini površine, gde je jednak unutrašnjoj normali na površinu. Zbog toga se orjentisane tačke mogu posmatrati kao gradijenti indikatorske funkcije modela.



Slika 5. Rekonstrukcija površine Poisson algoritmom

Problem računanja indikatorske funkcije se prebacuje na problem invertovanja gradijent operatora, tj. pronalaženje skalarne funkcije  $\chi$  čiji gradijent najbolje aproksimira vektor  $\vec{V}$  koji je definisan pomoću uzorka tačaka. Ukoliko se primeni operator divergencije, problem se transformiše u standardni Poisson problem: računanje skalarne funkcije  $\chi$  čiji je Laplacian (divergencija gradijenata) jednaka divergenciji vektora  $\vec{V}$ :

$$\Delta\chi \equiv \nabla \cdot \nabla\chi = \nabla \cdot \vec{V} \quad (1)$$

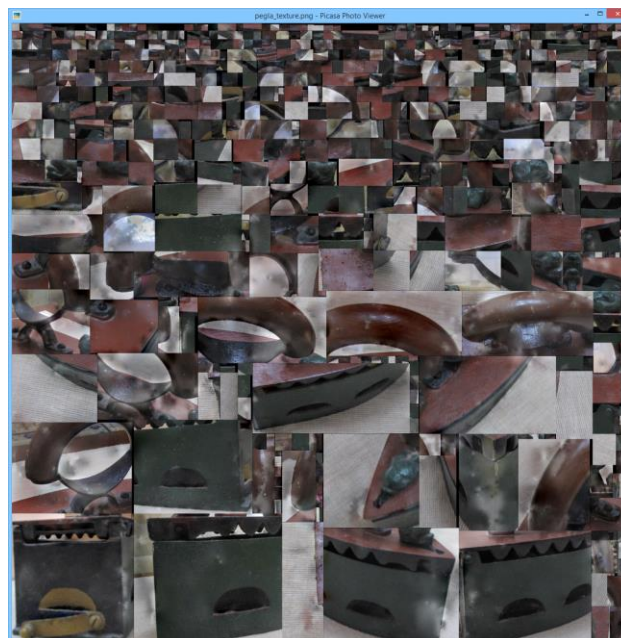
Formulisane problema rekonstrukcije površine kao Poisson problema ima više prednosti. On predstavlja globalno rešenje koje razmatra sve podatke odjednom, bez oslanjanja na heurističko deljenje ili mešanje. Kreira se veoma glatka površina koja robusno aproksimira šumovite podatke [15].

## 6. KREIRANJE TEKSTURE I RENDEROVANJE

Za 3D model željenog predmeta se kreira tekstura. Ona se određuje tako što se kreiraju isečci koji odgovaraju

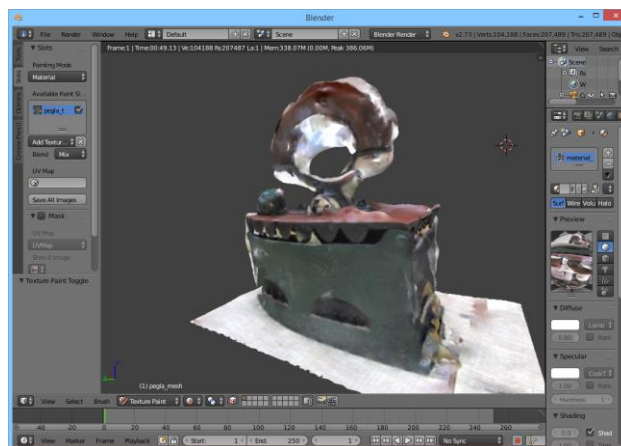
projekciji delova površine na skup registrovanih rastera. Izgled kreirane teksture je prikazan na slici 6.

Algoritam prvo određuje koja slika poseduje najbolji prikaz bilo kog dela objekta koji se modeluje. Za bilo koji prikaz se koristi tačno jedna slika. Na ovaj način se kreiraju teksture koje su veoma čiste.



Slika 6. Tekstura koja se koristi za prikaz modela

Poslednji korak je kreiranje 3D prikaza modela na koji je primenjena tekstura. Za ovu svrhu se koristi softver Blender koji zapravo predstavlja alat za 3D modelovanje. On omogućava da se ručno popravi model, tako što će se kreirati delovi koji nedostaju, promeniti prikazi koji nisu korektno modelovani i slično. Kada završimo sa krajnjim izmenama modela, nad njim primenjujemo teksturu i dobijamo konačni izgled rekonstruisanog objekta. Izgled 3D modela sa teksturom je prikazana na slici 7. Prikazani model je moguće pomerati, rotirati, zumirati i sl. kako bi se omogućio njegov kompletan prikaz. Ovim je završeno kreiranje 3D modela iz skupa slika.



Slika 7. Renderovani 3D model

## 7. ZAKLJUČAK

Digitalno nasleđe omogućava da se predmeti koji su se nekad koristili pretvore u digitalnu 3D formu i na taj način sačuvaju za sledeće generacije. Za pretvaranje u 3D formu, postoji veći broj specijalizovanih uređaja i tehnika. Odabir odgovarajuće metodologije zavisi od samog objekta koji se digitalizuje, kao i zahteva projekta u okviru kog se digitalizacija izvršava.

U ovom radu je prikazan primer kreiranja modela na osnovu velikog broja slika koje su napravljene tako da prikazuju svaki deo pegle, koja predstavlja predmet modelovanja. Dobijeni rezultati ukazuju da se tehnika bazirana na korišćenju više slika i njihova analiza kroz predstavljene algoritme, može uspešno upotrebiti u cilju kreiranja digitalnog nasleđa.

Sledeća istraživanja će imati za cilj ispitivanje mogućnosti drugih algoritama. Pored toga, analiziraće se uticaj dodatnih faktora, kao što su osvetljenje, rezolucija slika i prisustvo okolnih objekata na rezultat modelovanja.

## NAPOMENA

Ovaj rad je delimično sponzorisan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Srbije, Grant: 171039.

## LITERATURA

- [1] G. Pavlidis, A. Koutsoudis, F. Amaoutoglou, V. Tsioukas, C. Chamzas, "Methods for 3D digitalization of Cultural Heritage", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 8, No. 1, pp 93-98, 2007
- [2] B. Curless, M. Levoy, "Better optical triangulation through spacetime analysis", *Proceedings of Fifth International Conference on Computer Vision*, pp 987-994, 1995
- [3] J.A. Beraldin, F. Blais, L. Cournoyer, G. Godin, M. Rioux, "Active 3D sensing", *Scuola Normale Superiore Pisa*, 2000
- [4] J. Salvi, J. Pages, J. Batlle, "Pattern condensation strategies in structured light systems", *Pattern Recognition*, Vol. 37, No. 4, pp 827-849, 2004

- [5] E.M. Petriu, Z. Sakr, H.J.W. Spoelder, A. Moica, "Object recognition using pseudo-random color encoded structured light", *Proceedings of the 17th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Vol. 3, pp 1237-1241, 2000
- [6] L. Zhang, B. Curless, S.M. Seitz, "Rapid shape acquisition using color structured light and multi-pass dynamic programming", *International Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission*, 2002
- [7] S. Tasovic, R. Sablatnig, M. Kampel, "On combining shape from silhouette and shape from structured light", *7th Computer Vision Winter Workshop*, pp 108-118, 2002
- [8] A. Baumberg, A. Lyons, R. Taylor, "3D S.O.M. – A commercial software solution to 3D scanning", *Eurographics Partner Event Vision, Video and Graphics*, 2003
- [9] D. Scharstein, R. Szeliski, "A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms", *International Journal of Computer Vision*, 2002
- [10] A. Gallo, M. Muzzupapa, F. Bruno, "3D reconstruction of small sized objects from a sequence of multi-focused images", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 15, No. 2, pp 173-182, 2014
- [11] E. Liveratos, "Empiric, topographic of photogrammetric recording? Answers to properly phrased questions", *Proceedings of the congress Terrestrial Photogrammetry and Geographic Information Systems for the documentation of the National Cultural Heritage*, 1992
- [12] A. Guarnieri, F. Pirotti, A. Vettore, "Cultural heritage interactive 3D models on the web: An approach using open source and free software", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 11, No. 3, pp 350-353, 2010
- [13] D.G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 60, No. 2, pp 91-110, 2004
- [14] T. Jebara, A. Azarbayejani, A. Pentland, "3D structure from 2D motion", *Signal Processing Magazine*, Vol. 16, No. 3, pp 66-84, 1999
- [15] M. Kazhdan, M. Bolitho, H. Hoppe, "Poisson Surface Reconstruction", *Eurographics Symposium on Geometry Processing*, pp 61-70, 2006

# ELEKTRONSKA UPRAVA U FUNKCIJI KREIRANJA KULTURE TRANSPARENTNOSTI JAVNOG SEKTORA THE ROLE OF e-GOVERNMENT IN CREATING A CULTURE OF TRANSPARENCY IN THE PUBLIC SECTOR

dr Predrag Đikanović<sup>1</sup>, Duško Sivčević<sup>1</sup>, Dušan Stojanović<sup>2</sup>

*Ministarstvo unutrašnjih poslova – Uprava za informacione tehnologije<sup>1</sup>*

*Ministarstvo državne uprave i lokalne samouprave – Direkcija za elektronsku upravu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Reforma javne uprave je trajan proces koji u današnje vreme predstavlja bitan uslov za uspešno sprovođenje reformskih principa i ciljeva u svim oblastima društva. U poslednjih nekoliko godina, ili bolje rečeno decenija, napredna demokratska društva su upotrebom informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u transformaciji poslovnih procesa javne uprave – razvojem elektronske uprave – radila na povećanju otvorenosti i transparentnosti. IKT su se dokazale kao isplativo i pogodno sredstvo za promovisanje otvorenosti i transparentnosti, ali i kao moćno oružje za smanjenje korupcije.

Reforma i modernizacija javne uprave postiže se uspostavljanjem interoperabilnosti javnog sektora kao preduslova razvoja elektronske uprave, odnosno izgradnjom takvog sistema koji uz pomoć IKT omogućava razmenu podataka, informacija, znanja i ostvarivanja potrebe javnosti za pristupačnim, pouzdanim i transparentnim upravnim uslugama.

Ministarstvo unutrašnjih poslova u saradnji sa Direkcijom za elektronsku upravu i Upravom za trezor realizovalo je na nacionalnom Portalu eUprava elektronsku uslugu “Zamena stare vozačke dozvole za novu (kartičnu)”. Ova usluga razvijena je na način koji omogućava poštovanje principa transparentnosti, etičnosti i odgovornosti u obavljanju poslova javne uprave. Svrha ovog rada je da kroz praktičnu primenu interoperabilnosti u organima državne uprave u cilju razvoja elektronske uprave prikaže doprinos MUP-a u kreiranju kulture transparentnosti javnog sektora.

**Abstract** - Public administration reform is an ongoing process and nowadays an essential prerequisite for the successful implementation of reform principles and objectives in all areas of society. In recent years, or even decades, progressive democratic societies have used information and communication technologies (ICTs) to change public administration business process developing e-Government – also to improve openness and transparency. ICTs are seen to be cost-effective and convenient tool to promote openness and transparency, but also a powerful mean for reducing corruption.

The reform and modernization of public administration is to be achieved by establishing interoperability solutions for public sector as requirements for developing e-Government, or such a system that enables the exchange of data, information and knowledge by using ICTs, and meeting of public's need for available, reliable and transparent administrative services.

Using e-Government Portal, Ministry of the Interior in cooperation with the Directorate for e-Government has implemented the electronic service named “Exchange of old (paper) driving license for a photocard licence”. This service is based on the principles of transparency, ethics and accountability in carrying out public administrative task. The purpose of this paper is to demonstrate interoperability and its practical application, and to show the role of the Ministry of Interior in creating a culture of transparency in the public sector.

## 1. UVOD

Većina zemalja članica Evropske unije usvojila je zakonsku regulativu koja omogućava primenu koncepta otvorenosti vlada i pune transparentnosti (Open Government and Transparency). Međutim, postavlja se pitanje da li je ovaj koncept otvorenosti vlada i politike transparentnosti moguće sprovesti u praksi, odnosno na koje napore se treba fokusirati da bi se ovaj koncept sproveo. Ovu problematiku sa aspekta Republike Srbije neophodno je posebno analizirati uzevši u obzir aktuelnu finansijsku situaciju i stepen razvoja informacionog društva.

Svedoci smo u Evropskoj uniji, ali i šire u svetu, velikih napora u “guranju” Open Government and Transparency koncepta na nivo politike.[1] Ovaj proces ne zaobilazi ni Republiku Srbiju. Obamina administracija kroz agendu otvorene vlade (*The Open Government Agenda*) [2], Evropska unija kroz Deklaraciju iz Malmea (*the Malmö Declaration*) [3] ili Digitalnu agendu (*The Digital Agenda for Europe*) [4] daju prioritete za učešću građana u transparentnosti vlada i politika koje one sprovode.

U poslednjih vreme napredna demokratska društva su upotrebom informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u transformaciji poslovnih procesa javne uprave – razvojem elektronske uprave, radila na povećanju otvorenosti i transparentnosti. Elektronska uprava (e-uprava) podrazumeva način organizovanja javnog sektora sa ciljem povećanja efikasnosti, transparentnosti, lakšeg pristupa i odziva zahtevima građana, intenzivnom i stratezijskom primenom tehnologije (IKT) u javnom sektoru. [5]

Transparentnost procesa vlada i lak pristup građana vladama čine osnovu za demokratsko upravljanje. Tehnologija ne može da reši probleme demokratije, ali može osnažiti građane da učestvuju u demokratskim procesima.



## 2. IKT I JAVNI SEKTOR

Postoje mnogi materijalni dokazi koji govore o tome da je čovek od pamtiveka pokušavao da primenom tehnologije unapredi svoj život. Današnji stepen tehnološkog napretka zaslužen je za globalizaciju trgovine, komunikacija i načina života. Modernim tehnologijama, a pod tim pojmom se misli na IKT, pripisuje se poboljšanje efikasnosti i produktivnosti, ali i poboljšanje životnog standarda na globalnom nivou. Prema tome, uloga IKT je da služi kao katalizator za unapređenje ekonomskog razvoja i kvaliteta života ljudi. [6]

Zemlje širom sveta su iskoristili IKT u pokušaju da efikasno pružaju informacije i ponude građanima elektronske usluge. Ova otvorenost i upotreba IKT za pružanje informacija građanima i povezivanje građana i vlade elektronskim putem dovela je do stvaranja novih pojmova koji unapređuju funkcionisanje javnog sektora, a koji se nazivaju e-upravljanje ili e-uprava.

Ipak, treba praviti razliku između ova dva značenja. E-uprava je generički pojam koji se odnosi na davanje informacija od strane vlade i pružanje usluga putem Interneta, dok e-upravljanje širi ideju koja se odnosi na korišćenje IKT od strane vladinih i privatnih organizacija za izvršenje funkcije efikasnog upravljanja. [7] [8]

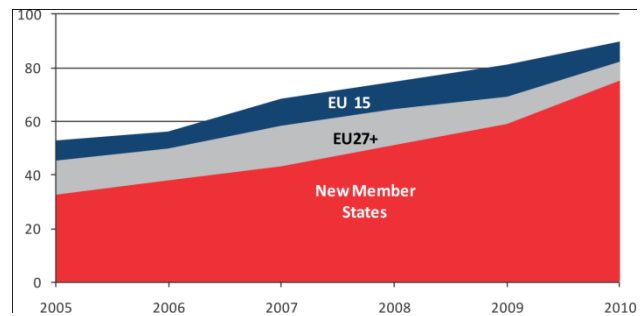
Većina vlada u svetu distribuira informacije putem svojih web strana, izgrađuju svoje digitalne baze podataka i pružaju usluge online putem, u zavisnosti od stepena razvijenosti i digitalizacije njihovog poslovanja. Uopšteno, e-uprava u javnoj upravi je upotreba IKT-a kombinovanih sa organizacionim promenama i novim veštinama u cilju unapređenja pružanja javnih usluga, povećanja demokratskog učešća i uključenosti javnosti, potpunom transparentnošću, u procesu donošenja odluka i kreiranja politika.

E-uprava predstavlja formu elektronskog poslovanja državne uprave i odnosi se na pružanje elektronskih servisa različitim ciljnim grupama u javnosti, odnosno na poslovnu saradnju i transakcije koje javna uprava obavlja sa različitim pravnim licima, kao što su organi državne uprave, druge vladine službe, agencije i slično.

Cilj elektronske uprave je da omogući lakšu, jeftiniju, transparentniju interakciju između vlade i građana (G2C), vlade i privrednih subjekata (G2B), samih vladinih agencija (G2G).

Za Republiku Srbiju, značaj podizanja stepena razvoja e-uprave u sklopu EU integracija je ogroman. To je ujedno i razlog više da se ne sme zaboraviti činjenica o neophodnosti uvođenja velikog broja visoko sofisticiranih elektronskih usluga koje se moraju uvesti kao preduslov za napredak procesa pridruživanja Srbije Evropskoj uniji.

Sledeća slika pokazuje stepen razvoja sofisticiranosti elektronskih usluga u Evropskoj uniji kao i ubrzano smanjenje jaza između "starih" i "novih" zemalja članica.



Slika 1. Full online availability: Trend from 2005-2010, EU27+, EU-15, New Member States (in %) [9]

Globalno posmatrano, istraživanja u oblasti e- uprave su široko fokusirana na pet tema:

1. tehnološke inovacije i modernizacija – korišćenje IKT za efikasnije pružanja javnih usluga;
2. evaluacija projekata e-uprave i analiza pravila – evaluacija inicijativa e-uprave;
3. e-participacija i digitalna demokratija – promene u odnosima između vlasti i građana usled upotrebe mehanizama e-uprave;
4. e-usluge – transformacija poslovnih procesa primenom IKT;
5. odgovornost, transparentnost i širenje informacija – korišćenje Interneta u dostupnosti informacija i elektronskih usluga koje bi mogle dovesti do veće transparentnosti. [10]

## 3. ULOGA E-UPRAVE U REFORMI JAVNE UPRAVE U REPUBLICI SRBIJI

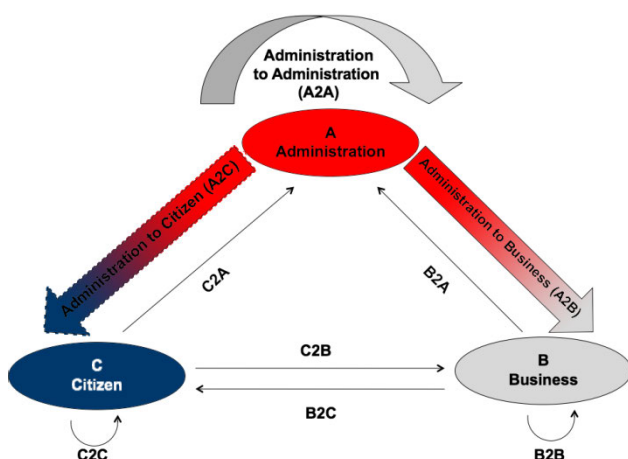
Reforma javne uprave je trajan proces i predstavlja, naročito u savremenim uslovima, bitan uslov za uspešno sprovođenje reformskih principa i ciljeva u svim oblastima društva.

Strategija reforme javne uprave u Republici Srbiji obezbeđuje nastavak započetih reformskih aktivnosti državne uprave i proširuje ih na sistem javne uprave. Ključni razlog proširenja predmeta Strategije sa državne na javnu upravu, odnosi se prvenstveno na potrebu obezbeđenja funkcionalnog jedinstva i standarda kvaliteta aktivnosti kojima se vrše određene vrste upravnih poslova i javnih ovlašćenja, nezavisno od subjekata (organa, organizacija, institucija) koji ih obavljaju. [11]

Upotreba IKT u procesu delovanja sistema javne uprave je usko vezana za unapređenje efikasnosti i efektivnosti ovog sistema, kao i javnog sektora u celini. Preciznije, IKT podupire razvoj modela javne uprave u kojem svi organizacioni sistemi međusobno sarađuju kako bi bolje ispunili postavljene ciljeve.

Reforma javne uprave i primena IKT u procesu delovanja javne uprave se ne mogu odvajati – razvoj e-uprave predstavlja deo razvoja javne uprave, pri čemu se IKT moraju posmatrati kao sredstvo (oruđe) koje podržava

uspešnu reformu i uspešno delovanje sistema javne uprave.



Slika 2. Reforma javne uprave posmatrana kroz model e-uprave [12]

Glavni ciljevi aktivnosti u oblasti reforme e-uprave su obezbeđivanje tehničke podrške za kvalitetno upravno odlučivanje na svim nivoima sistema javne uprave. Izazovi u razvoju e-uprave nisu tehničke prirode (mada ni ovaj aspekt ne treba zanemariti), već se oni odnose pre svega na promenu svesti i stvaranje kulture transparentnosti rada i postupaka u državnim, odnosno javno-pravnim organima, među državnim službenicima i građanima.

Uspešna e-uprava mora odgovoriti na potrebe javnosti za pristupačnim, pouzdanim i transparentnim upravnim uslugama. Pružanje usluga mora biti prilagođeno potrebama građana i pravnih lica, a ne samo državnim službenicima i državnim organima.

#### 4. TRANSPARENTNOST I INTEROPERABILNOST

E-uprava ima snagu da stvori novi model javnog servisa koji subjektima javne uprave omogućava da produkuju moderne, integrisane i nesmetane usluge za građane. U ovom otvaranju javnog sektora, transparentnost se pokazuje kao temeljni nosilac e-uprave. E-uprava predstavlja šemu za unapređenje javne transparentnosti (interne efikasnosti i kvaliteta pružanja usluga). Paralelno s tim, e-uprava svojom transparentnošću smanjuje jaz između građana i subjekata javne uprave. [13]

Transparentnost javnog sektora osnažuje napore države da se promeni ili utiče na ponašanje "moćnih institucija" držeći ih odgovornim za svoje postupke u očima javnosti. Na taj način se ostvaruju dvostruki principi: transparentnosti i odgovornosti. Transparentnost, kroz primenu principa e-uprave, omogućava ne samo jačanje odgovornosti prema građanima, već i smanjenje određenih oblika korupcije.

Reforma i modernizacija javne uprave postiže se uspostavljanjem interoperabilnosti javnog sektora kao preduslova razvoja elektronske uprave, odnosno izgradnjom takvog sistema koji uz pomoć IKT

omogućava razmenu podataka, informacija, znanja i ostvarivanja potrebe javnosti za pristupačnim, pouzdanim i transparentnim upravnim uslugama. Transparentna uprava (e-uprava) omogućava informisanost građana o administrativnim procesima i procedurama kao i o ishodima koji se dešavaju u upravnom postupku.

U Nacionalnom okviru interoperabilnosti (NOI) definisan je 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. [14]

U NOI interoperabilnost se razmatra na tri nivoa: tehnološkom, semantičkom i organizacionom (Slika 3). Pored toga, razmatra se i interoperabilnost nivoa upravljanja koji podrazumeva pravni i politički kontekst interoperabilnosti.



Slika 3. Nivoi interoperabilnosti (prilagođena verzija EIF v2.0)

#### Interoperabilnost 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” [15]. Ona ima za cilj da uspostavi “saradnju uprava koje žele da razmenjuju informacije i mogu imati različite interne strukture i procese”. 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. [16]

### **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”. Informaciona interoperabilnost “omogućava sistemima da kombinuju primljene informacije sa drugim izvorima informacija i da ih obrađuju na smisleni način”. Ona takođe “obezbeđuje zajedničku metodologiju, definisanje i strukturu informacija, zajedno sa zajednički korišćenim uslugama za učitavanje”. [16]

### **Tehnička interoperabilnost**

Tehnička interoperabilnost se “odnosi na tehnička pitanja oko povezivanja računarskih sistema za potrebe razmene informacija ili korišćenja funkcionalnosti”. 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. [16]

## **5. PRIKAZ ELEKTRONSKE USLUGE “ZAMENA STARE (PAPIRNE) VOZAČKE DOZVOLE ZA NOVU (KARTIČNU)”**

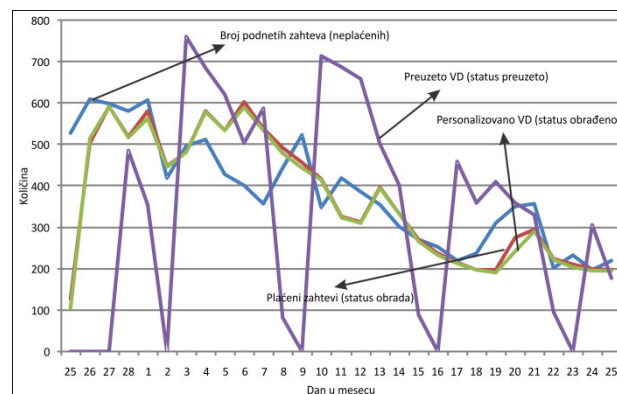
Aktivno učestvovanje organa državne uprave u ostvarivanju građanskih prava omogućava da se poboljša pristup informacijama i uslugama, što je jedan od ciljeva e-uprave. [17] Ministarstvo unutrašnjih poslova (MUP) u skladu sa zakonskim ovlašćenjima u svojim elektronskim bazama vodi registar vozača. U cilju unapređenja servisne funkcije MUP-a realizovan je projekat “Zamena stare (papirne) vozačke dozvole za novu (kartičnu)” koji je imao za cilj da automatizuje proces zamene stare vozačke dozvole za novu. Na taj način omogućeno je da se smanji broj dolazaka građana na šaltere MUP-a kroz jedan kontrolisani proces koji omogućava pojednostavljenje i automatizovanje izvršavanja usluge i izvršenja zakonske obaveze od strane građana.

Projekat je plod zajedničkog rada Ministarstva državne uprave i lokalne samouprave (Direkcije za elektronsku upravu), Ministarstva unutrašnjih poslova i Ministarstva finansija (Uprava za trezor). Navedeni Projekat uspešno

se realizuje u produkcionom smislu od 25. februara 2014. godine.

Elektronsku uslugu, “Zamena stare (papirne) vozačke dozvole za novu (kartičnu)”, mogu da isključivo koriste građani koji imaju ličnu kartu sa čipom i koji su saglasni da fotografija, kao biometrijski podatak, koja je data prilikom izrade lične karte bude korištena za izradu kartične vozačke dozvole.

Elektronska usluga dostupna je građanima preko nacionalnog Portala eUprava ([www.euprava.gov.rs](http://www.euprava.gov.rs)). Portal eUprava je, kao centralna pristupna tačka uslugama organa državne uprave, u skladu sa Akcionim planom za sprovođenje aktivnosti Strategije razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji, jedan od katalizatora razvoja elektronske uprave. [18] Ovaj projekat, projekat e-uprave, odnosi se na unapređenje postojećih funkcionalnosti Portala i nadogradnju Portala novim funkcionalnostima u smislu implementacije naprednih elektronskih usluga, kao i obezbeđivanje uslova za integraciju Portala sa informacionim sistemom organa državne uprave tj. MUP-a koji objavljuje uslugu. U realizaciji projekta korišten je konceptualni model javnih usluga u skladu sa Nacionalnim okvirom interoperabilnosti.



Slika 4. Status elektronskih zahteva u periodu od 25.02-25.03. 2014. godine

Elektronska usluga “Zamena stare (papirne) vozačke dozvole za novu (kartičnu)” realizovana je na takav način da nakon prijave građanina na Portal, na prvom koraku se zahteva isčitavanje podataka iz lične karte. Nakon uspešno završenog procesa isčitavanja prelazi se na sledeći korak na kojem korisnik bira kategorije za koje ima vozačku dozvolu (A, B, C, D i E). Klikom na sledeći korak neophodni podaci iz lične karte se zajedno sa kategorijama putem web servisa prosleđuju informacionom sistemu MUP-a (JIS).

Nakon neophodnih provera u JIS MUP-a vraća odgovor da li je moguće podneti elektronski zahtev preko Portala pri čemu se kao dodatne informacije vraćaju naziv policijske stanice u kojoj će se preuzeti nova dozvola i opština prebivališta vozača. Ukoliko je odgovor pozitivan na sledećoj stranici se prikazuje minimalni set podataka iz lične karte, kategorije i parametri za zbirnu uplatu taksi, naknada i troškova. Korisnik usluge dužan je da prihvati određene uslove za korišćenje usluge (npr. korišćenje

postojeće fotografije u izradi vozačke dozvole) i da se složi (prihvati) sa određenim ograničenjima u korišćenju usluge. U sledećem koraku putem web servisa prikupljeni podaci i date izjave prosleđuju se JIS MUP-a koji ove podatke tretira kao zahtev na čekanju dok sistem, pozivom web servisa Uprave za trezor, ne registruje da je izvršena uplata predviđenih taksi.

U procesu podnošenja elektronskog zahteva kreira se tzv. *Zbirna uplatnica* po uzoru na sistem za izdavanje registracione nalepnice. To znači da se Upravi za trezor prosleđuju analitike (definisane uplatnice), a korisniku prikazuje samo zbirna uplatnica sa ukupnim iznosom svih taksi koji on može platiti online preko Portala, e-bankingom banke u kojoj ima račun ili opštom uplatnicom u bilo kojoj banci.

Informacioni sistem MUP-a u predviđenim vremenskim intervalima poziva web servis sistema ePlaćanje+ kako bi dobio informaciju za koje predmete je evidentirana uplata. Kada dobije informaciju da su sve takse plaćene aktivira zahtev is standby statusa u kome je on bio kada je prihvaćen sa Portala eUprava i predmet praktično tek tada ulazi u obradu. U tom trenutku građanin (podnosilac zahteva) dobija informaciju da je njegov zahtev u statusu obrade.

U trenutku kada je nova vozačka dozvola personalizovana i dostavljena odgovarajućoj policijskoj stanici informacioni sistem MUP-a putem web servisa Portala šalje informaciju da korisnik može podići svoju dozvolu. Ova informacija je takođe podnosiocu zahteva istog momenta dostupna.

U okviru ove elektronske usluge implementiran je sistem praćenja životnog toka zahteva i građaninu je omogućeno da u svakom trenutku vidi u kom je statusu njegov zahtev. Primenom ovog mehanizma transparentnosti, upravne usluge realizovane po principima e-uprave dokazale su se kao isplativo i pogodno sredstvo za promovisanje otvorenosti u odnosu između MUP-a i građana.

## 6. ZAKLJUČAK

Demokratsko upravljanje predstavlja transparentnost procesa vlade, dostupnost i lak pristup upravnim uslugama koje vlada omogućava građanima razvojem e-uprave. Činjenica je da tehnologija ne može da reši probleme demokratije, ali može osnažiti građane da učestvuju u demokratskim procesima.

Jedan od posebnih ciljeva Strategije reforme javne uprave u Republici Srbiji jeste jačanje transparentnosti, etičnosti i odgovornosti u obavljanju poslova javne uprave. E-uprava, koja omogućava da se primenom IKT optimizuju, unaprede i učine transparentnim poslovni procesi u javnoj upravi, omogućava dostizanje ovakvog cilja. Glavni ciljevi aktivnosti u oblasti razvoja e-uprave u Republici Srbiji su obezbeđivanje tehničke podrške za kvalitetno upravno odlučivanje na svim nivoima sistema javne uprave. E-uprava mora odgovoriti na potrebe javnosti za

pristupačnim, pouzdanim i transparentnim upravnim uslugama.

Shodno ciljevima postavljenim u Strategiji reforme javne uprave u Republici Srbiji, MUP je u saradnji sa drugim organima državne uprave, Direkcijom za elektronsku upravu i Upravom za trezor, implementirao elektronsku uslugu na nacionalnom Portalu eUprava koja se odnosi na zamenu starih papirnih vozačkih dozvola za novu kartičnu. Način na koji je usluga realizovana zasnovan je na principima transparentnosti, etičnosti i odgovornosti u obavljanju poslova javne uprave.

## LITERATURA

- [1] Innovative and Open Government: *An Overview of Recent Initiatives*, Ministerial meeting of the OECD – Public Governance Committee, November 2010 (<http://www.oecd.org/governance/ministerial/46342001.pdf>)
- [2] The US Open Government Agenda [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/memoranda\\_2010/m10-06.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/memoranda_2010/m10-06.pdf)
- [3] The Malmö Declaration. [www.egov2009.se/wp-content/uploads/Ministerial-Declaration-on-eGovernment.pdf](http://www.egov2009.se/wp-content/uploads/Ministerial-Declaration-on-eGovernment.pdf)
- [4] The Digital Agenda for Europe. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245R(01)&from=EN)
- [5] Vasković, J., Kreća, M. *Analiza stanja servisa elektronske uprave u Srbiji*. Aranđelovac: InfoTech. 2013
- [6] Mistry, J.J. "The Role of eGovernance in mitigating corruption", *Accounting and the Public Interest*, Vol. 12, No. 1: 137-159. 2012
- [7] Bannister, F, Walsh, N. "The virtual public servant: Ireland's public services broker", *Information Polity: The International Journal of Government & Democracy in the Information Age*, Vol. 7 No. 2/3; 115-139. 2002
- [8] Finger, M, Pecoud, G. "From e-Government to e-Governance? Towards a model of e-Governance", *Third European Conference on e-Government*, Trinity College, Dublin, Ireland, 3-4 July 2003.
- [9] Digitizing Public Services in Europe: *Putting ambition into action, 9th Benchmark Measurement*, p32, December 2010
- [10] Rodriguez Bolivar, M. P., Munoz, L. A., Lopez, A. M., "Trends of e-Government research, contextualization and research opportunities", *The International Journal of Digital Accounting Research*, Vol. 10, No. 1: 87-111. 2010
- [11] Vlada Republike Srbije. *Strategija reforme javne uprave u Republici Srbiji*, 2014
- [12] Meier, A. *eDemocracy & eGovernment*. Springer, 2012
- [13] Hasani, N., Beleraj, B. E-Government as an Anti Corruption Tool. The Case of Albania. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 2 No. 8, p712-716, 2013

- [14] Vlada Republike Srbije, *Nacionalni okvir interoperabilnosti Republike Srbije*, 2014
- [15] European Public Administration Network – eGovernment, “*Key Principles of an Interoperability Architecture*”. 2004
- [16] Đikanović, P., Nikolić, V., Sivčević, D. *Nacionalni okvir interoperabilnosti Republike Srbije i servisno orijentisana arhitektura (SOA)*. YuInfo 2014 (pp. 159-164). Beograd: Društvo za informacione sisteme i računarske mreže. 2014
- [17] Đikanović, P., Sivčević, D. *Elektronska usluga izdavanja registracione nalepnice korišćenjem portala eUprava*. Bezbednost, Vol. 54 No. 3, p313-334. 2012
- [18] Vlada Republike Srbije. *Strategija razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji za period od 2009. do 2013. godine*, 2009

# SIGURNO UPRAVLJANJE PROCESIMA U PRAVOSUĐU U FUNKCIJI EVROPSKIH INTEGRACIJA – LURIS SISTEM

## SECURE MANAGING PROCESSES IN THE JUDICIARY IN THE FUNCTION OF EUROPEAN INTEGRATION - LURIS SYSTEM

Dušan Polović

*Vlada Crne Gore, Ministarstvo pravde*

---

### **Sadržaj:**

*Mogućnost da se elektronski vodi evidencija kroz aplikativni sistem ima veliki značaj za unaprijeđenje sistema odgovaranja po zahtjevima drugih zemalja. Analizom je identifikovano nekoliko modela za unaprijeđenje sistema Međunarodne pravne pomoći, uključujući širok spektar resursa sa podacima poput pravnog osnova i kvalifikacije krivičnog djela. U ovom radu se opisuje novi pristup za vođenje evidencije za potrebe Međunarodne pravne pomoći u krivičnim i građanskim stvarima kroz upotrebu LURIS sistema.*

### **Abstract:**

*The ability to keep records electronically through the application system has great significance for improving the system of answering the requests of other countries. The analysis identified several models for improving the system of international legal assistance, including a wide range of resources with information such as the legal basis and the qualification of a criminal offense. This paper describes a new approach to keeping records for the purpose of international legal assistance in criminal and civil matters through the use of LURIS system.*

---

### **1. UVOD**

Bilo je potrebno napraviti Aplikativni sistem koji omogućava evidenciju predmeta međunarodne pravne pomoći, kao dio IT sistema Ministarstva pravde i time između ostalog ispuniti i jedna od mjera iz pregovaračkog poglavlja 24. Sistem treba da omogućava Ministarstvu pravde da prati primljene zamolnice i druge zahtjeve u oblasti pružanja i primanja međunarodne pravne pomoći, i stvori mogućnost statističkog izvještavanja u oblasti međunarodne pravne pomoći u građanskim i krivičnim stvarima.

S obzirom da je efikasna pravosudna saradnja u krivičnim i građanskim stvarima jedan od koraka ka spriječavanju i suzbijanju kriminalnih djelatnosti, zadatak sistema bio je da osim normativnih obezbijedi i tehničke pretpostavke za unaprijeđenje efikasnosti u postupanju po predmetima međunarodne pravne pomoći.

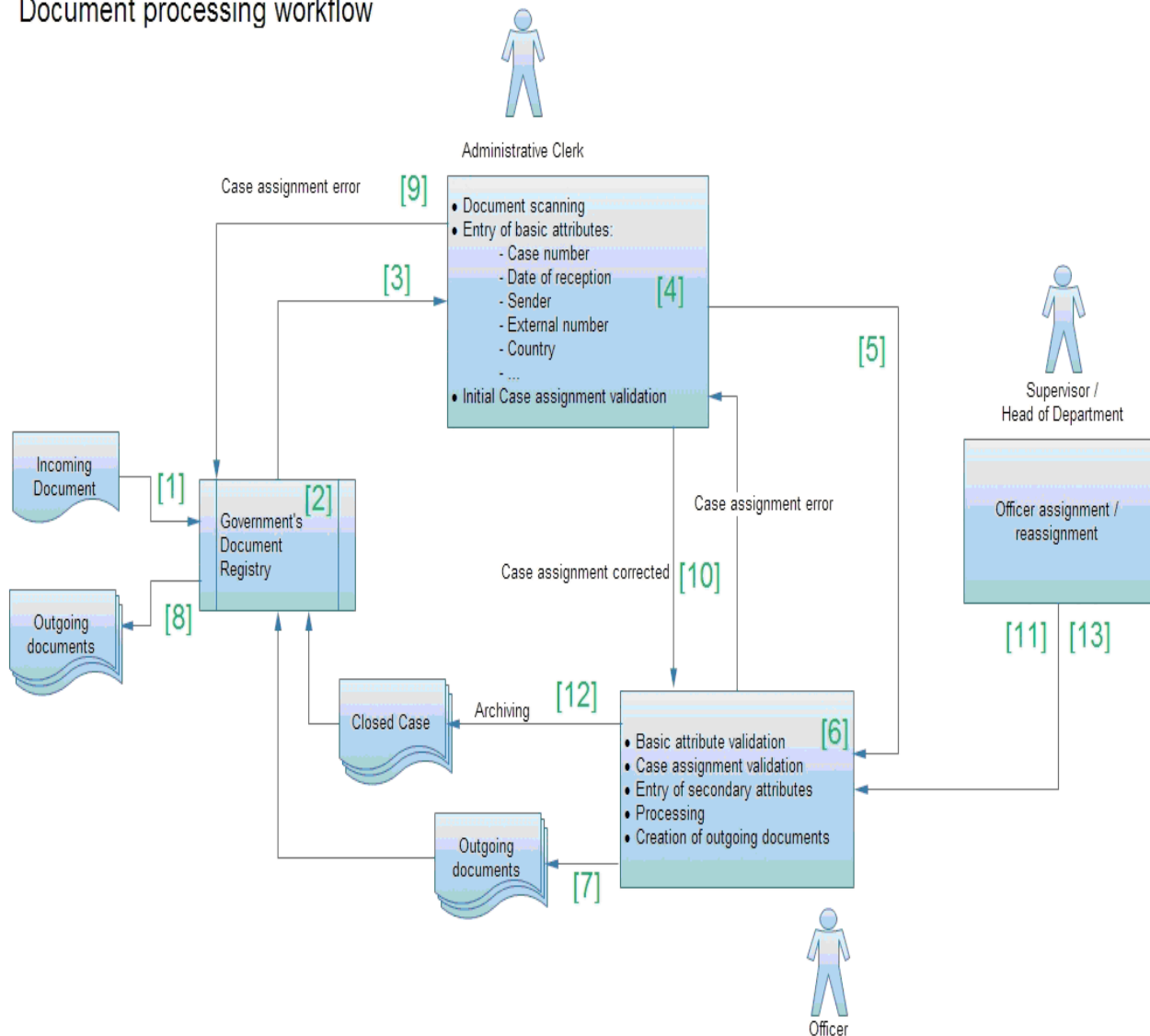
Osim kvalitetne evidencije i operative metode statističkog izvještavanja ideja je bila napraviti efikasan monitoring alat za procjenu nivoa regionalne i međunarodne saradnje u oblasti pravosuđa. Izvještavanje

je moralo biti omogućeno po vrsti pravne pomoći, krivičnom djelu, državi molilji, nadležnom organu za postupanje, kao i po ostalim parametrima koji su potrebni kako bi se što preciznije pratio proces i postupak pružanja pravne pomoći i efikasnosti u postupanju zaposlenih službenika u ministarstvu. Za realizaciju ovog projekta nije dovoljan transakcioni sistem koji samo prati metapodatke predmeta ili Enterprise Content Management system za arhiviranje digitalnog sadržaja već je itekako neophodna i business management komponenta.

U aplikaciji smo morali uvesti princip dodjele i obrade zadataka koji je sržni za cijeli koncept aplikacije i koji implementira odgovornost za izvršenje zadataka, kao i čuvanje digitalnog sadržaja i meta podataka predmeta. Korisnički interfejs je prilagođen upotrebi zadataka budući da je svaki zadatak vezan sa akcijom. Zadaci moraju da budu konfigurabilni, a ne strogo kodirani kako bi sistem bio fleksibilan i kako bi mogao da se nadogradi.

## 2.RADNI TOK

## Document processing workflow



## Analiza poslovnog procesa

Sektor međunarodne pravne pomoći Ministarstva pravde Crne Gore obrađuje predmete krivične i građanske materije. Postupak obrade predmeta u obje materije je identičan. Drugačije se postupa sa predmetima koji su obilježeni kao strogo poverljivi i oni stižu direktno kod supervizora. U tom slučaju supervizor unosi konkretne podatke u sistem i prosljeđuje ga obrađivaču koji je zadužen za rad sa strogo poverljivim predmetima. Kada nova zamolnica stigne u prijemno odeljenje (arhivu) Ministarstva pravde, zaposleni unose neophodne podatke u djelovodnu knjigu. Zamolnica dobija svoj jedinstveni

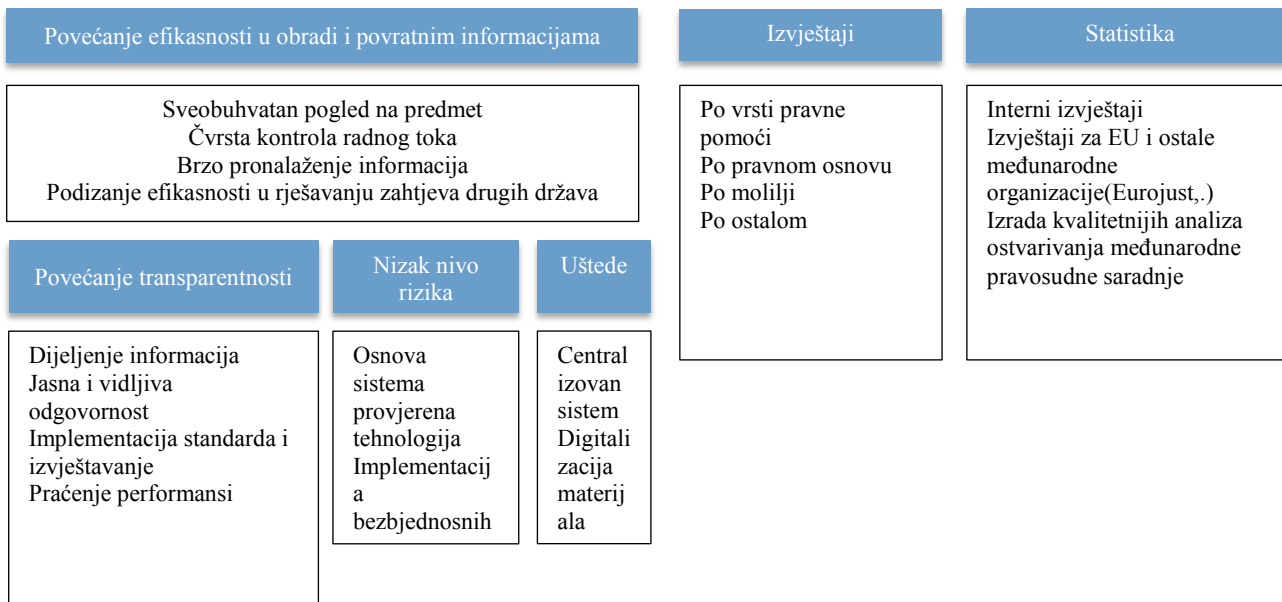
broj (koji tačno označava da je u pitanju predmet međunarodne pravne pomoći) i fizički se odnosi do upravitelja odsjeka. Upravitelj odjeljenja čita pojedinačno svaku zamolnicu, utvrđuje da li je reč o novom predmetu ili nekom dokumentu koji treba da se pridruži postojećem predmetu, na korice zamolnice upisuje inicijale obrađivača i predmet se fizički prosljeđuju obrađivaču. Kada obrađivač završi predmet prosljeđuje ga nazad na verifikaciju i potpisivanje supervizoru i tako potpisan se fizički vraća u arhivu na pečatiranje, skeniranje i ekspedovanje. Takođe, upravitelj odjeljenja može da vrši kontrolu predmeta. Ako utvrdi da nešto nije dobro urađeno, vraća predmet obrađivaču uz obrazloženje.

### 3. KLJUČNA PITANJA I IZAZOVI

Kako današnja tehnologija može da pomogne da se unaprijeđe procesi i smanji opterećenje svih učesnika?

Kako današnja tehnologija može da obezbijedi da se brzo dođe do informacija kada su strukture podataka i pratećih

dokumenata sve složenije? Kako današnja tehnologija može da pomogne da se prepoznaju odgovornosti i prate ključni indikatori performansi u životnom ciklusu predmeta?



### 4. ULOGE U SISTEMU

Prepoznato je 5 ključnih uloga korisnika sistema:

1. Prijemno odeljenje (arhiva)
2. Načelnik direkcije
3. Službenik-obrađivač
4. Supervizor
5. Administrator sistema

Svaka od grupa korisnika je zadužena za određeni skup radnji

Prijemno odeljenje (arhiva)

1. Prijem zamolnica (registracija)
2. Skeniranje ulaznih dokumenata

Skeniranje izlaznih dokumenata

Načelnik direkcije

1. Dodjela predmeta kroz sistem ili fizička dodela (upisivanjem inicijala na predmet)
2. Obrada predmeta
3. Kontrola

4. Odobravanje
5. Vraćanje arhivi zbog greške na prijemu
6. Izvještaji
7. Presignacija

Službenici-obrađivači

1. Unos podataka o predmetu
2. Obrada predmeta
3. Štampa
4. Slanje na potpis
5. Slanje na ekspedovanje

Supervizor

1. Kontrola
2. Potpis
3. Presignacija
4. Izvještaji
5. Unos povjerljivih dokumenata

Administrator

1. Administracija sistema



## 5. STATISTIKA

Modul za izvještaje je od posebne važnosti u Međunarodnoj pravnoj pomoći, budući da se od ministarstva pravde i Države Crne Gore traži raznorazna statistika iz Međunarodno pravne pomoći.

Omogućeni su slijedeće funkcionalnosti izvještaja:

- Izvještaj po smjeru predmeta: bilo bi potrebno da za svaki smjer za svaku državu može da se prikaže koliko je bilo;
- završeno – udovoljeno;
- završeno – neudovoljeno;
- završeno – djelimično udovoljeno;
- arhiva;
- ishoda predmeta.
- Izvještaja po broju riješenih izlaznih predmeta treba da bude “vrsta krivičnog djela”, a kasnije se sortira po državama za svako krivično djelo.
- izvještava po polu okrivljenog

Aplikativno rješenje razvijeno je u :

Database: Microsoft SQL Server 2012

User interface: Web based user screens sa MS IIS

Reporting: A standard small set Microsoft SQL Server Reporting, sa daljom mogućnošću razvoja izvještaja kroz Sql reporting.

Document system: Share Point se koristi kao ECM platforma.

## 6. INFRASTRUKTURA I BEZBJEDNOST

U segmentu bezbjednosti Ministarstvo pravde strateški je orijentisano na ispunjavanje standarda 27001 kad je informaciona bezbjednost u pitanju.

### Fizički nivo,

- sva oprema koja je smještena u datacentru u namjenskim rekovima
- postoji i fizička zaštita
- pokrivena protivpožarnim sistemom
- kontrolom pristupa
- pokrivenost server prostorije video nadzorom
- sistem automatskog alarmiranja
- svi vitalni uređaji su pokriveni UPS-om i sa agegatom
- sef za odlaganje Utrium backup traka

### Nivou mrežne komunikacije (*network layer*):

Sva komunikacija se odvija preko centralnog layer III core swicha i preko front end firewall-a koji su u High availability active/active modu.

Firewall u sebi ima Network intrusion prevention system za potrebe monitoringa i sprečavanja hakerskih upada , Web gateway sa web content filteringom , AV modul , VPN concentrator kao i integrisani Vulnerability assasment management.

Kompletan mrežni Sflow log sa navedenih mrežnih uređaja se šalje na poseban mrežni analazer appliance koji radi koleraciju logova u realnom vremenu i reporting za standard ISO 270001 .

Smješteni log je encyptovani i smješten na samom mrežnom analazeru.

U ministarstvu pravde je integrisan centralizovani Network monitoring system koji putem smtp trapova imamo u realnom vremenu stanje svih aktivnih uređaja . Provjera ranjivosti Sistema se radi na mjesečnom nivou kroz Vulnerabilty assasment management .

### Nivou operativnog sistema (*OS layer*) :

U čitavom sistemu je postavljen endpoint security sa centralizovanom kontrolom.

Kroz ovaj system mjerimo asset u realnom vremenu, koji je integrisan sa pacth management od endpoint rjesenja.

Kroz njega takođe imamo u realnom vremenu monitoring svih plug and pluy uređaja kao I monitoring stampe. Sva korelacija logova je smještena na posebnoj lokaciji I ima jedinsveni potpis za svaku u vidu hash MD5.

Integrisan je application control kroz koji puštamo samo određene aplikacije koje smo predhodno provjerili. Takođe svaka radna stanica i server ima integrisan Hostovani Ips koji je centralizovan u endpoint managment konzolu .

### Nivo aplikativni:

Ministarvstvo pravde komunicira sa brojnim državnim organima i institucijama, pa je shodno tome uređeno davanje naophodnih informacija i podataka.

Kompletna komunikacija se odvija preko web servisa upotrebom digitalnih sertifikata.

Ostali logovi iz Sistema se dobijaju kroz poseban monitoring system i smještaju se na posebnoj lokaciji i takođe su encyptovani .

Kompletna komunikacija i pristup podacima podignut na najveći mogući nivo preko SSL portala i sa vpn ssl clientima kao i dodatna integracija internim CA serverom .

Takođe postoji integrisano rješenje za praćenje spoljnih saradnika koji pristupaju serveru ( DBA administartora) u realnom vremenu u vidu sensora koji su postavljeni na vitalnim tačkama, tj na svim procesorima koji koriste baze u datacentru u sistemu .Kroz navedeno rješenje smo

ograničili upis u tabele i samim tim ograničili sql injection napade. U sklopu navedenog rješenja postoji virtualni patch sitem predviđen za baze sa kojim smo smanjili potrebu za rednim pachtovanjem baze i samim tim smanjili vjerovatnoću upada na bazu.

Sam Network Monitoring System je integrisan sa inventory managmentom kao i sa ticket systemom .

### **Backup system:**

Za monitoring kontrolu back up sistema koristi se enterprice open source management rješenje svih radnih stanica kao, system state i image od operativnih sistema se radi na posebnom NAS serveru kapaciteta 20TB kao i na autoloaderu LTO 4 utrium trakama kapaciteta 1TB po sistemu Grandparent.

Sistem radi na virtuelnom okruženju – Oracle virtuelizacija fizičkih mašina ( HP dl 360 G8), uz postojanje 2 storage Sistema (HP P2000 G3 FC x 2 ).

### **7.ZAKLJUČAK I DISKUSIJA**

U ovom radu je predstavljeno aplikativno riješenje za vođenje evidencije predmeta međunarodne pravne pomoći u krivičnim i građanskim stvarima , zasnovano na primjeni Share pointa.

Kao takav, sistem je jednostavan za implementaciju i integraciju sa postojećim sistemima, što je jedna od glavnih karakteristika.

Veći nivo efikasnosti biće omogućen kad su u pitanju zahtjevi za postupanje u predmetima dobijeni od drugih zemalja kroz precizno praćenje broja primljenih zamolnica i drugih zahtjeva, kao i unaprijediti mehanizme statističkog izvještavanja u oblasti međunarodne pravne pomoći u građanskim i krivičnim stvarima.

Ovim će se doprinijeti kvalitetnijim analizama ostvarivanja međunarodne pravosudne saradnje i procjeni i prikazivanju efikasnosti u rješavanju zahtjeva iz trećih

zemalja. Kvalitetna evidencija i operativne metode statističkog izvještavanja biće efikasan monitoring alat za procjenu nivoa regionalne i međunarodne saradnje u oblastima pravosuđa.Povećanja ažurnosti u evidenciji predmeta međunarodne pravne pomoći, obezbijediće kvalitetno statističko izvještavanje prema Evropskoj Uniji i ostalim međunarodnim organizacijama, a dobiće se i bolji pregled za potrebe rukovodnog kadra koji će dati bolje inpute za povećanje ažurnosti.

### **8.NAPOMENA**

Realizaciju ovog projektu “LURIS in Montenegro and Serbia”pomogla je Vlada Kraljevine Holandije kroz odobravanje donacije na osnovu zajedničke aplikacije Vlada Crne Gore i Vlade Republike Srbije prema ministarstvu vanjskih poslova Kraljevine Holandije, a trajanje projekta prredviđeno je od 1 September 2013 do 31 August 2015. Godine.

### **9.LITERATURA:**

[1] Zakon o međunarodnoj pravnoj pomoći u krivičnim stvarima

[2] Izvještaj o primjeni postojećih međunarodnih ugovora u oblasti međunarodne pravne pomoći u krivičnim i građanskim stvarima

[3] Evropska Konvencija o međusobnom pružanju pravne pomoći u krivičnim stvarima.

[4] Dodatni protokol uz Evropsku Konvenciju o međusobnom pružanju pravne pomoći u krivičnim stvarima

[5] Drugi dodatni Protokol uz Evropsku Konvenciju o međusobnom pružanju pravne pomoći u krivičnim stvarima.

[6] Evropska Konvencija o međunarodnom priznavanju krivičnih presuda

[7] Konvencija o transferu osuđenih lica

[8] Evropska Konvencija o ekstradiciji.

# KONCEPT I IZAZOVI IMPLEMENTACIJE MEĐUORGANIZACIONOG INFORMACIONOG SISTEMA E-LOVSTVA

## CONCEPT AND IMPLEMENTATION CHALLENGES OF INTERORGANIZATION INFORMATION SYSTEM OF E-HUNTING

Bogdan Mirković<sup>1</sup>

*Fakultet za informacione tehnologije, Slobomir P Univerzitet*

*Sadržaj – Posljednjih godina, ubrzan razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija omogućio je razmjenu i integraciju informacija u različitim segmentima društva. Jedan od tih segmenata je očuvanje životne sredine i prirodnih resursa što se posebno odnosi na divlje životinje. Adekvatan, pravovremen i efektivan sistem upravljanja divljim životinjama postao je veoma bitan segment djelovanja državnih institucija na koji veoma utiče javno mijenjanje na cijeloj planeti. Proces praćenja stanja u navedenoj oblasti zahtijeva veliki broj informacija dobijenih od više izvora. Kompleksnost veza između zainteresovanih strana iz oblasti lovstva za razvoj i implementaciju informacionih sistema u ovoj oblasti, njihova raznolikost, geografska udaljenost, kulturološke razlike, političko djelovanje na organizacije i članstvo predstavljaju prepreke i izazove koje treba savladati prilikom razvoja takvih sistema. Kvalitetno upravljanje i nadzor u oblasti lovstva zahtijeva posjedovanje informacija iz ove oblasti u realnom vremenu. Razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija, prednosti koje pružaju brzina i snaga računarske tehnike, baze podataka i njihova primjena u oblasti lovstva omogućavaju uvođenje novog koncepta prikupljanja i analiziranja podataka u oblasti lovstva – e-Lovstva. U radu su izložene osnovne karakteristike, ciljevi, koristi, prepreke i izazovi, kao i zainteresovane strane za razvoj i implementaciju e-Lovstva kao dijela e-vlade i e-društva.*

*Abstract - Adequate, timely and effective wildlife management system is becoming an important aim for many governments and public awareness around the world in the last few decades. Monitoring process in the game management field requires a large amount of information obtained from multiple sources. The complexity of the relationship between stakeholder for the development and implementation of information systems in the game management field, their diversity, geographic distance, cultural differences, political activities and membership of the organization are obstacles and challenges to overcome when developing such systems. Quality management and supervision in the field of hunting requires the possession of information in this field in real time. The development of information and communication technologies, the benefits they provide speed and power of computer technology, databases and their applications in the field hunting allows the introduction of the new concept of collecting and analyzing data in the field hunting - e-hunting. The paper presents the basic characteristics, objectives, benefits, obstacles and challenges, as well as*

*stakeholders in the development and implementation of e-hunting as part of e-government and e-society.*

### 1. UVOD

Lov je djelatnost koja je omogućila opstanak čovjeka i usmjerila njegov razvoj prema organizovanoj zajednici ljudi. Razvoj ove zajednice donio je velike promjene u svim sferama života, tako i u lovu, pa danas lov nije samo odstrijel divljači, niti je puka potreba, već je evoluirao u LOVSTVO, odnosno plansku i složenu djelatnost, zasnovanu na naučnim dostignućima, a koja se sastoji iz upravljanja (očuvanje, uzgoj i racionalno korištenje) prirodnim resursima (populacije divljih životinja i njihova staništa), a u skladu sa mogućnostima određenog područja i interesa društva u datom području. Lovstvo je ekološka, ekonomska, društveno korisna i obrazovno-naučna djelatnost, koja je u funkciji integralne zaštite, uzgoja, održivog korištenja i stalnog poboljšanja lovnog fonda, staništa i drugih lovnih resursa [1]. Dakle, lovstvo je djelatnost koja ima mnogostruke (polivalentne) funkcije za društvo, i kao takva ne obuhvata samo odstrijeljivanje i hvatanje divljači nego sve radnje čovjeka-lovca kojima zaštićuje, uzgaja i racionalno koristi divljač i njena staništa [2]. Organizacijama na svim nivoima (državne institucije, asocijacije organizacija, osnovne organizacione jedinice iz oblasti lovstva, privredni subjekti, neprofitne organizacije) koje su uskopovezane sa lovstvom, za kvalitetno obavljanje svojih funkcija potrebne su informacije koje im omogućavaju pravovremeno i svrsishodno donošenje odluka u cilju razvoja lovstva i s njim direktno ili indirektno povezanih oblasti.

### 2. POJAM E-LOVSTVA

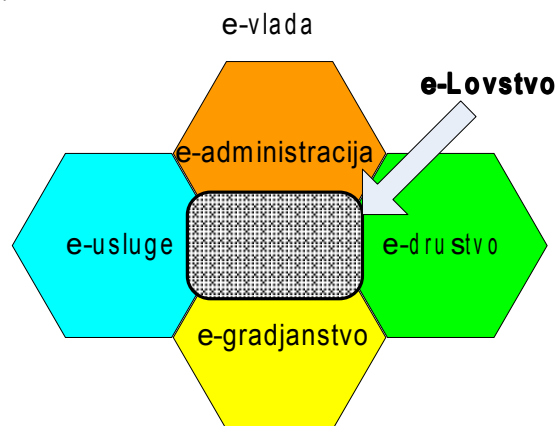
Razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija posljednjih desetljeća omogućava različite aspekte njihove primjene u svim oblastima života, pa tako i u lovstvu. U ovoj oblasti, posebno u slučajevima kada su osnovne lovne organizacije (lovačka društva/udruženja) koja koriste/gazduju lovištima, organizovane na manjim teritorijalnim jedinicama, informacije kojima raspolažu svi nivoi organizacija iz oblasti lovstva, njihova integritetnost i dostupnost u realnom vremenu, imaju suštinski značaj za unapređenje ove oblasti u uslovima ubranog življenja i upravljanja i nadzorom nad dodijeljenim resursima što se prvenstveno odnosi na fond divljači u lovištu, materijalne resurse, kao i odgovorno osoblje i članove lovačkih organizacija. Svojim djelovanjem unutar društva, organizacije iz oblasti lovstva, a posebno njihove asocijacije, gradeći veze sa organima

državne uprave, lokalnim zajednicama i građanima čine društvo u kome se nalaze boljim za život. Zbog svega navedenog, organizovanje dijeljenja i integracije informacija iz ove oblasti, pružanje usluga ne samo svojim članovima nego i građanima uopšte, moraju biti podstrijek i državnim organima i organizacijama iz oblasti lovstva na svim nivoima da ove aktivnosti budu u službi svih. Posljednjih godina, ubrzan razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija omogućio je razmjenu i integraciju informacija u različitim segmentima društva. Jedan od tih segmenata je očuvanje životne sredine i prirodnih resursa. Pojam integracije u oblasti računarskih nauka, a posebno u oblasti informacionih sistema ima različita značenja: razvoj cjelokupnog novog sistema, kombinovanje postojećih sistema u jedan novi logički sistem gradnjom hibridnih sistema, omogućavanje komunikacije među sistemima, međuorganizacioni proces reinženjeringa, uspostavljanje uniformnosti organizovanja informacija i tokova informacija korištenjem standarda definisanih za različite oblasti djelovanja [3]. U oblasti lovstva, posebno u slučajevima kada su osnovne lovne organizacije (lovačka društva, lovačka udruženja) koja koriste/gazduju lovištima, organizovane na manjim teritorijalnim jedinicama, integracija informacija kojima raspolažu svi nivoi organizacija iz oblasti lovstva ima suštinski značaj za unapređenje ove oblasti u uslovima ubrzanog življenja i upravljanja dodijeljenim resursima što se prvenstveno odnosi na fond divljači u lovištu, materijalne resurse i odgovorno osoblje i članstvo.

Koncept e-vlade (ili e-upravljanja) (engl. e-government) proistekao je iz koncepta elektronskog poslovanja gdje su poslovne organizacije zahtijevale elektronsku komunikaciju i razmjenu informacija sa svojim poslovnim partnerima (dobavljačima, kupcima) izvan granica svoje organizacije. Uspostavljanjem takvih veza omogućeno je brže, jeftinije i kvalitetno obavljanje poslovnih aktivnosti organizacije. E-vlada [4] se definiše kao pružanje usluga vladinih institucija građanima smanjenjem birokratije, povećanjem učešća građana u demokratskim postupcima u procedurama i obezbjeđivanje građanima brzo rješavanje njihovih potreba za uslugama državnih institucija koristeći mogućnosti savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija. E-vlada ima široko rasprostranjen nivo djelovanja, od državnog nivoa, preko nivoa pokrajina pa do lokalnog nivoa. E-vlada je višedimenzionalno i višedisciplinarno polje i mora se stalno usavršavati i mijenjati prilagođavajući svoje djelovanje potrebama građana [5]. Heaks [6] je definisao da obim djelovanja e-vlade obuhvata e-administraciju (engl. e-administration), e-gradjanstvo (engl. e-citizen), e-usluge (engl. e-service) i e-društvo (engl. e-society).

Svojim djelovanjem unutar društva, lovačke organizacije i njihovi članovi a posebno njihove asocijacije, gradeći veze sa organima državne uprave, lokalnim zajednicama i građanima čine društvo u kome se nalazimo boljim za život. Odluke lovstva kao grane, uzrokuju da se e-Lovstvo nalazi u okviru e-vlade a da zalazi u sve segmente društvenih aktivnosti i svih vidova djelovanja e-vlade. Razvojem sistem e-Lovstva omogućava se smanjenje troškova državnih organa u njihovom djelovanju (e-

administracija), bolji odnos i interakcija sa građanima (e-gradjanstvo), pružanje usluga drugim privrednim subjektima (e-usluge) a sve u cilju stvaranja boljeg društvenog okruženja za razvoj društva (e-društvo) (slika 1).



Slika 1. E-Lovstvo u okviru e-Vlade

Sistem e-Lovstva (engl. E-Hunting) baziran na međuorganizacionom informacionom sistemu za upravljanje divljači (engl. Interorganizational Game Management Information System – IGMIS) treba da omogućí državnim organima uvid u planove i aktivnosti lovačkih organizacija, njihovih asocijacija, kao i informisanje istih od strane državnih organa u vezi sa njihovim postupcima u vezi sa ovom oblasti. U ovaj segment društva moraju biti na odgovarajući način upoznate i druge organizacije čiji djelokrug djelovanja nije direktno povezan sa lovstvom (prije svega zainteresovani privredni subjekti i organizacije za zaštitu flore i faune).

e-Lovstvo treba da obezbijedi kvalitetne informacije u dovoljnom obimu svim zainteresovanim stranama uz precizno definisane uloge i odgovornosti svih činilaca sistema. Jasno definisanje ciljeva koje e-Lovstvo treba da ispuni, počevši od državnih organa preko lovačkih organizacija do privrednih subjekata, nevladinih organizacija i naučno-obrazovnih institucija, usmjerava razvoj i kasniju implementaciju e-Lovstva. Načelni ciljevi koje je potrebno e-Lovstvo da ispuni su:

- osiguravanje neprekidnog razvoja oblasti lovstva efikasnijim izvještavanjem i analizom podataka na svim nivoima,
- obezbjeđivanje bolje informisanosti državnih institucija u realnom vremenu uz definisanje preciznih izvještaja,
- povećavanje stepena međuorganizacione saradnje organizacija iz oblasti lovstva,
- obezbjeđivanje upravnim i nadzornim organima iz oblasti lovstva pravovremene informacije o stanju u ovoj oblasti, kao i planovima i aktivnostima organizacija,
- dozvoliti neprekidan pristup informacijama zainteresovanim stranama,
- povećanje stepena iskoristivosti potencijala ljudskih i materijalno-tehničkih resursa bitnih za funkcionisanje lovstva,

- analiziranje stanja lovnih objekata i davanje tehničkih rješenja za njihovo usavršavanje,
- smanjivanje troškova organizacija za vođenje administrativnih poslova uz istovremeno povećanje transparentnosti i dostupnosti informacija,
- obezbjeđivanje bolje informisanosti članova lovačkih organizacija,
- omogućavanje naučnim radnicima i institucijama informacije za njihov rad,
- omogućavanje razvoja lovnog turizma,
- smanjenje troškova i povećanje brzine i tačnosti u odnosu na postojeći (papirni) način komuniciranja,

Za zadovoljenje postavljenih ciljeva e-Lovstvo mora se uspostaviti na način koji je najprimjereniji uslovima u kojima se razvija sagledavajući sve nepophodne činioce čijom primjenom će biti poboljšan pristup, postignuta efikasnost i efektivnost procesa u oblasti lovstva ne zanemarujući određeni nivo kvaliteta i kvantiteta informacija.

Razvoj i implementacija e-Lovstva treba da omogućiti organizacijama koje su uključene u ovaj sistem i koje informacije daju na uvid, ali i primaju informacije od drugih organizacija, određene koristi. Koristi zavise, prije svega, od vrste organizacije i njenih ciljeva i svrhe postojanja. Specifične koristi mogu biti povećanje produktivnosti (u lovstvu proizvodnja divljači), poboljšano donošenje kvalitetnih odluka (lov, očuvanje divljači, kontrola biodiverziteta), smanjenje finansijskih troškova (knjigovodstvene usluge, angažovanje savjetnika i stručnjaka iz oblasti lovstva, samostalno razvijanje i primjenu informacionih tehnologija za potrebe lovstva, centralizovanje nabavke divljači za unos u lovište) [7], poboljšanu informisanost svih činilaca razmjene (organizacije, članovi). Očekivane koristi se mogu od svake inicijative razmijene i integracije informacija mogu se podijeliti u tri osnovne grupe [8]:

- Tehničke koristi koje su uskopovezane sa obradom podataka i upravljanjem informacijama. Integracijom informacija na jednom mjestu smanjuje se višestruko prikupljanje podataka od strane nadzornih i kontrolnih organa (primjer: dostavljanje informacija od strane osnovnih lovačkih organizacija raznim državnim organima), upravljanje informacijama, čuvanje podataka na jednom mjestu na jedinstven način za sve učesnike integracije a samim tim i smanjenje troškova koje pojedine organizacije imaju po naprijed navedenim razlozima [9]. E-Lovstvo može omogućiti bolju standardizaciju međuorganizacionih odnosa u oblasti lovstva.
- Organizacione koristi koje se ogledaju u vremenski adekvatnom i kvalitetnom rješavanju međuorganizacionih nesporazuma, povećanju produktivnosti organa unutar organizacije, omogućavaju koordinaciju organa i organizacija prema drugim činiocima sistema lovstva, povećavaju kvaliteta usluga članovima organizacija. U ove koristi se mogu ubrojiti i

finansijske koristi koje organizacija može imati [7], [10].

- Političke koristi koje uključuju bolje realizovanje ciljeva državnih organa, bolje informisanje javnosti i članova lovačkih organizacija, bolju mogućnost integralnog planiranja i donošenja strategija razvoja lovstva i svih srodnih i povezanih oblasti života [9]. Političkim koristima mogu se smatrati i koristi koje pojedinci koji su učestvovali u razvoju, implementaciji i poboljšanju rada sistema e-Lovstva, a koji su javni zvaničnici, mogu imati u periodu nakon implementacije sistema za postizanje pojedinačnih privilegija (pojavljivanje u predizbornim kampanjama i prikazivanje postignutih rezultata kao dokazivanja lične sposobnosti)

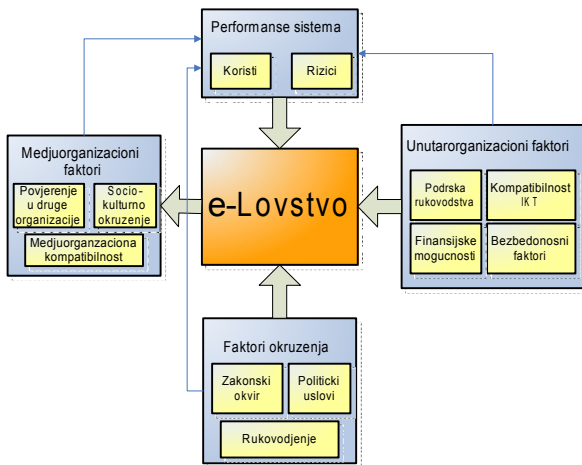
### 3. FAKTORI RAZVOJA E-LOVSTVA

Definisanje e-Lovstva kao dijela e-vlade i e-društva podrazumijeva definisanje faktora koji utiču na razvijanje, upravljanje i kontrolu ovog sistema. Faktori se mogu grupisati na četiri, međusobno usko povezane oblasti: faktori okruženja, unutarorganizacioni faktori, međuorganizacioni faktori i performanse sistema e-Lovstva (slika 2). Faktori okruženja podrazumijevaju spoljne faktore koji utiču na oblast lovstva kao i one koje omogućavaju svojim djelovanjem integraciju informacija u ovoj oblasti.

Zakonski i politički okvir (volja da se strateški rješava pitanje prikupljanja informacija, njihova integracija, upravljanje, korištenje, analiziranje i distribucija) određeni su zakonskom regulativom iz ove oblasti (Ustav, zakoni, podzakonski akti, preporuke državnih organa i institucija), kao i drugih oblasti uskopovezanih sa lovstvom i upravljanjem divljači (šumarstvo, vodoprivreda i očuvanje voda, očuvanje životne sredine, mogućnosti organizovanja pojedinaca i organizacija i slično). Pored ovoga, zakonska regulativa iz oblasti definisanja tehnoloških standarda, kao i standarda povezanih sa državnim organima i njihovim učešćem u projektima utiču na integraciju informacija u ovoj oblasti. Značajan problem u ovim okvirima predstavlja širokdefinisanu zakonsku regulativa iz uskopovezanih oblasti različitih državnih institucija koje utiču na precizno definisanje oblasti djelovanja pojedinih institucija. Rukovođenje kao faktor okruženja predstavljen je licima i institucijama, kao i njihovim ciljevima i načinom realizacije njihove strategije, koja je nadležna na navedenu oblast i njen razvoj. Na ovom mjestu ne treba zaboraviti i kontrolne organe iz oblasti lovstva i njihove potrebe.

Međuorganizacioni faktori definišu koje sve organizacije učestvuju u integraciji informacija, uključujući tu i povjerenje među njima, socio-kulturno okruženje i međuorganizacionu kompatibilnost. Međorganizaciono povjerenje predstavlja kritičnu komponentu u dijeljenju informacija kao preduslovu integraciji informacija, kao i upravljanju integrisanim informacijama [11]. Povjerenje

među organizacijama je kritični faktor prilikom uspostavljanja integracija informacija, dok je u kasnijem stadijumu potrebno definisanje uslova korištenja, upravljanja, analiziranja i distribucije integrisanih informacija određenim ugovorima ili zakonskom regulativom iz posmatrane oblasti. Thompson [12] i Thompson i Hastie [13] su istraživali aspekte povjerenja u vezi sa razmjenom informacija dok su Kemp i Smith [14] zaključili da je nivo informacija koje se razmjenjuju u korelaciji sa koristima za svakog sudionika u razmjeni. Nepostojanje obaveze organizacije (ugovorne ili zakonske) da informacije o svojim aktivnostima u oblasti lovstva, poslovanju, članstvu razmjenjuje sa drugim organizacijama uključenim u sistem razmjene i integracije informacija, uzrokuje da će dobijanje informacija od određene organizacije trajati sve dok ta organizacija ima korist od toga što informacije dijeli sa drugim organizacijama. Kada rizici po organizaciju ili njeno poslovanje i djelovanje budu veći nego što je korist organizacije, treba očekivati smanjenje ili potpuni prekid razmjene informacija, a samim tim i integracije na međuorganizacionom nivou. Socio-kulturno okruženje u kome se odvija dijeljenje informacija i njihova integracija znatno utiče na oblast lovstva. Lovstvo je socijalna kategorija i kulturološki fenomen koji ima svoje specifičnosti u različitim geografskim oblastima. Međuorganizaciona kompatibilnost može se definisati kao usklađenost svih komponenti koje postoje u pojedinim organizacijama da mogu učestvovati u međuorganizacionim interakcijama.



Slika 2. Faktori koji utiču na e-Lovstvo

Unutarorganizacioni faktori koji utiču na spremnost i mogućnost svake pojedine organizacije u dijeljenju i integraciji informacija su: podrška i spremnost rukovodstva organizacije, kompatibilnost informaciono-komunikacione tehnologije u organizaciji sa tehnologijom koja se primjenjuje u dijeljenju i integraciji informacija, finansijske mogućnosti kao i bezbjedonosni faktori koji utiču na poslovanje i djelovanje organizacije. Promjena upravljanja i načina primjene novih tehnologija koje zahtijevaju i transformaciju rada organizacije su u svakom pogledu osjetljiva pitanja u bilo kojoj vrsti integracije. Finansijski faktori koji utiču na sudjelovanje organizacije obuhvataju sve finansijske troškove koji se moraju

predočiti organizaciji koja ima namjeru učestvovati u integraciji informacija. Dijeljenje i integracija informacija sa drugim organizacijama podrazumijeva stavljanje određenih resursa (finansijskih, tehničkih, ljudskih) organizacije u svrhu ovih aktivnosti. Kompatibilnost informaciono-komunikacionih tehnologije obuhvata analizu postojeće komunikacione infrastrukture i tehnologije u organizaciji u smislu podrške dijeljenju i integraciji informacija u međuorganizacionom sistemu [15]. Svako zajedničko djelovanje podrazumijeva i postizanje dogovora oko nivoa razmjene informacija a samim tim i usklađivanje tehnoloških karakteristika razmjene (logičkih i materijalnih). Bezbedonosni faktori proističu iz potreba organizacije da zadržavajući svoju samostalnost omogući razmjenu informacija sa drugim učesnicima razmjene. U ovaj segment se uključuju i pitanja bezbjednosti veza koje se ostvaruju sa drugim organizacijama, prije svega na tehnološkom nivou.

Podrška rukovodstva svake organizacije je veoma bitna za stvaranje okruženja u kome se odvija dijeljenje i integracija informacija. Rukovodstvo mora obezbijediti pozitivno okruženje u samoj organizaciji kojom rukovode za ove aktivnosti. Pri tome rukovodstvo mora imati sve činjenice u vezi sa ovom aktivnostima unaprijed poznate (ili u najvećoj mogućoj mjeri) da bi moglo odgovoriti izazovima navedenih aktivnosti.

#### 4. IZAZOVI RAZVOJA E-LOVSVTA

Razvoj i implementacija e-Lovstva i uključivanje svih organizacija iz oblasti lovstva u aktivnosti korištenja informaciono-komunikacionih tehnologija prate i određene prepreke i izazovi (slika 3).



Slika 3. Prepreke i izazovi razvoja i implementacije e-Lovstva

Prvi korak u razvoju i primjeni e-Lovstva predstavlja postojanje relevantne IT infrastrukture koju mora pratiti i odgovarajuća bezbjednosna infrastruktura sa odgovarajućim mehanizmima zaštite podataka, kao i očuvanja njegovog integriteta.

Politička pitanja koja treba razmotriti u vezi sa e-Lovstvom su višestruka. Političke uticaje potrebno je pažljivo razmotriti. Politika strategije razvoja informacionog društva i državnih organa, politike

informisanosti članstva u organizacijama od strane državnih organa usko su povezana sa političkom elitom, a kada se uzme u obzir i masovnost lovačkih organizacija onda se uticaj na lovačke organizacije može smatrati i političkom aktivnošću. Ako e-Lovstvo može obezbijediti više različitih servisnih usluga za krajnjeg korisnika, njegova primjena od strane korisnika biće prihvaćena sa manje otpora prema bilo kojem političkom faktoru. Sa stanovišta korisnika, standardizacija procesa mora biti "laka za korištenje" (engl. easy-to-use) da bi kompletan sistem bio prihvaćen. Uslovi prihvatanja političkih autoriteta, kao i odgovornosti za podatke u sistemu moraju biti dobro formulisani da bi se zaštitila prava korisnika [16].

Lovstvo predstavlja sociološki i kulturološki fenomen. Kulturološke prepreke i izazovi pri razvoju i implementaciji e-Lovstva predstavljaju značajne faktore zbog ljudskog psihološkog uticaja. Izazovi korištenja novih tehnologija predstavljaju značajnu psihološku barijeru korisnicima koji ne posjeduju dovoljno spoznaje o primjeni IT tehnologija. I na ovom mjestu možemo istaći bitnost "lako za korištenje" za prevazilaženje ove vrste barijera. Manjak povjerenja među organizacijama koje učestvuju u razvoju, implementaciji kao i korištenju ovakvog sistema predstavlja značajnu prepreku prihvatanju cjelokupnog sistema. Razlozi za ovakve pojave leže u činjenicama da će organizacije koje imaju manji uticaj u kompletnom sistemu (posebno rukovodeći organi takvih organizacija) strahovati za svoj opstanak i dalji prosperitet. Zbog toga je važno pristupiti svim činionicima iz oblasti lovstva na primjeren način i omogućiti im shvatanje razvoja i implementacije e-Lovstva kao partnerskog odnosa.

Nedostatak pravne regulative iz oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija, posebno neovlaštenih korištenja podataka dobijenih raznim malicioznim aktivnostima usmjerenih prema povjerljivim informacijama o licima i poslovnim aktivnostima organizacija predstavljaju značajne prepreke u bezbjedonosnom pogledu. Drugi dio ovih prepreka i izazova za prevazilaženje odnosi se na posebno zakonski regulisane obaveze ili obaveze na osnovu ugovornog odnosa članova osnovnih lovačkih organizacija, korisnika lovišta i drugih relevantnih institucija iz oblasti lovstva (government-2-government, government-2-business, government-2-citizen i business-2-business). Poboljšanjem saradnje između organizacija i institucija i lakšom dostupnošću informacija učinilo bi se okruženje za rad svih organizacija lakšim i svrsishodnijim što može dovesti i do poboljšanja zakonske regulative iz oblasti lovstva.

## 5. ZAKLJUČAK

Kompleksnost veza između zainteresovanih strana iz oblasti lovstva za razvoj i implementaciju sistema e-Lovstva, njihova raznolikost, geografska udaljenost, kulturološke razlike, političko djelovanje na organizacije i članstvo predstavljaju prepreke i izazove koje treba savladati prilikom razvoja i implementacije e-Lovstva. Ciljevi i koristi koje e-Lovstvo može pružiti razvoju

lovstva u cjelini ogledaju se u promjeni i unificiranju načina funkcionisanja svih organizacija u oblasti lovstva, zaštiti prirodne okoline, brojnog stanja divljači u lovištima, praćenju stanja lovno-tehničkih i lovno-produktivnih materijalnih resursa, smanjenju administrativnih troškova lovačkih organizacija, a prije svega u poboljšanoj komunikaciji među organizacijama koje djeluju u oblasti lovstva. Literatura o razvoju sličnih sistema u različitim oblastima djelovanja puna je primjera o neuspjelim pokušajima razvoja i implementacije e-sistema. Osnovni razlozi takvih događaja su: greške prilikom usvajanja strategija razvoja informacionih sistema bilo zbog unutrašnjih (unutar-organizacionih ili spoljašnjih događaja (prvenstveno međuorganizacionih neusklađenosti) i neuspjesi izazvani manjkavostima u procjeni ljudskih i materijalnih resursa uključenih u razvoj i implementaciju. Zbog svega navedenog, može se zaključiti da se razvoju i implementaciji e-Lovstva, kao dijelu e-vlade i e-društva, mora pristupiti vrlo obazrivo sagledavajući sve moguće aspekte njegovog razvoja i implementacije, ali i distribucije i korištenja informacija dobijenih primjenom ovog sistema.

## LITERATURA

- [1] Zakon o lovstvu Republike Srpske, Službeni glasnik RS 60/09, 2009.
- [2] Lovачki savez Crne Gore, "Kodeks lovaca Crne Gore", Lovачki savez Crne Gore, 2008.
- [3] Rodon J. "A methodological and conceptual review inter-organizational information systems integration", ESADE, Univesitat Ramon Llull, Barcelona, Spain, 2005.
- [4] Prins C. "Electronic Government: Variations on a Concept", in J.E.J. (edit), Designing EGovernment Kluwer Law International, Netherland, str 1-5, 2003.
- [5] Jaeger P.T. "The endless wire: E-government as global phenomenon", Government Information Quartely 20, str 323-331, 2003.
- [6] Heaks R. "Understanding e-Governance for Development", Institute for development Policy and Managment, Manchester, United Kingdom, 2001.
- [7] Gil-Garcia Jr, T.A., Pardo T.A. "E-government success factors: Mapping practical tools to theoretical foundations", Government Information Quartely, 22(1), str 187-216, 2005.
- [8] Dawes S.S. "Interagency information sharing: Expected benefits, manageable risks", Journal of Policy Analysis and Managment 15 (3), str 377-394, 1996.
- [9] Cafrey L "Information sharing between and within governments", Commonwealth Secretariat, London, United Kingdom, 1998.
- [10] Andersen D.F., Dawes S.S. "Government information managment", Prentice-Hall, New York, USA, 1991.

- [11] Mihok P., Frank T.G. "Trust within the Established Inter-Organizational Information Sharing System", In: Managing Worldwide Operations and Communications with Information Technology, ed. Koshrow M. Proc: IRMA Conference Vancouver, Canada, str 132-135, 2007.
- [12] Thomson L.M. "Industrial data communications: Fundamentals and applications", Instrument Society of America, 1991.
- [13] Thomson L.M., Hastie R. "Social perception in negotiation", Organizational Behavior and Human Decision Processes, 47, str 98-123, 1990.
- [14] Kemp K.E. "Information exchange, roughness and integrative bargaining: The roles of explicit cues and perspective-taking", The International Journal of Conflict Management 5, str 5-21, 1994.
- [15] Nagy A., Orriens B., Fairchild A.M. "The promise and reality of internet-based interorganizational system", IADIS International Conference e-Society, str 886-890, 2004.
- [16] Hwang M.S. "Challenges in e-Government and Security of information", Information & Security, vol 15, No1, 2004.



# PRAGMATIZAM I MIKS-METODSKI PRISTUP U ISTRAŽIVANJIMA U OBLASTI INFORMACIONIH SISTEMA PRAGMATISM AND MIXED-METHOD APPROACH IN INFORMATION SYSTEM RESEARCH

Bogdan Mirković<sup>1</sup>

*Fakultet za informacione tehnologije, Slobomir P Univerzitet<sup>1</sup>*

**Sadržaj – U ovom radu su predstavljena tri tipa pragmatizma: funkcionalni, referencijalni i metodološki pragmatizam. Sve tri vrste pragmatizma su objašnjene preko različitosti odnosa među pojmovima znanje i akcija (djelovanje) kao i šta svaka od ovih vrsta pragmatizma može značiti u istraživanjima iz oblasti informacionih sistema što je zasnovano na prethodnom radu Goldkuhl-a. Na osnovu filozofskih postavki pragmatizma, zaključeno je da se miks-metodska istraživanja u oblasti informacionih sistema zasnivaju na ovoj istraživačkoj paradigmi.**

**Abstract - In this paper is presented three types of pragmatism: functional, referential and methodological pragmatism. These three kinds of pragmatisms are explained through their different knowledge – action relations and what each of these types of pragmatism can mean to information system research based on prior work of Goldkuhl. Based on the philosophical discussion of pragmatism, it was concluded that the mixed-method research approach in information system are based on this research paradigm.**

## 1. UVOD

Obzirom na socio-tehničku prirodu informacionog sistema, različiti istraživački pristupi su prihvatljivi u oblasti istraživanja informacionih sistema (IS). U zavisnosti od toga da li se koncentrišemo na istraživanje tehnoloških ili socioloških komponenti informacionog sistema, u ontološkom i epistemološkom smislu, prihvatljive su različite istraživačke pretpostavke.

Postoje različite paradigme koje se koriste u istraživanjima u oblasti IS. Jedna od najpoznatijih klasifikacija istraživačkih paradigmi data je u [1]. U tom radu su navedene tri osnovne istraživačke epistemologije u istraživanjima IS: pozitivistički, interpretivistički i kritički pristup.

Bazični princip pozitivizma je fokus na činjenice, ono što je dato, uz ignorisanje svega ostalog. Istraživanje se dizajnira tako da prvo usvoji činjenice o nekom fenomenu, zatim da, na osnovu toga, definiše zakone po kojima se ponaša taj fenomen i konačno, da predviđa buduće. Interpretivizam se zasniva na činjenici da ljudi ne vide svijet oko sebe kao prosti skup činjenica. Svijet koji ih okružuje ima značenje za ljude. Za razliku od atoma i molekula, svaki svjesni čovjek/posmatrač svijeta kreira svoje vlastito značenje koje pridružuje svijetu oko sebe. Ovakva podjela istraživačkih pristupa potvrđena je i od

strane drugih autora kao što je to slučaj u uvodnom dijelu antologije kvalitativnih istraživanja u IS [2]. Ovakva različitost paradigmi u istraživanjima nije jedinstvena samo za oblast IS. U organizacionim naukama takođe se vodi slična debata o mogućnostima pojedinih istraživačkih paradigmi. U tim disciplinama se tvrdi da pragmatizam treba biti prihvaćen kao alternativa postojećim dominantnim paradigmatima pozitivizma i interpretivizma. U oblasti IS, pragmatizam kao treću bitnu paradigmatu uvode Goles i Hirschheim [3]. Važnost pragmatizma kao istraživačkog pristupa u oblasti IS potvrdilo je više autora [4], [5]. Identifikovanje pozitivizma, interpretivizma i pragmatizma kao tri istraživačke paradigme urađeno je i u psihologiji [6].

## 2. PRAGMATIZAM KAO FILOZOFSKO SHVATANJE

Pragmatizam je filozofsko shvatanje, nastalo u SAD-u krajem 19. vijeka, prema kome praktična korist i djelovanje predstavljaju osnovni kriterij za procenjivanje da li su sazajni iskazi smisleni i istiniti. Na njegov razvoj uticali su pozitivizam, engleski empirizam i utilitarizam. Može se smatrati jednom modifikacijom verifikacionizma.

Sama riječ vodi porijeklo od grčke riječi pragma (djelo, djelovanje, čin). Pojam korisno upotrebljava se u pragmatizmu različito: ponekad u smislu pojedinačne, ali češće u smislu opšte društvene koristi ili dobra.

Pragmatistički pristup i njegovi metodi rješavaju teoretske sporove tako što iz razmatranih stavova izvodi praktične posljedice, a zatim se prihvataju oni stavovi čije su posljedice korisnije ili prihvatljivije. Ako neki stavovi ne proizvode nikakve praktične posljedice, oni se odbacuju kao besmisleni.

Za razliku od pozitivista, pragmatisti ne odbacuju metafiziku u potpunosti, jer prihvataju sva vjerovanja koja imaju korisne posljedice, bez obzira da li su metafizička ili nisu. Iz takvog stava proizilazi tolerantan odnos prema različitim naučnim, moralnim, religioznim i političkim pitanjima. U skladu s tim, oni se razlikuju od pozitivista i po tome što smatraju da i vrijednosti mogu biti predmet saznanja i da sama naučna saznanja zavise od društvenih vrijednosti. S druge strane, slično pozitivistima, oni pridaju presudan značaj nauci u društvenom životu, ali se od njih razlikuju po tome što istinitost i smisaonost sazajnih iskaza određuju na osnovu društvene koristi, a ne isključivo na osnovu čisto naučne provjerljivosti.

### 3. PRAGMATIZAM U OBLASTI IS

Ne postoji jasna slika šta bi to pragmatizam trebao značiti u istraživanjima u oblasti IS. Shvatanje značenja pragmatizma u IS može se objasniti odnosom između znanja i akcije (djelovanja) kao dva središnja pojma u pragmatizmu odgovorom na pitanje: kakvi odnosi postoje između znanja i djelovanja u oblasti IS? U pragmatizmu, znanje se kreira i koristi za djelovanje. Glavna postavka pragmatizma je da znanje treba poboljšati djelovanje i da se naučna saznanja trebaju okrenuti praktičnom djelovanju. Ovakav odnos znanja i djelovanja naziva se i znanje za djelovanje. Ovo nije jedinstven odnos znanja i djelovanja niti njegova jedina interpretacija u pragmatizmu. Drugi vid odnosa predstavlja činjenica da bi naučno saznanje trebalo usmjeriti i oko samog djelovanja. Ovo dovodi do brojnih teorija o akcijama (djelovanju), aktivnostima i praktičnim implementacijama znanja. Ovakav odnos se definiše kao znanje o akciji (djelovanju). Treći odnos znanja i djelovanja odnosi se na postavku djelovanja kao izvora saznanja. Da bi se došlo do novih saznanja, potrebno je i da djelovanje bude uređeno i provodljivo sa mogućnošću analiziranja primjenom odgovorajućih naučnih metoda. Ovakav odnos se definiše kao znanje kroz djelovanje. Ovakav, trojni odnos između znanja i djelovanja čini osnovu za klasifikaciju pragmatizma u IS u tri kategorije:

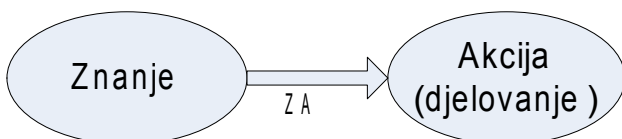
- funkcionalni pragmatizam (znanje za djelovanje)
- referencijalni pragmatizam (znanje o djelovanju)
- metodološki pragmatizam (znanje kroz djelovanje)

Tri vrste pragmatizma se odnose na tri osnovna pitanja:

- Zašto nam je potrebno znanje? – za djelovanje (akciju)
- Koje znanje nam je potrebno? – djelovanje je objekt primjene
- Kako doći do znanja? – djelovanje je izvor i medijum znanja

### 4. FUNKCIONALNI PRAGMATIZAM

U pragmatizmu, znanje se vidi kao sredstvo za poboljšanje svijeta. Dewey [6] je napisao „*znanje ima kreativnu funkciju...koja pomaže da bi svijet bio drugačiji nego što bi bio bez njega*“, tj da bi znanje trebalo biti korisno za djelovanje i promjene a termin funkcionalno odnosi se na činjenicu da bi znanje trebalo biti korisno i primjenjivo u djelovanju (akciji). Glavni odnos znanja i djelovanja u funkcionalnom pragmatizmu dat je na slici 1.



Slika 1. Odnos znanje-akcija u funkcionalnom pragmatizmu

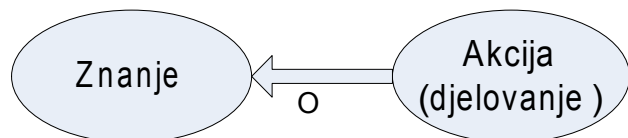
Ovo znači da znanje koje ima opisni karakter (modeli i metode) ima važnu ulogu u ovoj vrsti pragmatizma. U

istraživanjima u oblasti IS, postoje brojni primjeri modela, okvira, metoda i ostalih proizvoda znanja. Znanje koje je funkcionalno daje istraživačima iz ove oblasti uputstva i vodilje u njihovim istraživačkim studijama. Opisna znanja data o metodama i u samom opisu metoda često su formulisana na jasan način i sa jasnim smjernicama o načinu djelovanja i poduzimanja pojedinih aktivnosti u samom istraživanju (primjeni metoda). Pragmatično funkcionalni pogled na znanje ne povlači automatski za sobom da takvo znanje mora biti formulisano u eksciplitnom obliku. Dewey [6] ističe da teorije uključujući tu i opisne metoda trebaju biti tretirani kao instrumenti a da od istraživača zavisi način njihove upotrebe. U praktičnoj implementaciji teorije, nije uvijek jasna veza između određenih formulacija i radnji koje treba poduzeti u određenim situacijama. Ovakve teorije imaju funkciju usmjeravanja pozornosti učesnicima istraživanja prema određenim vrstama pojava.

Unutar funkcionalnog pragmatizma moguće je dodati i sve više rastući interes za design science i design teorije. Ovakve vrste istraživanja imaju za cilj razvijanje novih znanja korisnih za dizajn IS i drugih povezanih fenomena što svakako pripada usvajanju znanja za djelovanje.

### 5. REFERENCIJALNI PRAGMATIZAM

Ova vrsta pragmatizma se bavi opisivanjem okruženja (svijeta) na akciono-orjentisan način. Herbert Blumer; jedan od osnivača simboličkog interakcionizma (pragmatični pristup u socijalnoj psihologiji i sociologiji), tvrdi da "*suština društva leži u procesima djelovanja - ne u postavljenoj strukturi odnosa. Bez akcije, bilo kakva struktura odnosa među ljudima je besmislena. Da bi bilo razumljivo, društvo se mora uvidjeti i shvatiti u smislu djelovanja koje sadrži*" [7]. Pravilno razumijevanje društvenih fenomena podrazumijeva akciono-orjentisano konceptualizaciju. Naučna saznanja (teorije i dr.) treba da budu jasne u vezi sa akcijama koje treba poduzeti kao i kontekst učesnika u saznavanju. Osnovni odnos znanja i akcije u referencijalnom pragmatizmu dat je na slici 2.



Slika 2. Odnos znanje-akcija u referencijalnom pragmatizmu

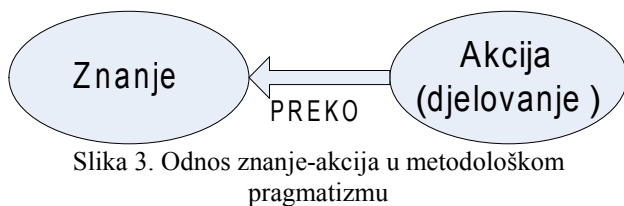
Postoji više akciono-orjentisanih teorija koje imaju uticaj na istraživanja u oblasti IS. Postoje pragmatičke teorije o samom jeziku/lingvistici [8] i konverzacionalnoj analizi [9] koje su uticale na teorije u oblasti IS. Lingvističke teorije u IS sa naglaskom na komunikacione postupke i njihove strukture još su jedan od primjera. Takođe i sociološke teorije o akciji imaju veliki uticaj na istraživanja u oblasti IS (teorije Webera, Gidensa, Bergera i Luckmana).

Postoji i više metodoloških pristupa, kao što je Action Workflow i DEMO koje su izgrađene na sličnim osnovama i zasnivaju se na akcionim teorijama. To znači

da takvi pristupi (koji sadrže dijelove akcijske koncepcije i propisanih načina djelovanja) kombinuju u sebi funkcionalni i referencijalni pragmatizam.

## 6. METODOLOŠKI PRAGMATIZAM

Metodološki pragmatizam se zasniva na činjenici da mi svijet spoznajemo preko djelovanja u njemu. Razvoj znanja je baziran na kontinualnoj interakciji između saznavanja (procesa prikupljanja znanja) i djelovanja. Prema ovome, znanje ima osnov u djelovanju, iskustvu i refleksiji na djelovanje. Metodološki pragmatizam ide jedan korak dalje od čistog posmatranja za dobijanje empirijskih podataka. Intervenističko djelovanje u realnom okruženju s posebnom namjerom da se primjene i istraže konsekvence različitih djelovanja i strategija vrlo je bitno u ovoj vrsti pragmatizma. Ovo uključuje i refleksivnost: pažnja se usmjerava na provedene radnje (akcije) kao i njihove učinke (posljedice) – uspjehe i/ili greške (neuspjehe). Induktivni pristup koji podrazumijeva nenaknadno miješanje u djelovanje nakon implementacije određene strategije je veoma bitan faktor u primjeni ovakvih načina saznavanja a sve da bi se došlo do novih saznanja. Djelovanje u svijetu je osnovni izvor znanja u ovom pragmatizmu. Metodološki pragmatizam je, u stvari, proces dobijanja znanja kroz akciju (djelovanje). Osnovni odnos znanja i akcije u metodološkom pragmatizmu dat je na slici 3.



Slika 3. Odnos znanje-akcija u metodološkom pragmatizmu

Metodološki pragmatizam temelji se na ideji planiranih djelovanja u svijetu kako bi se steklo znanje. Eksperimentalne i istraživačke studije su osnov za ovakvo sticanje znanja. Metodološki pragmatizam je prihvaćen u akcionom istraživanju. Jedno od ključnih pitanja u akcionom istraživanju je njegov doprinos praksi oblasti u kojoj se primjenjuje. Druga pak pitanja su intervencije i sami ciklus sticanja znanja: akciono planiranje i evaluacija. Za ovo je potrebno pripremiti različite vrijednosne skale za mjerenje što više parametara da bi se mogla vrednovati njihova efektivnost. Ovdje treba uzeti u obzir i mogućnosti kvantifikacije određenih parametara i mogućnosti njihovog mjerenja (kvantitativne metode) ali i korištenje kvalitativnih metoda koje se koriste u za procjenu vrijednosti onih vrijednosti koje nisu direktno mjerljive nekom skalom. Akciona istraživanja uključuju i istraživanje novih strategija djelovanja i poduzimanja akcija određenim redoslijedom i vrednovanje njihovog uspjeha/neuspjeha. Jedno od fundamentalnih uvida u akcionom istraživanju je da se stvarna istina o fenomenu koji se istražuje dobija njegovom promjenom ili uticajem na njega. Drugim riječima, nije dovoljno samo posmatranje fenomena koji se istražuje, nego se moraju činiti akcije koje će ga promijeniti kako bi došli do dubljih saznanja o njegovom karakteru.

U oblasti IS, sve je veće interesovanje naučne zajednice za akciona istraživanja u ovoj oblasti. Uključenost istraživača u stvarnim promjenama, razvojnim procesima i primjenama IS su dobra prilika za upoznavanje novih metoda i pristupa kao što je i miks-metodski pristup. O oblasti IS sve je veći interes u tome da se kombinuju akciona i design istraživanja.

## 7. PRAGMATIZAM I MIKS-METODSKA ISTRAŽIVANJA

U posljednjih nekoliko decenija, u literaturi u društvenim naukama i njima bliskim oblastima, evidentan je porast istraživačkih studija u kojima se kombinuju kvalitativne i kvantitativne metode. Ovaj tip istraživanja sve više se primjenjuje za proučavanje fenomena u oblastima kao što su obrazovanje, socijalni rad, zdravstvena zaštita i drugim oblastima. U brojnim publikacijama razmatraju se filozofske pozicije, istraživački dizajni, postupci analize podataka dobijenih kombinacijom metoda, odnosno njihova integracija, strategije validacije, kao i obrazloženja za takve postupke [10]-[114].

Miks-metodsko (engl. mixed methods research) istraživanje formalno se definiše kao vrsta istraživanja u kome istraživač kombinuje kvalitativne i kvantitativne istraživačke tehnike, metode, pristupe, pojmove ili jezik u jednoj istraživačkoj studiji [15]. Miks-metodsko istraživanje se razlikuje od višemetodskog istraživanja (engl. multi-method) jer se u višemetodskom istraživanju koristi više metoda istog metodološkog pristupa (ili kvantitativne ili kvalitativne metode). Različita su mišljenja o mogućnostima kombinovanja metoda i tehnika iz dvije osnovne istraživačke orijentacije. Neki autori ovaj tip istraživanja smatraju najavom treće paradigme u istraživanju društvenih fenomena i pristupom koji pomjera rat između dvije paradigme u prošlost [5], [14], [15]. Drugi, da su paradigme na kojima su zasnovane dvije osnovne istraživačke orijentacije nekompatibilne jer suštinski istražuju različite fenomene, te se metode iz dvije istraživačke tradicije nikako ne mogu kombinovati [15]-[17]. Treći, da se kvalitativne i kvantitativne metode ne mogu zajedno primjenjivati u jednoj studiji za svrhe triangulacije ili unakrsne validacije, ali da mogu biti kombinovane za komplementarne svrhe [18], [19].

Najčešći razlozi, koji se daju za potrebe kombinovanja kvantitativnih i kvalitativnih metoda u jedan istraživački naort, se mogu svesti na dva: (1) da bi se postigla unakrsna validacija ili triangulacija, odnosno kombinovanje metoda da bi se proučavala ista pojava ili da bi se dobilo potpunije razumevanje iste; (2) u komplementarne svrhe.

Filozofski promatrano, miks-metodska istraživanja koriste pragmatički pristup. Osnovno pragmatičko pravilo je tvrdnja da je istinska vrijednost iskaza određena iskustvom ili praktičnim konsekvencama uvjerenja [6].

Johnson i Onwuegbuzie [13], zagovornici kombinovanja kvalitativnih i kvantitativnih metoda, navode sljedeće postulate filozofije pragmatizma kao najznačajnije za izvođenje miks-metodskih istraživanja: teorije se smatraju instrumentalnim - one postaju istinite u određenom stepenu zavisno o tome kako »odrađuju posao« u određenoj situaciji; odbacuju se tradicionalni dualizma (na primjer, racionalizam nasuprot empirizmu, realizam nasuprot antirealizmu, slobodna volja nasuprot determinizmu), a podržava se pluralizam i eklektizam, odnosno različite, čak i konfliktne teorije i gledišta mogu biti od koristi u razumijevanju ljudi i svijeta; instrumentalne istine zavise o stepenu slaganja, odnosno neke procjene su više istinite nego druge; preferira se akcija u odnosu na filozofiranje; znanje se promatra i kao konstruirano ali i kao zasnovano na realnosti svijeta u kojem živimo; zagovara se eksplicitno vrijednosno orijentisan pristup istraživanju, proistekao iz vrijednosti određene kulture; prevladava zalaganje za praktičnu teoriju koja informiše efikasnu praksu.

## 8. ZAKLJUČAK

Dijeleći uverenje onih autora koji smatraju da pragmatizam kao filozofska osnova može doprineti prevazilaženju jaza između kvalitativne i kvantitativne orijentacije, svesni smo da on, kao i sve druge filozofije, ima svoje slabosti. U literaturi se navode neke od njih: zapostavljanje bazičnih istraživanja na račun primjenjenih; zagovornici akcionih i feminističkih pristupa tvrde da pragmatično orijentisani istraživači ponekad zaboravljaju da obezbede zadovoljavajući odgovor na pitanje, za koga je korisno istraživanje; pragmatične teorije o istini imaju teškoća u bavljenju onim uverenjima koja su korisna ali nisu istinita, kao i onim koja su istinita ali nisu korisna; mnogi savremeni filozofi odbacuju pragmatizam zbog njegovih logičkih neuspjeha, u poređenju sa praktičnim; neki neo-pragmatisti i post-modernisti u potpunosti odbacuju korespondentnost istine u bilo kojoj formi, što mnogi filozofi smatraju problematičnim.

Pragmatično orijentisani filozofi i istraživači iz oblasti IS koji zagovaraju miks-metodska istraživanja, takođe tvrde da možemo dostići izvjesno slaganje o važnosti mnogih vrednosti i željenih ciljeva. Drugim riječima, pragmatizam zauzima eksplicitno vrednosno orijentisan pristup istraživanju.

## LITERATURA

[1] Orlikowski W.J., Baroudi J.J. "Studying information technology in organizations: research approaches and assumptions", *Information Systems Research*, Vol 2 (1), 1991.

[2] Myers M., Avison D. "Qualitative research in information systems: A reader", Sage, London, ed. 2002.

[3] Goles T., Hirschheim R., "The paradigm is dead, the paradigm is dead ... long live the paradigm: the legacy of Burrell and Morgan", *Omega*, Vol 28, str 249-268, 2000.

[4] Baskerville R., Myers M., "Special issue on action research in information systems: making IS research relevant to practice – foreword", *MIS Quarterly*, Vol 28 (3), str 329-335, 2004.

[5] Goldkuhl G. "Meanings of pragmatism: Ways to conduct information systems research", in *Proc of the 2nd Intl Conf on Action in Language, Organizations and Information Systems (ALOIS)*, Linköping University, 2004.

[6] Dewey J. "Logic: The theory of inquiry", Henry Holt, New York, 1938.

[7] Blumer H. "Symbolic interactionism: perspective and method", University of California Press, Berkeley, 1969.

[8] Searle J.R. "Speech acts. An essay in the philosophy of language", Cambridge University Press, London, 1969.

[9] Sacks H. "Lectures on conversation", Blackwell, Oxford, 1992.

[10] Creswell J.W. "Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches", 2nd ed. SAGE Publications, California, USA, 2003.

[11] Brewer J.A., Hunter A., "Multimethod research: A synthesis of styles", Newbury Park, CA: Sage, 1989.

[12] Green J., Caracelli V., Graham W., "Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation design", *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 11, str. 255-274, 1989.

[13] Johnson R.B., Christensen L., "Educational research: Qualitative, quantitative and mixed approaches", Boston, MA: Allyn and Bacon, 2004.

[14] Tashakkori A., Teddlie C. (eds.), "Handbook of mixed methods in social and behavioral research", Thousand Oaks, CA: Sage, 2003.

[15] Johnson R.B., Onwuegbuzie A.J., "Mixed methods research: A research paradigm whose time has come", *Educational Reseracher*, Vol. 33, No. 7, pp. 14-26, 2004.

[16] Guba E., "The alternative paradigm dialog", in E. Guba (ed.): *The paradigm dialog (17-27)*. Newbury Park, CA: Sage, 1990.

[17] Denzin N., Lincoln Y., "Introduction: Entering the field of qualitative research", in N. Denzin, Y. Lincoln (eds.): *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994.

[18] Sale J., Lohfeld L., Brazil K., "Revisiting the quantitative-qualitative debate: implications for mixed-methods research", *Quality & Quantity*, 36, str. 43-53, 2002.

[19] Borland K., "Qualitative and quantitative research: A complementary balance", *New Directions for Institutional Research*, 112, str. 5-13, 2001.

## SilabMDD - Model Driven Approach

Dušan Savić, Siniša Vlajić, Saša Lazarević, Vojislav Stanojević, Ilija Antović, Miloš Milić<sup>1</sup>, Alberto Rodrigues da Silva<sup>2</sup>

*Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade*<sup>1</sup>  
*Department of Computer Science and Engineering*  
*IST / Technical University of Lisbon*<sup>2</sup>

**Abstract** - *Model-Driven Development is a software development paradigm that emphasizes the importance of models during the entire software development process. The aim of Model-Driven Development is to use models throughout the software development process at different levels of abstraction. In our SilabMDD approach use cases present a model of user and software requirements. The model of requirements is specified using SilabReqDSL language. SilabReqDSL language is implemented inside JetBrains Meta Programming System and can be used in it as plugin or plugin inside IntelliJ IDEA.*

### 1. INTRODUCTION

The development of information system is a complex and social process because it involves many interactions among different stakeholders. In order to make this process successful, it is necessary to understand the system requirements and document them in a suitable manner. There is a number of different definitions of requirements. Requirements can be defined as: (1) a property that must be exhibited in order to solve some real-world problem [1]; (2) needs and constraints placed on a software product that contribute to the solution of some real-world problem [2]; (3) a condition or capability needed by a user to solve a problem or achieve an objective; or (4) a condition or capability that must be met or processed by a system (or system component) to satisfy a contract, standard, specification, or other formally imposed documents [3]. Additionally, there are many forms for requirements presentation such as natural language, constrained natural language or model based requirements language [4].

The requirements engineering involves two main processes: (1) requirements development (with elicit, analyze, specify, and validate software requirements) and (2) requirements management process [4]. Many requirements engineering approaches have been discussed in the literature, which differ in their analysis methods, modeling techniques and modeling languages. Widely accepted approaches in 70ies and 80ies were mainly data and functional-oriented analysis techniques, while object-oriented approaches were emerged and were popular during the late 80s and 90s. Another approach emerged 10 years later were goal-oriented requirements engineering [5]. Common to all these approaches, particularly in their early period, is the clear separation of requirements engineering process from software development process.

A more software paradigm, referred to as Model-Driven Development (MDD), [6] is a software paradigm that emphasizes the importance of models during the entire

software development process. The aim of MDD is to use models throughout the software development process at different levels of abstraction. Therefore, models are not used only to document some part of a system; models are first-citizen in software development. MDD processes usually start to develop a requirements model which is defined to describe user's needs in a computational independent way. Then, this model can be refined into one or more models that describe the system without considering technological aspects. Finally, these models are either refined into design models that describe the system by using concepts of a specific technology and are then translated into a code; or are directly derived to a code if they contain enough information to implement the software system in a precise and complete way [7].

However, despite the importance of requirements engineering as a key success factor for software development projects there is still a lack of MDD methods that would cover the full development lifecycle, from a requirements engineering level to a code generation level or writing level [8] [9].

In this paper we introduce SilabMDD approach as model driven, language oriented and use case driven approach that use SilabReqDSL as a use cases specification language. Furthermore, we present how SilabReqDSL is supported by JetBrains Meta Programming System (MPS). The goal of SilabMDD is to provide a complete software development workbench to be used by requirements engineers, developers, as well as by other non-technical stakeholders. This paper is organized as follows. Section 2 describes the background of this work. Section 3 presents SilabMDD approach while Section 4 concludes the paper and outlines future work.

### 2. BACKGROUND

Requirements are mostly documented using natural language, as paragraphs of text. However, natural language requirements specification tends to be ambiguous, unclear, and inconsistent. In fact, they are difficult clearly defined data, function and behavior perspectives of these requirements because they overlap. On the other hand, documenting requirements using semi-formal models require using specific modeling language for each particular perspective. Three types of requirements proposed by Klaus Pohl [4]: (1) goals, which document intentions of stakeholders; (2) scenarios, that describe concrete example of system usage; and (3) solution-oriented requirements, that can be used as complement each other. Different requirements modeling languages can be used for modeling different requirements artifacts for different perspective. For example, i\* [4] and KAOS[4] goal models can be used for

specification of the goals; UML use case, sequence and activity diagram can be used for modeling scenarios; while UML state machine diagram or data flow can be used for modeling behavior.

The specification of requirements is a difficult task because requirements are read by many of participants of the software development process with different technical knowledge. People prefer to use textual specification of requirements, but their representations are not suitable for automatic transformation and also for reusing. We need a structured language for requirements specification that will be understandable by most of participants in software development process but also will be precise enough to enable automatic transformation. These languages should be defined by meta-model or grammars in order to enable automatic or semi-automatic processing.

UML has become a standard language for modeling software systems and many people have used it for requirements specification. However, some authors have argued that UML has some deficiencies as a semiformal requirements specification language [10].

There other Requirements Specification Language (RSL) that use natural language in a controlled way. RSL [11] is a semiformal natural language that employs use case for specifying requirements. Each scenario in use case contains special controlled natural language SVO (O) sentence. RSL has been developed as a part of ReDSeeDS project [12]. ReDSeeDS approach covers a complete chain of model-driven development – from requirements to code[13].

The goal of ProjectIT [14] [15] is to provide a complete software development workbench, with support for project management, requirements engineering, analysis, design and code generation activities. ProjectIT-Requirements is the component of the ProjectIT architecture that deals with requirements issues. The main goal of the ProjectIT-Requirements is to develop a model for the definition and documentation of requirements, which, by raising their specification rigor, facilitates the reuse and faster the integration with development environments driven by models. Taking into account the different types of requirements, this project uses software requirements, those that can more easily be “converted” in software design models by MDD approaches [16].

RSLingo [17] is a linguistic approach for improving the quality of requirements specification, which is based on two languages and mapping between them. The first language is RSL-PL (Pattern Language) extensible language for defining linguistic patterns dealing with information extraction from requirements written in natural language; and the second one is RSL-IL (Intermediate Language), formal language with a fixed set of constructs for representing and conveying RE-specific concerns.

### 3. THE SILABMDD APPROACH

SilabMDD approach emerged as a key result of Silab Project which was initiated in 2007 in the Software Engineering Laboratory at Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade. The main goal of this project was to enable automated analysis and processing of software requirements in order to achieve automatic generation of different parts of a software system. In the beginning, Silab Project has been divided in two main sub-projects SilabReq and SilabUI that were being developed separately. Initially this project SilabReq project focused on the formalization of user requirements and their transformations to different UML models to facilitate the analyses process and to assure the quality of software requirements. On the other hand, SilabUI project focused on automatic generation of user interfaces based on use cases specifications. When both subprojects reach desired level of maturity, they integrated in a way that some results of SilabReq project can be used as input for SilabUI project. As a proof of concept, Silab project has been used for the Kostmod 4.0 [18] project, which was implemented for the needs of the Royal Norwegian Ministry of Defense.

After several years of using this project in developing different intensive software system we are established a SilabMDD approach. This section introduces the conceptual view of the SilabMDD approach.

#### A. Overview of the SilabMDD approach

Usually, when we are explaining some approach, we are explaining it according to phase-oriented perspective, defining the roles and tasks involved. In this paper, we do not describe our approach in that manner because we do not focus on phases and roles. We focus on key artifact. In our approach it is use case. We explain it as well as different languages that are used in it.

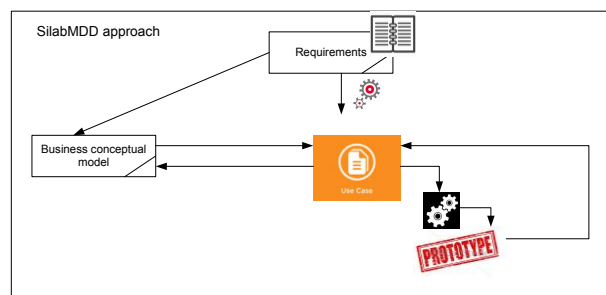


Figure 1 Modeling circle in SilabMDD approach

Fig. 1 depicts the key artifacts and modeling circle with SilabMDD approach. SilabMDD approach is a model driven, language-oriented and use case driven approach.

Usually, in MDD the implementation is (semi)automatically generated from the models. Despite the fact that use cases are narratives, there is no a single standard that specify what textual specification of use case should be. In SilabMDD approach we develop SilabReq DSL language that should be used for use case specification. It requires a rigorous definition of the use case specification, particularly description of sequences of

action steps, pre- and post-conditions, and relationships between use case models and domain models.

Bearing in mind that the model is expressed through a modeling language and SilabMDD approach use several integrated DSL it is also language-oriented. Language Oriented Programming [38] presents a style of development which operates about the idea of building software around a set of DSL, while Language Workbenches are generic term for tools that use this style of programming. Meta Programming System<sup>1</sup> (MPS) from JetBrains<sup>2</sup> is one of the most popular meta-programming systems that enables language oriented programming with a projection editor in persistent abstract representation [38] that we used in developing our languages.

SilabMDD approach is use case driven approach but it do not pay much attention to the way in which get use cases. It can be derived from business process, or text requirements. If requirements are expressed in some form of model as in RSLingo using with RSL-IL it is possible to automatically using appropriate transformation to deliver use cases. Throughout the specification process use cases are specified using SilabReqUC DSL language and continuous inspection business conceptual model. For business conceptual model description we developed small SilabReqBCM DSL language. Action in use cases as well as pre-condition and post-condition are specified in context of business conceptual model. Except two of this language, SilabMDD approach use SilabReqUI DSL language which is primary use for specification user interface prototype.

### B. Specification of use case from different level of abstraction

The SilabReq DSL focuses on use cases specifications at different levels of abstractions according to the different roles that use cases play in the software development. There are three different abstraction levels: (1) use case interaction level (high-level), (2) use case behavior level (medium-level), and (3) use case UI-based level (lower-level). Each abstraction level extends and semantically enriches the previous level. Actually, we can use the same model for both user and system specification and software design. Transformations among these different levels are used to create different views as well as for code generation.

The main role that use cases have at the highest level of abstraction (interaction level) is the user requirements specification. Therefore, this level allows non-technical stakeholders to quickly read and understand use case descriptions. Use cases alone are not sufficient for user requirements specification. Therefore, use cases are connected with glossary and business rules. Glossary and business rules are specified within the same language (but it is possible to create and use specific language). They are specified separately, but they are connected with some part

of use cases such as pre-conditions, post-conditions or use case actions (steps). Each business rule or term in the glossary is specified with unique identification, name and description. At this level of abstraction, the use case specification consists in the following elements (see Fig.2): (1) unique use case identifier, (2) use case name, (3) the actors who participate in use case, (4) the business entity over which the use case is executed, (5) main and alternative use case scenarios, and (6) use case pre-conditions and post-conditions.

Business rules are used for specification of use case pre-conditions and post-conditions. Pre-conditions and post-conditions are specified in the context of the system state as a pair of entity and its state. In pre-condition, the system state defines the conditions that must be satisfied before use case starts. This business rules are specified in context of business domain model. Therefore, before use case starts, business entity over which the use case is executed and related entity must be in some specific state. For example, the user must be logged in as administrator (user as entity and login as state), the order must exist (order as entity, exist as state), the form for creating bill is open and the order exist (form for bill as state and open as state, order as entity and exist as state). The similar situation is for use case post-condition specification system. After successful execution of the use case, entity of the system will be in some particular state (for example order as entity will be saved). Action business rules are used to specify data entered by actor (choose or select), or data returned from system. At this level of abstraction, these rules are related with APDExecuteSO action and SRExecuteSO action. Both of these actions are specified in context of business domain model. The Fig. 1 describes the use case specification template document, entity and business rule specification document. The specification document looks like wiki document; it is possible to navigate through document.

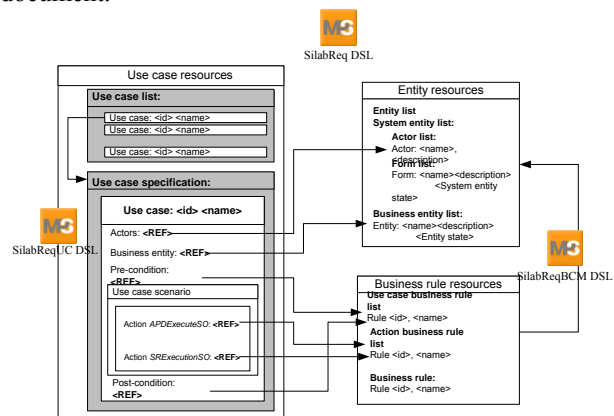


Figure 2 Use case specification from user perspective

The specification of use cases at the medium level is used to determine the desired functionality of the system. At this level, a use case scenario specification is extended with the specification of ACSExecuteSO action and SExecuteSO action. These use case actions are used to define a function that a system should provide. The Fig.3 describes how medium-level use case specification extends high-level. The figure describes template

<sup>1</sup> <http://www.jetbrains.com/mps/>

<sup>2</sup> <http://www.jetbrains.com/>

document which is extended with system operation specification that contains: system operation pre-condition, successful and error system response as well as system operation post-condition.

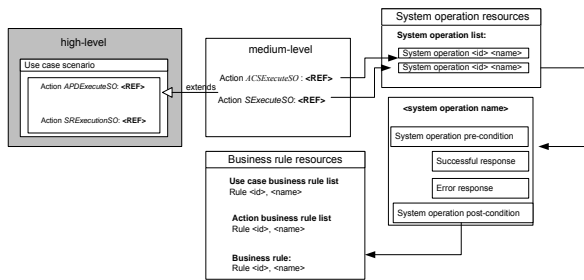


Figure 3 Use case specification from behavior perspective

We introduce ACSExecuteSO action because the user can call system operation in different ways (for example double click on button, pressing specific key on keyboard, focusing on some graphic user component and etc.). At this level, we just emphasize that user calls the system operation, but way how the user does it will be specified at the lowest level. As a result of this level of use case specification, we have identified and specified system function as system operation contracts.

The lower-level of use case specification contains information about user interface details. The aim of this level of use case specification is to enable specification of user interface.

Specification of use cases at this level of abstraction is done in several steps. First, we define appropriate template (filed-form, table-form, filed-tab, table-tab) which is used to display the main business entity and entities associated with it. Second, from the use case business rule we identify entity and entity attributes that participates in use case and specify the corresponding graphic user interface component used to display and modify its value (e.g. text field, table, dropdown list, radio buttons). Third, for each ACSExecuteSO action we specify the graphic user interface components (e.g. button, menu item) that are used to call system to execute the system operation. The Fig.4 describes relation between use cases and appropriate use case templates, business rules and business entities with corresponding graphic user interface component.

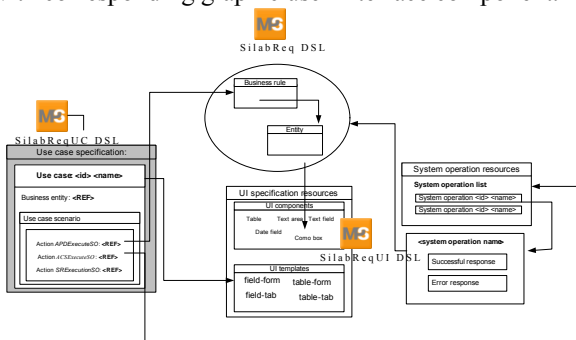


Figure 4 Use case specification from UI perspective

C. The supported tool: JetBrains MPS

MPS contains its own language named BaseLanguage. MPS allows extending BaseLanguage to create new

custom languages, extend existing languages, and use them to develop software applications. BaseLanguage has a built-in support with strings, collections, regular expressions, etc. During the process of creating a new language it is needed to derive concept from the BaseLanguage as a reference for new languages.

The major goal of MPS is to allow languages definitions thought extension, which means that language’s designer, can use concepts from a new extended language as well as combine concepts from of different languages. The problem in syntax language extension is mainly the textual concrete syntax because each language may have its own concrete syntax. JetBrains MPS proposes having concrete syntax maintained in an Abstract Syntax Tree (that consists of nodes with properties, children and references that describes the program code). At the same time, MPS offers an efficient way to keep writing code in a text-like manner.

MPS uses a generative approach that focuses on automating the creation of system-family members: a given system can be automatically generated from a specification written in one or more textual or graphical domain-specific languages [20] , similarly to MDD that aims to capture important aspects of a software systems through appropriate models.

From developer perspective, this programming approach seems very promising. Developer has two ways to implement software. First, he can use requirements specification to manually create source code. Second, he can use or create different transformation to generate source code from these models. Both alternatives can be used and integrated with MPS because there is already a plug-in for IntelliJ IDEA which allows including MPS concept models in Java project. So, programmer can use MPS for writing Java application and integrate relationship between source code and requirements specification.

D. Main aspect of SilabReq implementation

MPS comes with sets of DSL which is use to define the structure of language, editor, type systems, and generators. All of these DSLs are built using MPS itself. The language definition starts by defining its abstract syntax as suggested in Fig.5 (concepts in MPS). The concept is one element of language in MPS which describes how the elements look like, behave and generate<sup>3</sup>. Each concept can have a definition in one or more aspects of language such as structure, editor or generator.

<sup>3</sup> <http://dslbook.squarespace.com>



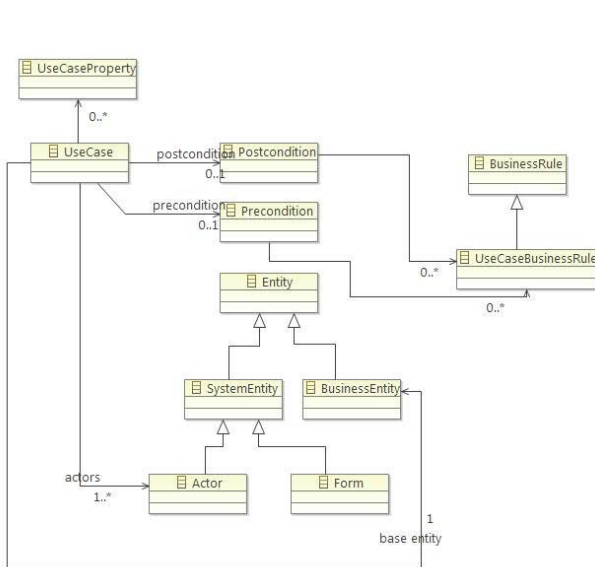


Figure 5 The SilabReq meta-model (partial view)

This part of SilabReqUseCase specification language is described in MPS using its Concept Declaration Editor (Fig.6).

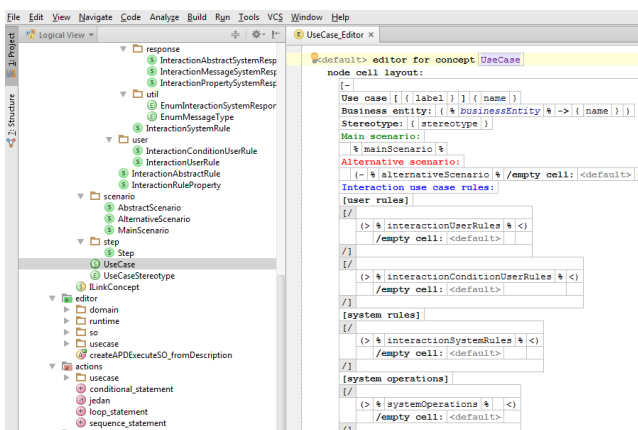


Figure 6 MPS editor for concept declaration

The MPS' Aspect Editor is used for defining the concepts' for concrete syntax. Fig.7 depicts the using of Aspect Editor for UseCase concept.

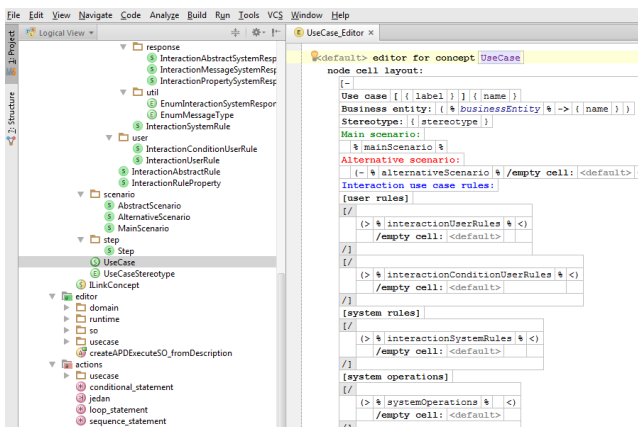


Figure 7 Aspect Editor for Use Case concept

We use MPS to generate Java source code from requirements specification model. Java is embedded into MPS, so generation Java source code is a simple transformation. We use template – based transformation in MPS for generation source code. This transformation has two main important building blocks: mapping rules (define which concepts are processed with which templates), reduction rules (define transformations which removes source node and replace it with associated template) and templates. Fig.8 presents an example of transformation declaration in MPS.

```

mapping_labels:
  label inputFieldDeclaration : InputFiled -> FieldDeclaration
  label useCaseTemplate : UIUseCaseTemplate -> TemplateGeneration

parameters:
  << ... >>

is_applicable:
  <always>

conditional_root_rules:
  << ... >>

root_mapping_rules:
  [concept UIUseCase] --> UIUseCase
  [inheritors false]
  [condition <always>]
  [keep input root default]
  
```

Figure 8 Example of MPS transformation definition

#### 4. CONCLUSION

In this paper we introduce SilabMDD approach as model driven, language oriented and use case driven approach that use SilabReqDSL as a use cases specification language. Further, we present how SilabReqDSL is supported by JetBrains Meta Programming System (MPS).

SilabMDD approach is use case driven approach but it do not pay much attention to the way in which get use cases. It requires a rigorous definition of the use case specification, particularly description of sequences of action steps, pre- and post-conditions, and relationships between use case models and domain models.

The goal of SilabMDD is to provide a complete software development workbench to be used by requirements engineers, developers, as well as by other non-technical stakeholders.

In short, the contributions of this article are twofold: (1) the introduction of SilabReq specification language which can be used for requirements specification, and (2) present SilabMDD approach as model driven, language oriented and use case driven approach. Achieving this goal, in our approach use case becomes the main artifact in software development which is considered at different level of abstraction.

#### REFERENCES

[1] IEEE Computer Society Professional Practices Committee SWEBOK®, Guide to the Software

- Engineering Body of Knowledge. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2004
- [2] G.Kotonya and I. Sommerville, Requirements Engineering Processes and Techniques. John Wiley and Sons, 2000
- Banks, J. and S. J. Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- [3] IEEE standard glossary of software engineering terminology, IEEE Std 610.12-1990, 1990
- [4] K.Pohl, Requirements Engineering - Fundamentals, Principles, and Techniques. Springer 2010
- [5] A. van Lamsweerde, "Goal-Oriented Requirements Engineering: A Roundtrip from Research to Practice," Requirements Engineering, vol. 6, no. 11, pp. 4–7, 2004.
- [6] S. Mellor, A. Clark and T. Futagami, "Model-Driven Development," IEEE Software, vol. 20, pp. 14-18, 2003.
- [7] P. Valderas and V. Pelechano, "A Survey of Requirements Specification in Model-Driven Development of Web Applications", TWEB 5(2):10 (2011)
- [8] T. Menzies, "Editorial: model-based requirements engineering", Requirements Eng 8(4): 193-194, 2003
- [9] G. Loniewski, E. Insfran and S. Abrahão, "A systematic review of the use of requirements engineering techniques in model-driven development", Model driven engineering languages and systems. D. Petriu, N. Rouquette and Ø. Haugen (ed.), Springer: 213-227, 2010
- [10] M. Glinz, "Problems and Deficiencies of UML as a Requirements Specification Language", Proc. of the 10th IEEE Int. Workshop on Software Specification and Design, 2000
- [11] M. Smialek, J. Bojarski, W. Nowakowski and T. Straszak, "Scenario construction tool based on extended UML metamodel". Lecture Notes in Computer Science, 3713:414–429, 2005.
- [12] M. Smialek and T. Straszak, "Facilitating transition from requirements to code with the ReDSeeDS tool". RE 2012: 321-322
- [13] M. Smialek, W. Nowakowski, N. Jarzebowski, A. Ambroziewicz, "From use cases and their relationships to code" MoDRE 2012: 9-18
- [14] A. Silva, C. Videira, J. Saraiva, D. Ferreira and R. Silva, "The ProjectIT-Studio, an integrated environment for the development of information systems", In Proc. of the 2nd Int. Conference of Innovative Views of .NET Technologies (IVNET'06), pages 85–103. Sociedade Brasileira de Computação and Microsoft.
- [15] A. R. d. Silva, J. Saraiva, D. Ferreira, R. Silva, and C. Videira, "Integration of RE and MDE Paradigms: The ProjectIT Approach and Tools", IET Software: On the Interplay of .NET and Contemporary Development Techniques, 2007
- [16] D. A. Ferreira and A.R. Silva, "A Controlled Natural Language Approach for Integrating Requirements and Model-Driven Engineering", ICSEA 2009: 518-523
- [17] D. A. Ferreira and A.R. Silva, "RSLingo: An information extraction approach toward formal requirements specifications", MoDRE 2012: 39-48
- [18] Kostmod4.0  
<http://rapporter.ffi.no/rapporter/2009/01002.pdf>, accessed in January, 2013
- [19] F. Martin. Language Workbenches: The Killer-App for Domain Specific Languages [online]. Available on:  
<http://martinfowler.com/articles/languageWorkbench.html>
- [20] K. Czarnecki, Generative Programming: Methods, Tools, and Applications. Addison-Wesley (2000)

# RAZVOJ INTEGRISANOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA POTREBE TERENSKIH SARADNIKA DEVELOPMENT OF INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR THE NEEDS OF TERRAIN CO-WORKERS

Zlatko Čović<sup>1</sup>, Branimir Vujičić<sup>2</sup>, Čaba Elek<sup>3</sup>  
*Visoka tehnička škola strukovnih studija Subotica – Katedra za informatiku<sup>1</sup>*  
*Inovacioni centar d.o.o Subotica<sup>2</sup>*  
*MiniPani d.o.o Subotica<sup>3</sup>*

**Sadržaj** – Rad predstavlja razvoj i implementaciju integrisanog informacionog sistema za potrebe terenskih saradnika kompanije MiniPani. Ukratko je opisana klasifikacija mobilnih aplikacija, prikazana je arhitektura sistema i delovi implementacije. Sistem se koristi skoro godinu dana i u praksi se pokazao kao pouzdano i efikasno rešenje.

**Abstract** – Paper presents development and implementation of integrated information system for the needs of terrain co-workers of MiniPani company. The classification of mobile applications is briefly described, architecture of the system and parts of the implementation are shown. The system is used for almost a year and in practice has been proven to be a reliable and efficient solution.

## 1. UVOD

Poslovanje jedne kompanije ili jednog sektora kompanije ne može da se zamisli bez upotrebe informacionih tehnologija. Sve češće se u svakodnevne procese uvodi korišćenje integrisanih informacionih sistema koji u sebi sadrže neku vrstu mobilne aplikacije, web servisa, cloud rešenja, web portala.

U ovom radu je predstavljena realizacija jednog takvog sistema za potrebe terenskih saradnika kompanije MiniPani iz Subotice. Sistem se sastoji iz web servisa i nativne mobilne aplikacije. Cilj uvođenja ovog sistema je bio sa jedne strane kontrola rada terenskih saradnika i ubrzanje prikupljanja informacija sa terena, a sa druge strane uvid u prodaju, stanje i održavanje brenda kod primaoca MiniPani franšize.

## 2. MOBILNE APLIKACIJE

Velika penetracija upotrebe mobilnih telefona u pristupu internetu i web sadržajima dovela je do razvoja velikog broja aplikacija za pametne telefone. Mobilna aplikacija predstavlja softver ili program koji se preuzima sa marketa (*market place*) koji predstavljaju distribucionu platformu određenog operativnog sistema. Mobilne aplikacije se mogu podeliti na: nativne, web bazirane i hibridne. Svaka vrsta aplikacija ima prednosti i mane.

Nativne aplikacije se razvijaju u programskom jeziku za određeni operativni sistem upotrebom razvojnih alata za

taj operativni sistem. Programer razvija aplikaciju za određeni operativni sistem i ima mogućnost pristupa svim hardverskim karakteristikama uređaja. Nativne aplikacije daju najbolji korisnički doživljaj [1].

Web bazirane mobilne aplikacije su razvijene upotrebom nekoliko internet tehnologija i/ili programskih jezika. U većini slučajeva predstavljaju web stranicu ili web sajt, koji je optimizovan za upotrebu na malim ekranima. Pokreću se preko savremenih web čitača. One su platformski nezavisne, njihov razvoj i modifikacija su brži. Glavni nedostatak ove vrste aplikacija je da nemaju pristup hardverskim karakteristikama mobilnog uređaja [1].

Hibridne mobilne aplikacije koriste neki framework ili drugo integrisano rešenje, koje omogućuje programerima da razvijaju nativne aplikacije za jedan ili više operativnih sistema upotrebom različitih internet tehnologija. Jedno od najpopularnijih rešenja za ovu vrstu aplikacija je *PhoneGap*. *PhoneGap* predstavlja *open source* framework koji programerima nudi razvoj aplikacija korišćenjem standardnih web API-a (aplikacioni programski interfejs, engl. *application programming interface*) [2].

## 3. ZAHTEVI ZA REALIZACIJU

Osnovni zahtevi za realizaciju sistema su bili:

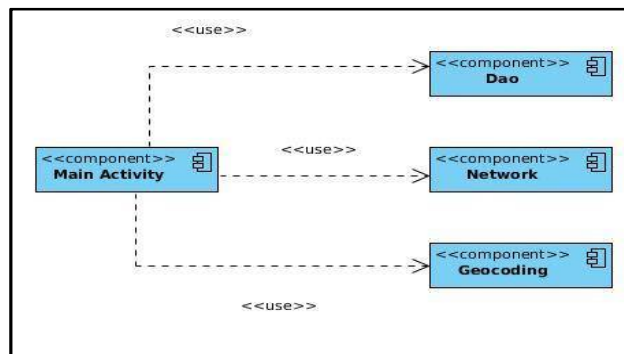
- Kreiranje mobilne aplikacije za Android operativni sistem verzije 4.0 ili novije,
- Kreiranje web servisa koji će imati mogućnost pregleda, dodavanja i modifikacije podataka kao i eksportovanja podataka u željeni format,
- Asinhronu komunikaciju između mobilne aplikacije i web servisa rešiti na način koji ne opterećuje previše resurse
- Slike koje se šalju preko mobilne aplikacije na web servis treba da budu rezolucije 800x600 piksela i da su u jpeg formatu
- Mobilnu aplikaciju testirati na mobilnim uređajima *Samsung Galaxy Trend Plus S7580* (kompanija je nabavila ove mobilne uređaje za terenske saradnike).

Po pitanju funkcionalnosti, zahtevi za mobilnu aplikaciju su bili:

- prijavljivanje terenskih saradnika na aplikaciju preko korisničkog imena i lozinke
- mogućnost snimanja trenutne geo lokacije (GPS)

- slanje podataka o prodajnom objektu, upitnika i fotografija na server radi sakupljanja informacija o radu terenskih saradnika
- praćenje rada primaoca franšize popunjavanjem upitnika o opremi, čistoći i kvalitetu objekata i usluga peciva
- fotografisanje unutrašnjosti i spoljašnosti prodajnog objekta
- slanje podataka o vremenu i lokaciji popunjavanja upitnika

fotografija i slanje na server, upitnik o stanju prodajnog objekta i upitnik o kvalitetu proizvoda.



Slika 1. Prikaz komponenti mobilne aplikacije

Zahtevi za web servis po pitanju funkcionalnosti su bili:

- kreiranje web interfejsa preko kojega bi administrator sistema mogao da unosi, pregledava i briše podatke (prodajni objekti, radnici, proizvodi, izveštaji)
- prilikom pregleda izveštaja koristiti *Google Maps API* za detekciju i prikaz lokacije slanja izveštaja
- obezbediti izvoz podataka, na osnovu različitih filtera, dobijenih iz izveštaja u željeni format (trenutno *Excel*)

Za pokretanje mobilne aplikacije je potreban mobilni uređaj sa Android operativnim sistemom verzije 4.0 ili novije, koji poseduje kameru koja može da snimi fotografije u rezoluciji 800x600 piksela, da poseduje GPS opciju, da ima mogućnost slanja podataka mobilnim mrežama. dok je za pristup web servisu potreban web čitač. Preporučena rezolucija ekrana mobilnog uređaja je 480x800 piksela ili veća.

Sistem razlikuje dva nivoa korisničkog pristupa:

1. terenski saradnik - korisnik koji koristi mobilnu aplikaciju i šalje podatke na web server
2. administrator sistema - korisnik koji ima prava da kreira, modifikuje i briše korisničke naloge za terenske saradnike, manipuliše podacima o prodajnim objektima, pitanjima i proizvodima

#### 4. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

U razvoju integrisanog sistema korišćeno je više programskih jezika i tehnologija. Za mobilnu aplikaciju korišćen je Java programski jezik dok su za web servis korišćeni JavaScript, jQuery, HTML, CSS, PHP programski jezik sa više dodatnih biblioteka, MySQL i *Google Maps API*. Sinhronizacija podataka je realizovana upotrebom JSON-a (*JavaScript Object Notation*). JSON je otvoreni standard koji koristi tekst, čitljiv za ljude, za prenos objekata podataka koji se sastoje od atribut-vrednost para. Primarno se koristi za prenos podataka između servera i web aplikacije, i predstavlja dobru alternativu za XML [3].

#### 5. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

Osnovni delovi aplikacije su: podešavanje korisnika, baza podataka sa prodajnim objektima i proizvodima, podsistem za komunikaciju sa serverom, snimanje

Podsistem za komunikaciju sa serverom je odgovoran za asinhronu komunikaciju sa serverom. Osnovne funkcije ovog podsistema su:

- sinhronizacija podataka o prodajnim objektima
- sinhronizacija podataka o proizvodima
- provera dostupnosti servera
- prijava korisnika na sistem
- slanje fotografija na server
- slanje upitnika na server

Podaci o prodajnim objektima i proizvodima su potrebni pri svakom unosu upitnika i to su podaci koji se ne menjaju često pa su iz tog razloga pogodni za čuvanje u lokalnoj bazi podataka. Podaci se po potrebi mogu sinhronizovati sa podacima na serveru.



Slika 2. Početni ekran aplikacije

Administrator sistema kreira terenskog radnika i njegove podatke putem web interfejsa. Nakon pokretanja mobilne

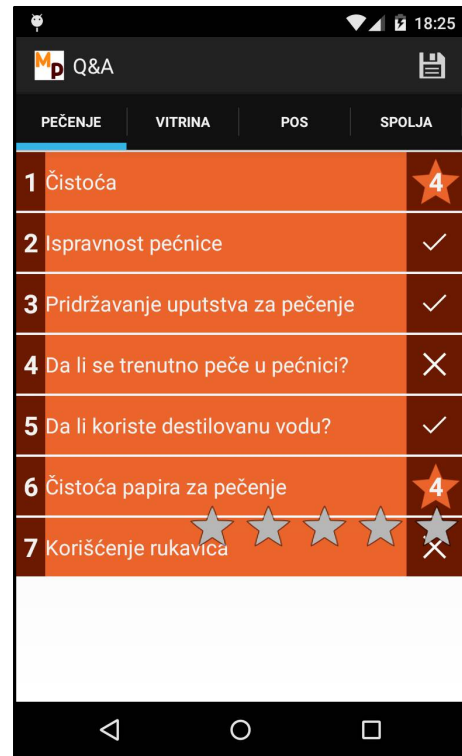
aplikacije radnik treba da podesi aplikaciju unošenjem podataka za server, korisničko ime i lozinku. Osnovni ekran sadrži informacije o podešavanjima i statusima mreže, GPS, liste proizvoda i prodajnim objektima. Ukoliko neki od tih parametara nije podešen, indikator pored njega ukazuje na to. Podešavanje se može uraditi dodiranjem na dugme pored indikatora. Svaki korisnik je identifikovan korisničkim imenom i lozinkom. Unošenje adrese servera, korisničkog imena i lozinke vrši se u delu za podešavanje sistema. Korisnik dobija podatke od administratora sistema.

Mobilna aplikacije treba da je u mogućnosti da registruje lokaciju na kojoj je rađen upitnik i da pošalje slike spoljašnosti i unutrašnjosti objekta. Iz tog razloga aplikacija treba da proveri da li aktivan GPS na uređaju i da informiše korisnika da uključi GPS ukoliko nije aktivan. Takođe je potrebno da uređaj ima komunikaciju sa serverom na lokaciji na kojoj se vrši upitnik. Iz razloga ograničene brzine mobilnog interneta na lokaciji na kojoj se popunjava upitnik slike treba da budu smanjene na rezoluciju 800x600 u jpeg formatu i takve da budu poslate na server.

Posle prijave na sistem može se početi sa popunjavanjem upitnika. Na ovom ekranu može se izabrati prodajni objekat, snimiti fotografije i proveriti trenutnu adresu koju pokazuje GPS. Prodajni objekat se može pronaći preko pretrage unošenjem ključnih reči ili putem odabira objekta iz liste objekata. Upitnik je podeljen na 7 sekcija: pečenje, vitrina, pos, spolja, unutra, uniforma i proizvodi. Svaka od ovih sekcija poseduje pitanja



Slika 3. Prvi ekran upitnika



Slika 4. Prikaz jednog dela upitnika

Nakon popunjavanja upitnika, potrebno je popuniti podatke o zatečenim proizvodima. Radnik koristi digitalnu vagu i unosi podatke za gramažu ispečenog proizvoda i daje ocenu odabirom broja (zvezdice) na skali od 1 do 5. Ovde postoji opcija pretrage proizvoda na osnovu unetih pojmova. U svakom trenutku radniku je na raspolaganju opcija Q&A (pitanja i odgovori) koja sadrži odgovore na najčešća pitanja u vezi korišćenja aplikacije.

Ukoliko nije kreirao fotografije objekta spolja i iznutra, radnik može to da učini i naknadno. Nakon pregleda izveštaj šalje izveštaj na server. Skripta na serveru prima zahtev, izvršava bezbednosne provere, obrađuje pristigle podatke i ukoliko je sve u redu vrši unos podataka u bazu podataka.



Slika 5. Opcija dodavanja novog radnika

Web aplikacija poseduje opcije za manipulisanje podacima sistema. Administrator kreira korisnike, unošenjem podataka za radnike. Lozinke su zaštićene tehnikom „soljenja“ (engl. *salting*) i MD5 algoritmom. Ova tehnika podrazumeva da se na početak i kraj lozinke dodaju različiti predefinisani niz karaktera minimalne dužine 30. Taj novi tekstualni podatak se kriptuje MD5 algoritmom i dobija se *heš* dužine 32 karaktera.



Slika 6. Opcija za pregled proizvoda

Izveštaji se kreiraju odabirom nekog od filtera (ime radnika, naziv radnje i datuma).



Slika 7. Opcija za kreiranje izveštaja

Detaljan prikaz izveštaja prikazuje kompletan izveštaj gde je moguće pogledati odgovore na sva pitanja upitnika, fotografije objekta kao i lokaciju izveštaja na mapi, koja se dobija na osnovu poslanih GPS koordinata.



Slika 8. Detaljan prikaz izveštaja

## ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena realizacija jednog integrisanog informacionog sistema za potrebe terenskih saradnika kompanije MiniPani iz Subotice. Cilj uvođenja ovog sistema je bio sa jedne strane kontrola rada terenskih saradnika i ubrzanje prikupljanja informacija sa terena, a sa druge strane uvid u prodaju, stanje i održavanje brenda kod primaoca franšize. Od informacija sa servera mogu se praviti razni izveštaji i pokazatelji radi analize, filtriranja i praćenja u zavisnosti od pojedinačnih potreba. Na osnovu ovih podataka moguće je pratiti prodaju asortimana, zastupljenost svakog pojedinačnog proizvoda, pridržavanje propisanim pravilima franšiznog poslovanja, a sa stanovišta marketinga upotrebu brendiranih marketinških sredstava kao i sam izgled poslovnog prostora primaoca. Sistem se koristi skoro godinu dana i u praksi se pokazao kao pouzdano i efikasno rešenje.

U narednoj fazi razvoja kreirala bi se opcije koje bi trebale da omoguće modifikaciju pitanja upitnika i kreiranje više korisničkih nivoa za upotrebu web servisa.

## LITERATURA

[1] Čović, Z. „Development and implementation of location based native mobile application“, 32nd Science in Practice 2014 (SiP 2014), pp. 1-4, Osijek, Croatia, october 15-17, 2014.

[2] <http://www.phonogap.com>

[3] D. Crockford, “Google Tech Talks: JavaScript: The Good Parts”, <http://googlecode.blogspot.com/2009/03/doug-crockford-javascript-good-parts.html>

# PREDLOG POSTUPKA PROJEKTOVANJA NOSQL BAZA PODATAKA ZASNOVANIH NA DOKUMENTIMA

## A PROPOSAL OF PROCEDURE FOR DESIGNING NOSQL DOCUMENT-ORIENTED DATABASE

Dejan Stojimirović, Siniša Nešković, Slađan Babarogić  
*Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka*

**Sadržaj** - Iako se NoSQL baze podataka već nekoliko godina koriste u praksi, još uvek ne postoji precizno definisana metodologija projektovanja takvih baza. U ovom radu se daje jedan predlog metodološkog postupka za projektovanje NoSQL baza zasnovanih na dokumentima, koji se bazira na proširenom modelu objekti-veze. U predloženom metodološkom postupku se model objekti-veze koristi kao konceptualni model podataka, koji se na osnovu definisanih pravila prevodi u konkretan model baze podataka zasnovanih na dokumentima. U radu se definišu pravila prevođenja proširenog modela objekti-veze u model u model NoSQL baze zasnovanih na dokumentima i daje se primer njihove primene.

**Abstract** - Although NoSQL databases have been in use for several years now, there is still no clearly defined methodology for designing those databases. This paper suggests a methodological procedure for designing document oriented NoSQL databases. Presented methodology is based on the extended Entity-relationship model. Entity-relationship model is used as a conceptual data model, which is transformed to a specific document oriented database model. Transformation is done in accordance to defined rules. The paper presents those rules, which are intended for transformation of extended Entity-relationship model to document oriented NoSQL database model. Also, example of applying the rules has been given.

### 1. UVOD

Poslednjih nekoliko godina je sve veća zastupljenost tzv. NoSQL baze podataka (*eng. Not only SQL*) u razvoju Web aplikacija. Ove baze podataka omogućavaju laku i brzu manipulaciju ogromnom količinom podataka. Pored efikasnosti, većina ovih NoSQL sistema za upravljanje bazama podataka je otvorenog koda, što dodatno smanjuje troškove Web aplikacija. Takođe, još jedna prednost NoSQL baza podataka, u odnosu na relacione baze podataka, je u tome što nemaju šemu strukture, tj. ne zahtevaju rigidnu unapred poznatu strukturu podataka, već se podaci u ovim bazama mogu čuvati na mnogo fleksibilniji način.

Međutim, iako ne zahtevaju šemu strukture, i dalje je potrebno isprojektovati bazu podataka. Naime, potrebno je podatke koje želimo da čuvamo u bazi mapiramo na određene koncepte (kolekcije, tabele, dokumenta, parove ključ-vrednost,...) koji su dostupni u konkretnoj NoSQL bazi. Pri tome, kao i kod klasičnih SQL baza, rezultat

projektovanja treba da bude baza podataka koja omogućava lako i efikasno manipulisanje podacima. Uprkos tome što se NoSQL baze podataka već nekoliko godina koriste u praksi, osim opštih preporuka pojedinih proizvođača, još uvek ne postoji precizno definisana metodologija projektovanja takvih baza.

U ovom radu se daje jedan predlog metodološkog postupka za projektovanje NoSQL baza zasnovanih na dokumentima, koji se bazira na proširenom modelu objekti-veze. U drugom poglavlju je opisan metamodel proširenog modela objekti-veze (PMOV). U trećem poglavlju su opisani koncepti NoSQL baza zasnovanih na dokumentima. U sledećem poglavlju su data pravila za projektovanje. Nakon toga je dat metodološki postupak. U predloženom metodološkom postupku se prošireni model objekti-veze koristi kao konceptualni model podataka, koji se na osnovu definisanih pravila prevodi u konkretan model baze podataka zasnovanih na dokumentima.

### 2. PREGLED OBLASTI

Posmatrajući trenutno stanje na polju baza podataka, najzastupljenije su relacione baze podataka[7]. Pošto se relacione baze koriste već preko 20 godina, do sada je razvijeno i sistematizovano mnogo metodologija i pristupa za projektovanje i definisana su vrlo jasna pravila za kreiranje šeme u relacionim bazama podataka.

Iako ne postoji šema u NoSQL bazama podataka, opet je potrebno strukturirati i organizovati podatke tako da se ti podaci kasnije mogu iskoristiti. Upravo zbog toga je potrebno donositi određene odluke u projektovanju NoSQL baza podataka, na koje utiču, sa jedne strane korisnički zahtevi, a sa druge i zahtevi za skalabilnošću i performansama, ali i za konzistentnošću. Ovakvi problemi su se ranije javljali prilikom logičkog dizajna relacionih baza ili mapiranja XML dokumenata na relacione baze podataka.[3]

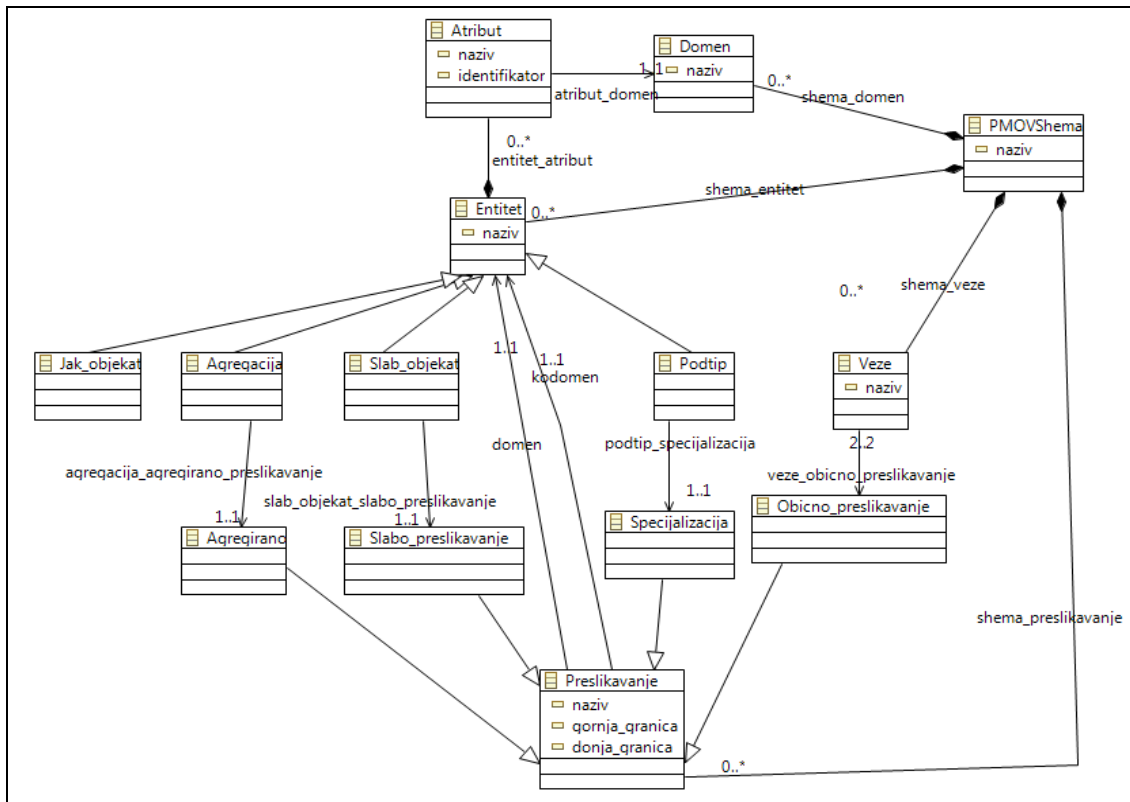
Trenutno, ne postoji sistematizovan pristup ili metodologija za razvoj NoSQL baza podataka. Iako je nekoliko autora zaključilo da je takav jedan pristup neophodan[2][3], i dalje se razvoj baza zasniva na dobroj praksi.[4][5][6].

Neki autori predlažu i apstraktni model za NoSQL baze[3], kao među model između logičkih koncepata i NoSQL baze, čija bi svrha bila da se pojednostavi upravljanje podacima u tim bazama. U ovom radu se

predlaže da konceptualni model podataka bude semantički bogat prošireni model objekti-veze.

### 3. PROŠIRENI MODEL OBJEKTI-VEZE

U ovom delu će biti prikazan i objašnjen metamodel proširenog modela objekti-veze[7].



Slika 1. Metamodel proširenog modela objekti- veze

Na slici 1 je prikazan metamodel proširenog modela objekti-veze. PMOVSchema je koncept koji predstavlja neku konkretnu šemu i predstavlja koreni element za sve ostale elemente i sadrži samo atribut naziv. Entitet je apstraktni koncept objekta i dalje se specijalizuje na agregaciju, slab objekat, jak objekat i podtip. Agregacija predstavlja koncept složenog tipa koji se sastoji od drugih složenih i/ili prostih tipova.

Preslikavanje predstavlja apstraktno preslikavanje i ima 2 atributa: gornju i donju granicu. Preslikavanje se specijalizuje na agregirano preslikavanje, slabo preslikavanje, specijalizaciju i obično preslikavanje.

Svaki specijalizovani entitet ima specijalizovanu vrstu preslikavanja sa kojom je povezan. Agregacija je povezana sa agregiranim preslikavanjem, slab objekat sa slabim preslikavanjem, podtip sa specijalizacijom.

### 4. BAZE PODATAKA ZASNOVANE NA DOKUMENTIMA

Postoji više tipova NoSQL baza: baze zasnovane na parovima ključ-vrednost (*eng. key-value*), baze zasnovane na kolonama (*eng. column-oriented*), graf

orijentisane baze, baze zasnovane na dokumentima (*eng. document-oriented*), kao i hibridne baze podataka (podržavaju različite prethodno navedene tipove). [1]

U ovom poglavlju su opisani osnovni koncepti NoSQL baza zasnovanih na dokumentima.[8][5]

#### Kolekcija

U NoSql bazama podataka svrha kolekcije je smeštanje (fizičko grupisanje) dokumenata kojima se zajednički pristupa. To je koncept sličan tabeli iz relacionih baza podataka. Za razliku od relacionih baza gde su svi elementi tabele iste strukture, dokumenti, tj. elementi kolekcije, mogu imati drugačija polja, tj. drugačiju strukturu.

#### Dokument

Dokument predstavlja osnovnu jedinicu podataka u NoSQL bazi zasnovanoj na dokumentima.

Kada se kreira NoSQL baza podataka, normalizovana struktura (svaki entitet poseban dokument) je preporučiva da se kreira u sledećim situacijama [5]:

- Kada ugnježdavanje objekata stvara dupliranje podataka (redundansu), a ne dobija se prednost u čitanju podataka



- Kada se modeluju složenije M:M veze
- Kada se modeluju velike hijerarhijske strukture

### Referenca

U NoSQL baza podataka zasnovanih na dokumentima ne postoji mogućnost spajanja dokumenata upitima, kao što je to moguće u relacionim bazama. Da bi se omogućilo spajanje dokumenata, potrebno je koristiti reference.

Sama baza ne poznaje ni jedan tip referenciranja. Da bi se izvukao referencirani objekat, mora se raditi ponovni upit ka bazi.

Referenciranje predstavlja situaciju kada se vrednost `_id` polja jednog dokumenta sačuva u drugom dokumentu. To predstavlja referencu jednog dokumenta na drugi dokument.

Reference daju veću fleksibilnost, ali sa druge strane, reference „generišu“ više upita nad bazom kada se prikazuje neka složena struktura, za razliku od ugnježenih struktura, gde se cela struktura izvlači jednim upitom.

### Identifikator

Polje `_id` predstavlja jedinstveni atribut (identifikator) u NoSQL bazama podataka zasnovanih na dokumentima. Vrednost `_id` polja mora da bude jedinstvena na nivou kolekcije. Vrednost ovog polja je nepromenljiva i može biti bilo kog tipa osim niza. Ovo polje je uvek prvo polje u dokumentu. U slučaju da korisnik ne postavi vrednost ovog polja, baza automatski generiše njegovu vrednost. U slučaju da to nije prvo polje u dokumentu, baza premešta to polje na početak dokumenta.

### Poddokument

Poddokument je dokument koji se nalazi unutar nekog drugog dokumenta. Za razliku od reference, gde se čuva samo id tog drugog dokumenta, ovde se čuva cela struktura dokumenta.

Preporuka da se kreiranje poddokumenata vrši u situacijama kada:

- Imamo slabe objekte
- Imamo vezu 1:M, ili 1:1, a u aplikaciji će se uvek prikazivati deca kao slabi objekti.

Poddokument obezbeđuje bolje performanse prilikom čitanja. Takođe, poddokumenti se mogu ažurirati jednom operacijom nad bazom, što nije slučaj sa referencama.

Kreiranje poddokumenata može dovesti do toga da se glavni dokument povećava (zauzima više memorije) nakon svog kreiranja. Ova situacija dovodi do relokacije dokumenta na disku, a to je veoma "skupa" operacija. Na primer, kreira se faktura sa 3 stavke, sačuva se u bazi, a zatim se, naknadno, dodaju još 5 stavki.[5]

## 5. PRAVILA PREVOĐENJA PMOV U KONCEPTE NOSQL BAZA PODATKA

U ovom poglavlju su data pravila za mapiranje (prevođenje) koncepata iz PMOV-a u koncepte iz NoSQL baze podataka zasnovane na dokumentima. Pravila su doneta i na osnovu najboljih preporuka iz prakse [5][4][2][6]

**Pravilo P1:** *Jak entitet postaje dokument ili poddokument. Ako jak entitet postane dokument, identifikator jakog objekta postaje identifikator dokumenta u bazi. Ako jak entitet postane poddokument, identifikator jakog objekta postaje atribut poddokumenta.*

**Pravilo P2:** *Podtip postaje dokument. Identifikator dokumenta postaje identifikator nadtipa.*

**Pravilo P3:** *Slab entitet postaje poddokument. Identifikator slabog objekta postaje atribut u poddokumentu.*

**Pravilo P4:** *Agregirani entitet postaje dokument ili poddokument. Ako agregirani entitet postane dokument, identifikator dokumenta postaje ili jedan od identifikatora entiteta koji prema agregaciji ima preslikavanje sa gornjom granicom kardinalnosti 1 ili identifikator nastaje spajanjem identifikatora entiteta koji prema agregaciji imaju preslikavanje sa gornjom granicom kardinalnosti M. Ako agregirani entitet postane poddokument, identifikatori entiteta koji prema agregaciji imaju preslikavanje, osim entiteta od koga je nastao dokument čiji je posmatrani agregirani objekat postao poddokument, postaju atributi poddokumenta.*

Veza čija preslikavanja imaju gornju granicu kardinalnosti M se tretiraju kao agregirani entitet i na njih se primenjuje pravilo P4.

**Pravilo P5:** *Svi entiteti koji su po pravilima od P1 do P4 postali dokument postaju i kolekcije.*

**Pravilo P6:** *Atributi entiteta postaju atributi dokumenta ili poddokumenta.*

**Pravilo P7:** *Identifikatori entiteta prema kojima posmatrani entitet ima preslikavanje sa kardinalnošću 1,1 postaju atributi dokumenta (poddokumenta) u koji se preslikao posmatrani entitet.*

**Pravilo P8:** *Reference predstavljaju atributi dobijeni po pravilu P7.*

## 6. POSTUPAK PROJEKTOVANJA NOSQL BAZA PODATKA

Postupak projektovanja baza se sastoji sledećih faza:

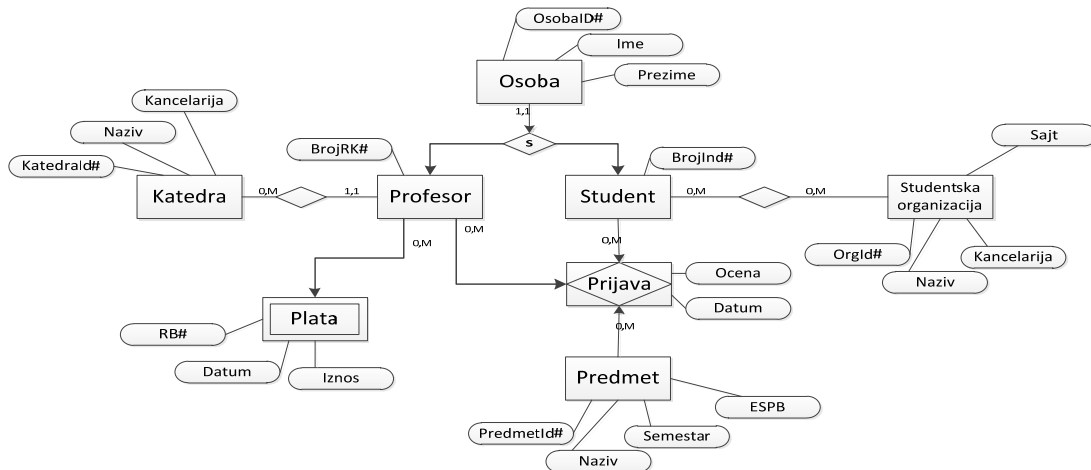
- Konceptualno projektovanje, u kojoj se definišu osnovni koncepti realnog sveta i njihovi međusobni odnosi.
- Logičko projektovanje, u kojoj se vrši mapiranje koncepata realnog sveta u koncepte NoSQL baza podataka, i

- Fizičko projektovanje, u kojoj se definišu neke dodatne fizičke karakteristike NoSQL baza podataka (indeksi i sl.)

U ovom radu, zbog ograničenosti prostora, nadalje se objašnjavaju samo faze konceptualnog i logičkog projektovanja. Ove faze se takođe i ilustruju na jednom primeru.

## 6.1. KONCEPTUALNO PROJEKTOVANJE

Faza konceptualnog projektovanja se u suštini ne razlikuju od faze konceptualnog projektovanja kod klasičnih baza podataka. Ova faza podrazumeva da se identifikuju osnovni koncepti koji postoje u datom domenu realnog sveta, kao i da se definišu njihovi osnovni atributi i međusobne veze. U ovoj fazi se koristi PMOV kao semantički bogat model podataka.



Slika 2. Primer PMOV modela

Na slici 2 je dat primer PMOV modela. Jaki entiteti su Osoba, Katedra, Plata i Studentska organizacija. Osoba se specijalizuje na Profesora ili Studenta. Profesor pripada jednoj i samo jednoj katedri. Student može biti član više studentskih organizacija. Za profesora se vodi evidencija o njegovim platama. Plata je slab entitet u odnosu na entitet Profesor. Prijava je agregirani entitet. U nastanku prijave učestvuju entiteti Student, Profesor i Predmet.

## 6.2. LOGIČKO PROJEKTOVANJE

U fazi logičkog projektovanja se koncepti identifikovani kroz konceptualni model preslikavaju u koncepte NoSQL baza podataka koristeći pravila definisana u Sekciji 5. Rezultat ove faze je logički model strukture baze podataka. Treba imati u vidu da, kao i kod svakog drugog projektovanja, postoji više mogućih načina realizacije logičke strukture za isti konceptualni model.

Jedan način je modelovanje potpuno „normalizovane“ strukture. Uzimajući u obzir da kolekcija u NoSQL bazama predstavlja sličan koncept kao i tabela u relacionim bazama, entiteti sa PMOV-a (jak, slab i podtip), osim slabog entiteta, u NoSQL bazama može postati kolekcija. Sa druge strane, pošto kolekcija u NoSQL bazama ne određuje strukturu dokumenta koji će se skladištiti u njoj, moguće je da svi tipovi entiteta budu smešteni u jednu kolekciju.

Imajući u vidu da ovde postoje dve ekstremne situacije, svaki entitet posebna kolekcija ili svi entiteti u jednoj kolekciji, prvo je potrebno odrediti koje će kolekcije postojati u bazi. Kao drugi korak treba odrediti koji entitet

će se čuvati u kojoj kolekciji, ako nije u pitanju situacijama gde se svaki tip dokumenta čuva u posebnoj kolekciji.

Pravilo P1 kaže da jak entitet može postati dokument ili poddokument u NoSQL bazi zasnovanoj na dokumentima.

Jak objekat takođe može postati i poddokument. To su situacije ako se u aplikaciji neke veze između entiteta, gde je sa jedne strane gornja granica M a sa druge strane gornja granica 1, mogu posmatrati i kao slab (ugnježdeni) entitet u cilju optimizacije.

Pošto entiteti sadrže i attribute, odmah ćemo primeniti i pravilo P6 koje definiše da atributi entiteta na PMOV-u postaju atributi dokumenta u NoSQL bazi.

Primenom ovih pravila na naš primer dobićemo četiri tipa dokumenta: Katedra, Osoba, Studentska organizacija i Predmet. Izgled instanci ovih entiteta kao dokumenata u NoSQL bazi zasnovanoj da dokumentima je dat na slikama 3 i 4.

```
{
  "_id": 1,
  "naziv": "Katedra za informacione sisteme",
  "kancelarija": "018"
}
```

Slika 3a: Dokument katedra

```
{
  "_id": 1,
  "ime": "Petar",
  "prezime": "Petrović"
}
```

Slika 3b: Dokument osoba

Slika 3: Primer dokumenata

```
{
  "_id": 1,
  "naziv": "FONIS",
  "kancelarija": "026",
  "sajt": "www.fonis.rs"
}
```

Slika 4a: Dokument studentska organizacija

```
{
  "_id": 1,
  "naziv": "Strukture podataka i algoritmi",
  "semestar": "4",
  "ESPB": "6"
}
```

Slika 4b: Dokument predmet

Slika 4: Primer dokumenata

Slab objekat će postati poddokument u okviru svog roditelja iz razloga što je slab objekat i identifikaciono i egzistencionalno zavisano od svog roditelja. Ako se obriše roditelj u bazi, brišu se i sva njegova deca, jer su deca sadržana u samom roditelju. Slab objekat na PMOV-u ne može da postoji ako ne postoji i njegov roditelj. Isti je slučaj i sa poddokumentom u NoSQL bazi zasnovanoj na dokumentima.

Pravilo P2 definiše mapiranje podtipa. Podtip postaje dokument. Primenom pravila P2 i pravila P6 dobijamo nad podtipovima (Profesor i Student) dobijamo još 2 dokumenta.

Posmatrajući model, vidimo da Profesor ima slab entitet Plata. Po pravilu P3 slab entitet postaje poddokument dokumenta u koji se mapirao entitet Profesor. Na slici 5 je dat primer konkretnog takvog dokumenta sačuvanog u bazi.

```
{
  "_id": 1,
  "brRK": "753142",
  "plata": [
    {
      "rb": 1,
      "datum": "15.11.2014.",
      "iznos": 35743.41
    },
    {
      "rb": 2,
      "datum": "30.11.2014.",
      "iznos": 31454.22
    }
  ]
}
```

Slika 5: Primer dokumenta sa poddokumentom

Agregaciju na primeru čine 3 entiteta: Student, Predmet i Profesor. Po pravilu P4 agregirani entitet Prijava može postati dokument ili poddokument nekog od entiteta koji ga kreira. Da li će biti jedno ili drugo zavisi i od kasnijeg pristupa tom entitetu.

Ako se odlučimo za opciju da agregaciju pamtimo kao dokument, u bazi ćemo imati dokumenta Prijava koja će sadržati polja: `_id`, `datum` i `ocena`. Polje `_id` će biti složeno i sastojće se od identifikatora entiteta koji učestvuju u kreiranju agregacije. U konkretnom primeru će to biti polja `studentId`, `profesorId` i `predmetId`. Primer takvog dokumenta je dat na slici 6.

U slučaju da se u našoj aplikaciji najčešće prikazuje student sa svojim prijavama (ispitima), a ponekada se prikazuju profesori sa broj ispitanih studenata ili broj prijavljenih studenata po nekom predmetu, bolja opcija je da Prijava postane poddokument dokumenta Student. Tada će identifikator ostalih entiteta koji učestvuju u kreiranju agregacije biti samo atributi poddokumenta. Primer takvog dokumenta je dat na slici 7.

Naglašava se da Prijava može postati poddokument bilo kod dokumenta (ili poddokumenta) koji je nastao od entiteta koji učestvuju u kreiranju agregiranog objekta. Šta će biti u konkretnom slučaju, zavisi od potreba aplikacije i o tome odlučuje projektant.

Prednost prvog načina (normalizovana struktura, agregacija je dokument) je u tome što takva struktura pruža veću fleksibilnost i lakše održavanje u odnosu na drugi način, kada je agregacija poddokument. Nedostaci prvog načina se ogledaju u tome što je za čitanje podataka potrebno više upita.

```
{
  "_id": {
    "studentId": 2,
    "profesorId": 3,
    "predmet": 1
  },
  "ocena": "8",
  "datum": "21.9.2014"
}
```

Slika 6: Primer dokumenta nastalog od agregacije

```
{
  "_id": 2,
  "brojIndeksa": "154/13",
  "prijava": [
    {
      "profesorId": 3,
      "predmet": 1,
      "ocena": "8",
      "datum": "21.9.2014"
    },
    {
      "profesorId": 6,
      "predmet": 4,
      "ocena": "9",
      "datum": "23.9.2014"
    }
  ]
}
```

Slika 7: Primer agregacije kao poddokumenta

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je obraden problem dizajna NoSQL baza podataka zasnovanih na dokumentima. Najpre je dat prikaz metamodela PMOV-a, kao konceptualnog modela podataka, i opisani njegovi koncepti.

Zatim je dat prikaz koncepata u NoSQL bazama podataka zasnovanih na dokumentima.

U radu je zatim predložen pristup za dizajn NoSQL baza podataka na osnovu dokumenata pomoću PMOV modela. Data i pravila za transformaciju koncepata sa PMOV modela u koncepte iz NoSQL baza podataka zasnovanih na dokumentima. Sve to je prikazano kroz netrivijalan primer.

## 8. LITERATURA

[1] G. Vaish, Getting Started with NoSQL, Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2013.

[2] I. Katsov, „NoSQL Data Modeling Techniques,“ 1 3 2012. [Na mreži]. Available: <https://highlyscalable.wordpress.com/2012/03/01/nosql-data-modeling-techniques/>. [Poslednji pristup 31 1 2015].

[3] F. C. L. A. P. T. R. Bugiotti, „A Logical Approach to NoSQL Databases“.

[4] M. Hamrah, „Data Modeling at Scale: MongoDB + Mongoid, Callbacks, and Denormalizing Data for Efficiency,“ [Na mreži]. Available: <http://blog.michaelhamrah.com/2011/08/data-modeling-at-scale-mongodb-mongoid-callbacks-and-denormalizing-data-for-efficiency/>. [Poslednji pristup 31 1 2015].

[5] K. Chodorow, MongoDB: The Definitive Guide, Second Edition, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2013.

[6] P. J. F. M. Sadalage, NoSQL Distilled, Addison-Wesley, 2013.

[7] B. M. Z. A. N. B. S. Lazarević, Baze podataka, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2013.

[8] J. C. L. J. S. N. Anderson, CouchDB: The Definitive Guide, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2010.

# PRIMENA TEHNOLOGIJE SEMANTIČKOG WEB-A ZA DETEKCIJU GREŠAKA U SPREDŠIT MODELIMA DISKRETNIH SISTEMA

## SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES APPLICATION FOR ERROR DETECTION IN SPREADSHEET MODELS OF DISCRETE SYSTEMS

Lena Đorđević<sup>1</sup>, Miroslav Ljubičić<sup>2</sup>, Zoran Marjanović<sup>3</sup>, Slobodan Antić<sup>4</sup>  
*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>1, 2, 3, 4</sup>*

**Sadržaj** – U radu se opisuje koncept diskretnog objekta upravljanja, koji je veoma pogodan za modeliranje realnih problema u spredšitovima. Ipak, ovi spredšit modeli su podložni nastanku grešaka, usled kompleksne procedure razvoja, koja podrazumeva prevođenje matematičkih izraza u spredšit formule i funkcije. Glavni doprinos rada predstavlja pristup za detekciju grešaka u opisanim modelima. Pristup je baziran na tehnologijama semantičkog web-a. Ovakvim pristupom omogućava se automatska detekcija grešaka zasnovana na jedinstvenoj proceduri, nezavisnoj od konkretnog formata spredšita.

**Abstract** - This paper presents a convenient approach for modelling real world problems in spreadsheets, which is provided by the discrete controlled object concept. However, these spreadsheet models are particularly error-prone due to the development process that includes translation of mathematical expressions to spreadsheet formulas and functions. The main contribution of this paper is a proposed spreadsheet error detection approach for specified models, based on the use of semantic web technologies. The described approach allows automated error detection, that is provided through a unique procedure independent of a particular spreadsheet format.

### 1. UVOD

U današnjem poslovnom okruženju spredšit aplikacije se primenjuju u širokom opsegu organizacionih funkcija, u različitim oblastima poslovanja, radi ostvarenja ciljeva preduzeća. Spredšit sistemi su najčešće korišćen i najpopularniji alat kod većine krajnjih korisnika. Mnogi profesionalci iz različitih oblasti donose značajne odluke na osnovu spredšit analiza, a organizacije se oslanjaju na njih pri predviđanju, analizama, itd. Usled lakoće učenja o radu u spredšitovima sa jedne strane i mogućnosti izvođenja kompleksnih analiza sa druge, oni su prihvaćeni od strane velikog broja korisnika od početnika do eksperata, kao što se može videti u [1]. Fleksibilnost spredšitova omogućava korišćenje bez primene striktnih pravila. Krajnji korisnici spredšitova obično nisu profesionalni programeri i nisu upoznati sa pravilima, metodologijama i standardima razvoja softvera, što rezultuje nizom grešaka i lošim dizajnom modela i aplikacija. Greške se usled nedovoljne obučenosti korisnika lako prave, ali teško uočavaju. Eksperimenti prikazani u [2] pokazali su da su spredšitovi podložniji greškama nego ostali softveri. U okviru EuSpRiG<sup>1</sup> konferencija u poslednjih petnaest godina prikupljeni su i predočeni značajni dokazi o slučajevima grešaka u

spredšitovima koje su prouzrokovale velike finansijske gubitke u kompanijama. Rizik pojave grešaka u spredšitovima izaziva potrebu za unapređenjem metoda i alata za detekciju istih. Svest o riziku ovog tipa u mnogome se razvila u poslednje dve decenije. U skladu da tim naučnici i istraživači su predlagali više tehnika i automatizovanih alata za otkrivanje grešaka, koje bi krajnji korisnici primenjivali. Pregled literature na ovu temu i klasifikacija pristupa za obezbeđenje kvaliteta spredšitova: vizualizacija spredšitova, statičke analize i izveštaji, testiranje, modeli razvoja i sl. mogu se naći u [3]

Jedan od veoma pogodnih načina za modeliranje i rešavanje realnih problema u spredšitu obezbeđen je konceptom diskretnog objekta upravljanja. Ovaj koncept omogućava definisanje diskretnog objekta (zakona ponašanja i oblasti upravljanja), ciljnog funkcionala i metode za nalaženje optimalnog rešenja. Struktura spredšita izuzetno je pogodna za predstavljanje različitih vrednosti promenljivih u vremenskim periodima, kao što je prikazano u [4], [5], [6]. Implementacija koncepta diskretnog objekta upravljanja čini spredšitove još primenljivijim alatom za simulaciju, odgovarajućim za razumevanje i modeliranje poslovne dinamike. Takođe, pristup je u skladu sa preporukama za dizajn i projektovanje spredšit aplikacija i modela. Ipak, spredšit modeli kreirani na ovaj način su izraženo podložni nastanku grešaka, usled procesa razvoja koji uključuje prevođenje verbalnih i matematičkih izraza u spredšit formule i funkcije.

U ovom radu predstavlja se pristup detekcije grešaka u spredšit modelima upravljanja diskretnim sistemima, zasnovan na upotrebi tehnologija semantičkog web-a. Osnovna karakteristika predloženog pristupa je upotreba reasoner-a za automatizovanu detekciju i klasifikaciju grešaka u spredšit modelu. Da bi se omogućila upotreba reasoner-a, spredšit model i tipovi grešaka koji se u modelu mogu javiti moraju biti reprezentovani u vidu ontologije. Takođe, mora se omogućiti importovanje podataka iz spredšit fajla (npr. MS Excel fajl) u odgovarajuću ontološku reprezentaciju. Konačno, podaci iz spredšit fajla reprezentovani u vidu ontologije mogu se obraditi upotrebom reasoner-a, koji na osnovu definicije grešaka u ontologiji automatski detektuje greške prisutne u importovanim spredšit podacima. U ovom radu dat je opis metodologije koja obuhvata korake neophodne za pripremu spredšit modela i podataka za detekciju grešaka, kao i samu detekciju grešaka upotrebom reasoner-a.

### 2. SPREDŠIT MODELI OPTIMALNOG UPRAVLJANJA DISKRETNIM SISTEMIMA

<sup>1</sup> <http://www.eusprig.org/>

Teoretske osnove za modeliranje optimalnog upravljanja diskretnim sistemima mogu se naći u [7]. Osnovna kategorija u ovom pristupu modeliranja 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 atributa, npr. proizvodnje, 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). Koncept omogućava razdvajanje diskretnog objekta (zakona ponašanja i oblasti upravljanja), ciljnog funkcionala i metode za nalaženje optimalnog rešenja. Struktura spredšita izuzetno je pogodna za predstavljanje različitih vrednosti promenljivih u vremenskim periodima, kao što je prikazano u Kostić [4], [5], [6]. Skup veličina koje su od važnosti za analize upravljanja diskretnim objektom obuhvata: promenljive stanja, promenljive okolnosti i promenljive upravljanja. Promenljivih stanja  $X$ , će biti  $N$  ( $n=1,2,\dots,N$ ), gde je  $N$  fiksirani prirodni broj. Te veličine su osnovni nosioci informacija o stanju objekta posmatranja u trenutku  $t$ ,  $t=1,2,\dots,T$ . Svako veličini  $X_t^n$  dodeljuje se po jedna fazna koordinata u  $N$ -dimenzionom prostoru stanja. Promenljive okolnosti  $p_t^s$  su veličine za koje je utvrđeno da su bitni nosioci promena u objektu, ali čije su aktiviranje i dinamika izvan neposrednog uticaja upravljača. Svako veličini  $p$  dodeljuje se po jedna fazna koordinata u  $S$ -dimenzionom faznom prostoru  $E^S$ . Promenljive upravljanja  $u_t^r$  su osnovni nosioci promena u objektu koje aktivira upravljač svojim upravljačkim akcijama. Svako veličini  $u$  dodeljuje se po jedna fazna koordinata u  $R$ -dimenzionom faznom prostoru  $E^R$ . Veza između opisanih promenljivih može se predstaviti zakonom ponašanja diskretnog objekta upravljanja:

$$\begin{aligned} X_0 &= \text{poznato} \\ X_t &= f(X_{t-1}, p_t, u_t), \quad t=1,2,\dots,T \end{aligned} \quad (1)$$

gde su:

- $f(X,p,u)=(f^1(X,p,u),f^2(X,p,u),\dots,f^N(X,p,u))$ -vektor funkcija sa vrednostima iz prostora  $E^N$ ,
- $X_t$ -vrednost  $N$ -dimenzione vektor funkcije, koja prikazuje stanje objekta upravljanja u trenutku  $t$ ,
- $p_t$ -vrednost  $S$ -dimenzione vektor funkcije, koja predstavlja okolnosti objekta u trenutku  $t$ ,
- $u_t$ -vrednost  $R$ -dimenzione vektor funkcije, koja predstavlja upravljanje objektom u trenutku  $t$ .

Za svaku tačku  $X \in E^N$  i svako  $t=1,2,\dots,T$  treba utvrditi u prostoru promenljivih  $u^1, u^2, \dots, u^R$  neki neprazan skup  $U_t(X_{t-1}, p_t)$ , koji se naziva oblast upravljanja i koji u trenutku  $t$  odgovara faznom stanju  $X_{t-1}$  i okolnostima objekta  $p_t$ . Upravljanje  $u_t$  može uzimati vrednosti samo iz dopustive oblasti upravljanja. To se definiše kao:

$$u_t \in U_t(X_{t-1}, p_t), \quad t=1,2,\dots,T \quad (2)$$

Relacije zakona ponašanja (1) i oblasti upravljanja (2) određuju objekat diskretnog upravljanja. Ove relacije predstavljaju i simulacioni model objekta posmatranja. Kvalitet upravljanja određuje se i svakom vremenskom periodu  $t$  ( $t=1, 2, \dots, T$ ) u odnosu na definisanu funkciju cilja  $f^0(X_{t-1}, p_t, u_t)$ . Kao kriterijum efikasnosti u opštem obliku uzima se ciljni funkcional, kome se dodaje vrednost funkcije  $f^0$  u svakom vremenskom periodu horizonta posmatranja.

$$J = f^0(X_0, p_1, u_1) + f^0(X_1, p_2, u_2) + \dots + f^0(X_{T-1}, p_T, u_T) = \sum_{t=1}^T f^0(X_{t-1}, p_t, u_t)$$

Spredštovi su veoma pogodni za modelovanje, predstavljanje i simulaciju diskretnog objekta upravljanja. Logika razvoja simulacionog modela u spredšitu je jednostavna. Svaka ćelija spredšita sadrži određeni tip podataka: ulaze u model, odnosno ćelije koje mogu sadržati vrednosti parametara okolnosti ili se odnositi na uzorkovanja vrednosti slučajne promenljive, koja predstavlja npr. tražnju ili cenu ili izbor iz opsega vrednosti; međurezultate kao ćelije koje sadrže vrednosti pomoćnih promenljivih i potrebne su za izračunavanje nekih od izlaznih vrednosti modela; izlaze iz modela kao ćelije koje se koriste za prikaz željenih izlaza iz modela.

Jedna od najboljih organizacija radnog lista za razvoj modela diskretnog objekta upravljanja sadrži tabele za prikaz: promenljivih okolnosti, formula za pomoćne promenljive, regulatora protoka, promenljivih stanja i ciljnog funkcionala. Neophodno je formatirati tabele za prikaz relacija oblasti upravljanja kroz sve vremenske periode  $t=1, 2, \dots, T$ . Zasebne ćelije treba nameniti upisu upravljačkih promenljivih. Kolone se koriste za prikaz vremenskih perioda horizonta posmatranja od  $t=0$  do  $t=T$ . Određivanje vrednosti promenljivih upravljanja izvodi se postepeno, za svaki vremenski period. Naredni period se ispituje kada su vrednosti oblasti upravljanja nenegativne za tekući period. Na taj način sve vrednosti oblasti upravljanja za prethodne periode sigurno obezbeđuju nenegativnost. Određivanje zadovoljavajućih vrednosti upravljačkih promenljivih u mnogome zavisi od razumevanja formula oblasti upravljanja, kao i drugih relevantnih formula u modelu. Sistem povezanih formula, kreiran u skladu sa elementima diskretnog objekta upravljanja predstavlja simulacioni model. Simulacija se izvodi izborom vrednosti upravljačkih promenljivih iz jednog u naredni vremenski period, pri čemu vrednosti svih elemenata modela u svakom periodu povezane.

Jednostavan primer određivanja optimalne rute vozila preveden u problem upravljanja diskretnim objektom u spredšitu predstavljen je u [6]. Navedeni problem će se koristiti u narednoj sekciji za prikaz alata za detekciju grešaka.

### 3. DETEKCIJA GREŠAKA U SPREDŠIT MODELIMA UPRAVLJANJA DISKRETNIM SISTEMIMA UPOTREBOM TEHNOLOGIJA SEMANTIČKOG WEB-A

U kontekstu primene semantičkih tehnologija za detekciju grešaka u spreadit modelu sledeće sposobnosti semantičkog web-a su od posebnog značaja:

- Integracija podataka i/ili interoperabilnost - spreadit podaci se čuvaju u različitim formatima, tj. korisnici mogu koristiti različite alate za kreiranje spreaditova što rezultuje heterogenim izvorima podataka. Naš pristup se zasniva na ideji reprezentovanja spreadit podataka u vidu OWL ontologije nad kojom se potom detektuju greške primenom reasoner-a. Pre same detekcije grešaka spreadit podaci se importuju u OWL format upotrebom odgovarajućeg alata. Upotreba OWL-a kao jedinstvenog formata za reprezentovanje spreadit podataka omogućuje integraciju podataka iz različitih izvora (tj. različitih formata u kojima je spreadit sačuvan), apstrahuje konkretni format (npr. MS Excel fajl ili OpenOffice Calc fajl) koji je korišćen za spreadit i omogućuje jedinstvenu proceduru za detektovanje grešaka bez obzira na format koji je korišćen pri kreiranju samog spreadita.
- Inteligentno zaključivanje i Model-Driven Aplikacije - upotrebom semantičkih tehnologija, detekcija grešaka u spreadit modelu se može automatizovati oslanjanjem na mašinsko zaključivanje upotrebom reasoner-a. Pravila za detekciju grešaka su deo OWL ontologije koja reprezentuje spreadit model i sadrži spreadit podatke, tj. pravila detekcije grešaka su ugrađena u jedan domenski model (OWL reprezentaciju spreadit modela). Kao posledica ovoga, nema potrebe za implementacijom logike detekcije grešaka u više različitih alata ili u više spreadit fajlova. Takođe, usled centralizovane logike detekcije grešaka, upravljanje promenama pravila detekcije grešaka (npr. izmena postojećih pravila ili dodavanje novih pravila) je olakšano i brže se realizuje.

### 3.1 Tehnologije i alati koji omogućavaju predloženi pristup

Ontologija predstavlja formalizovani rečnik pojmova koji najčešće pokriva neki specifičan domen, a koristi se i deli od strane zajednice korisnika, kako se navodi u [8]. OWL (Web Ontology Language) je jezik za razvoj ontologija, primarno namenjenih upotrebi u semantičkom web-u, i predstavlja W3C preporuku za ovu svrhu. Kao što je istaknuto u [9], OWL se u značajnoj meri zasniva na deskriptivnoj logici [10] i preuzima mnoge njene karakteristike i koncepte, pa se opis domena definiše upotrebom konceptata idividue, klase, svojstva, tipa podatka, vrednosti, aksioma i činjenica (kao što se može videti u [11]). U našem pristupu se trenutna verzija OWL-a, OWL 2, koristi za definisanje spreadit modela kao OWL ontologije, gde se definicija promenljivih modela, njihovih karakteristika i vrednosti daje upotrebom odgovarajućih OWL 2 konceptata. Za kreiranje OWL reprezentacije spreadit modela korišćen je Protégé<sup>2</sup>. SWRL (Semantic Web Rule Language) je rule jezik zasnovan na OWL-u koji omogućava definisanje pravila upotrebom OWL konceptata, kako se navodi u [12]. SWRL pravila proširuju ekspresivnost OWL-a kroz

pružanje boljih mogućnosti reasoning-a. SWRL je u našem pristupu korišćen za definisanje pravila kojima se identifikuju greške u spreadit modelu i kreiraju individue odgovarajućih klasa grešaka. Usled zasnovanosti na deskriptivnoj logici, OWL je takođe povezan sa mogućnošću reasoning-a, koja je podržana od strane različitih semantičkih reasoner-a sa podrškom za OWL, kao što su Pellet [13], FaCT++ [14] i HermiT [15]. Semantički reasoner je softverski alat koji je sposoban za donošenje logičkih zaključaka na osnovu skupa činjenica, a u skladu sa pravilima zaključivanja definisanih u ontološkom jeziku. U našem pristupu reasoner koristimo za izvođenje zaključaka greške koja postoji u spreadit modelu. Korišćen je Pellet reasoner, obzirom da ima podršku za reasoning sa SWRL pravilima. Populous je alat za prikupljanje podataka koji se koriste za kreiranje ontologije, kako se navodi u [16], [17]. Neophodni podaci se unose u formi tabele, gde je tabela mapirana na paterne kojima se definišu pravila automatskog generisanja sadržaja ontologije iz popunjene tabele. Ovi paterni su definisani upotrebom OPPL 2 (Ontology Pre-Processor Language) jezika [18]. U našem pristupu je Populous korišćen za importovanje spreadit podataka iz MS Excel fajla u OWL ontologiju koja odgovara tom spreadit modelu.

### 3.2 Opis predloženog pristupa

Predložen pristup detekciji grešaka uključuje četiri koraka koji se realizuju u dve faze. Faze pristupa su:

- *Design time* faza - uključuje korake koji se realizuju samo jednom za određeni spreadit model. Koraci ove faze kao rezultat daju artefakte (OWL ontologiju modela i Populous workflow sa OPPL paternima) koji se potom koriste u *run time* fazi.
- *Run time* faza - uključuje korake koji se izvršavaju više puta, po jednom za svaki spreadit fajl za koji je potrebno izvršiti proveru grešaka, a koji je kreiran u skladu sa spreadit modelom za koji su u *design time* fazi već kreirani neophodni artefakti.

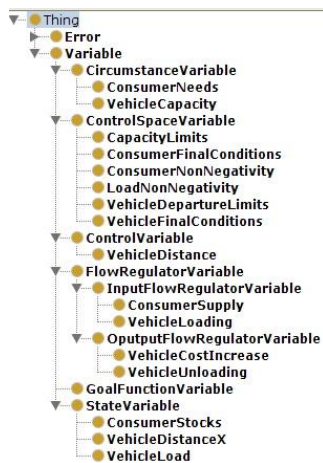
Detaljan opis koraka koji se realizuju u navedenim fazama dat je u nastavku.

#### 1. korak: Kreiranje ontologije

Prvi korak podrazumeva kreiranje OWL ontologije za spreadit model. Ovaj korak se realizuje u *design time* fazi, tj. ovaj korak se izvršava jednom za konkretan spreadit model. Tipovi promenljivih koje su definisane u spreadit modelu se u okviru OWL ontologije reprezentuju odgovarajućom hijerarhijom klasa. Na Slici 1 je prikazana hijerarhija klasa, kreirana upotrebom Protégé alata koji je korišćen za kreiranje ontologije, a koja odgovara jednostavnom primeru spreadit modela upravljanja diskretnim sistemima, prikazanom u Kostić (2012). Kao što se može videti na Slici 1, u vrhu hijerarhije za promenljive spreadit modela nalazi se klasa Variable, dok njene direktne podklase odgovaraju osnovnim tipovima promenljivih koje postoje u spreadit modelu upravljanja diskretnim sistemom (klasa CircumstanceVariable za promenljive okolnosti, klasa ControlSpaceVariable za ograničenja oblasti upravljanja, itd.). Navedene podklase su opšte, postoje u svakom spreadit modelu upravljanja

<sup>2</sup> <http://protege.stanford.edu/>

diskretnim sistemom, i kao svoje podklase imaju klase koje odgovaraju promenljivama koje su specifične za problem koji se rešava spredšit modelom. Tako na Slici 1 CircumstanceVariable klasa kao svoje podklase ima ConsumerNeeds i VehicleCapacity koje odgovaraju promenljivama okolnosti Potrebe potrošača i Kapacitet vozila iz primera prikazanog u Kostić (2012). Na sličan način definišu se podklase za ostale promenljive specifične za problem koji se rešava, kao što se može videti u hijerarhiji klasa datoj na Slici 1.



Slika 1. Hijerarhija OWL klasa za promenljive modela

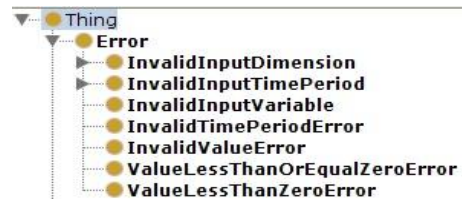
Za svaku klasu u ontologiji koja odgovara promenljivoj spredšit modela definišu se i njene karakteristike kreiranjem odgovarajućih *datatype* i *object* osobina (*property*). Na Slici 2 je prikazan primer definicije karakteristika promenljive stanja Zalihe potrošača, odnosno definicije klase ConsumerStocks sa odgovarajućim propertijima. Svaka promenljiva u modelu ima odgovarajuću dimenziju, odnosi se na odgovarajući vremenski period i ima odgovarajuću vrednost. U klasi ConsumerStocks ove karakteristike su reprezentovane preko *datatype property* *hasDimension*, *forTimePeriod* i *hasValue*. Ove propertije klasa ConsumerStocks nasleđuje od klase Variable kao njena podklasa, tj. ovi propertiji su definisani u klasi Variable, obzirom da ove karakteristike ima svaka promenljiva modela. Svaka klasa u hijerarhiji klasa promenljivih prikazanoj na Slici 1 nasleđuje ove propertije od klase Variable, obzirom da su sve klase u hijerarhiji direktno ili indirektno podklase klase Variable. Ukoliko je vrednost promenljive u spredšit modelu definisana formulom, promenljive koje se koriste u formuli se u ontologiji predstavljaju odgovarajućim object propertijima u definiciji klase koja odgovara promenljivoj spredšit modela. Promenljive iz formule se tretiraju kao tipovi ulaza koje ima promenljiva spredšit modela. U razmatranom primeru promenljiva stanja Zalihe potrošača, reprezentovana u ontologiji klasom ConsumerStocks, definisana je relacijom  $X_t^i = X_{t-1}^i + Y_t^i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 5$ . Na osnovu zadate relacije i njoj odgovarajuće spredšit formule, zaključuje se da klasa ConsumerStocks ima dva ulaza: jedan tipa ConsumerStocks, a drugi tipa ConsumerSupply. U definiciji klase ConsumerStocks ovo je definisano upotrebom object propertija *hasInputConsumerStocks* i

*hasInputConsumerSupply*, respektivno (Slika 2). Na isti način se daju definicije i svih ostalih klasa u OWL ontologiji. Kao što se može videti, definicija klase u OWL ontologiji, za slučaj promenljive koja ima definisanu relaciju/formulu, u obzir uzima samo tipove i broj promenljivih u zadatoj relaciji/formuli. Ostala ograničenja vezana za odgovarajuću vrednost dimenzije i vremenskog perioda promenljive iz formule, kao i za samu vrednost promenljive spredšit modela tretiraju se kao pravila za proveru grešaka u modelu i daju se kroz definiciju SWRL pravila za detekciju grešaka.



Slika 2. Definicija klase ConsumerStocks

U ovom koraku je, pored kreiranja klase koje odgovaraju promenljivama spredšit modela, neohodno definisati i hijerarhiju klasa koje odgovaraju različitim tipovima grešaka koje se u modelu mogu javiti. Na Slici 3 prikazan je deo klase koje reprezentuju greške koje se mogu javiti u spredšitu. Za svaku klasu grešaka kreira se i odgovarajuće SWRL pravilo za detekciju greške koje sadrži uslove koji moraju biti zadovoljeni da bi se moglo zaključiti da je došlo do posmatranog tipa greške.



Slika 3. Hijerarhija OWL klasa za tipove grešaka u modelu

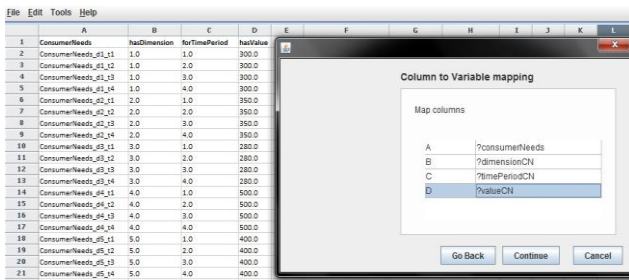
Kao rezultat ovog koraka dobija se kreirana OWL ontologija koja sadrži definicije klasa koje reprezentuju promenljive konkretnog spredšit modela, klase koje odgovaraju različitim tipovima grešaka koji se mogu javiti u spredšit dokumentu koji je kreiran u skladu sa posmatranim spredšit modelom i SWRL pravila koja definišu pravila detekcije tih grešaka. Ontologija kreirana u ovom koraku predstavlja osnovu za realizaciju drugog i trećeg koraka našeg pristupa.

## 2.korak: Kreiranje Populous template-a

Kao i prethodni, i ovaj korak se realizuje u *design time* fazi, tj. ovaj korak se izvršava jednom za konkretan spredšit model. U ovom koraku se kreira *Populous template* i skup OPPL 2 patern-a koji se koriste za importovanje podataka iz spredšit fajla u ontologiju koja je kreirana u prethodnom koraku. Sam *template* za unos podataka (tj. spredšit fajl sa odgovarajućim mapiranjima na OPPL 2 paterne) kreira se upotrebom korisničkog interfejsa Populous alata, dok se OPPL 2 paterni mogu definisati zasebno ili u samom alatu. Primer template-a je dat na Slici 4 na kojoj je prikazan i jedan korak OPPL 2



wizard-a koji je koristi za importovanje podataka unetih u *template* u OWL ontologiju spredšit modela. Prikazani korak OPPL 2 wizard-a se koristi za definisanje mapiranja kolona iz spredšit fajla koji je otvoren u Populous-u (*template-a*) u odgovarajuće promenljive korišćene u OPPL 2 paternima. Primeri odgovarajućih OPPL 2 paterna za primer *template-a* na Slici 4, dati su na Slici 5 i Slici 6. U našem pristupu se Populous koristi za import podataka iz spredšit fajla (čelija) kao individua klasa koje su definisane u OWL ontologiji kreiranoj u prvom koraku. Zbog toga prikazani OPPL 2 paterni obuhvataju kreiranje individua odgovarajuće klase iz OWL ontologije (Slika 5) i definisanje vrednosti svojih promenljivih (Slika 6). Radi preglednosti, na navedenim slikama se prikazuje samo deo *template-a* i OPPL 2 paterna koji se odnosi na promenljivu okolnosti Potrebe potrošača.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ConsumerNeeds	hasDimension	forTimePeriod	hasValue								
2	ConsumerNeeds_d1_t1	1.0	1.0	300.0								
3	ConsumerNeeds_d1_t2	1.0	2.0	300.0								
4	ConsumerNeeds_d1_t3	1.0	3.0	300.0								
5	ConsumerNeeds_d1_t4	1.0	4.0	300.0								
6	ConsumerNeeds_d2_t1	2.0	1.0	350.0								
7	ConsumerNeeds_d2_t2	2.0	2.0	350.0								
8	ConsumerNeeds_d2_t3	2.0	3.0	350.0								
9	ConsumerNeeds_d2_t4	2.0	4.0	350.0								
10	ConsumerNeeds_d3_t1	3.0	1.0	280.0								
11	ConsumerNeeds_d3_t2	3.0	2.0	280.0								
12	ConsumerNeeds_d3_t3	3.0	3.0	280.0								
13	ConsumerNeeds_d3_t4	3.0	4.0	280.0								
14	ConsumerNeeds_d5_t1	4.0	1.0	500.0								
15	ConsumerNeeds_d5_t2	4.0	2.0	500.0								
16	ConsumerNeeds_d5_t3	4.0	3.0	500.0								
17	ConsumerNeeds_d5_t4	4.0	4.0	500.0								
18	ConsumerNeeds_d6_t1	5.0	1.0	400.0								
19	ConsumerNeeds_d6_t2	5.0	2.0	400.0								
20	ConsumerNeeds_d6_t3	5.0	3.0	400.0								
21	ConsumerNeeds_d6_t4	5.0	4.0	400.0								

Slika 4. Populous template i mapiranje kolona na OPPL 2 promenljive

```
?consumerNeeds:INDIVIDUAL
BEGIN
ADD ?consumerNeeds instanceOf ConsumerNeeds
END;
```

Slika 5. OPPL 2 patern za kreiranje individua

```
?consumerNeeds:INDIVIDUAL,?dimensionCN:CONSTANT,
?timePeriodCN:CONSTANT,?valueCN:CONSTANT
BEGIN
ADD ?consumerNeeds hasDimension ?dimensionCN,
ADD ?consumerNeeds forTimePeriod ?timePeriodCN,
ADD ?consumerNeeds hasValue ?valueCN
END;
```

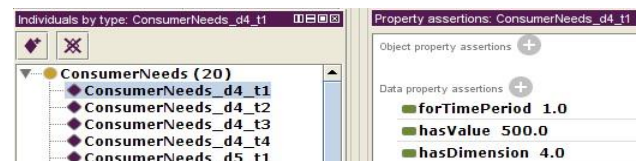
Slika 6. OPPL 2 patern za definisanje vrednosti svojih promenljivih individua

Kao rezultat ovog koraka dobija se *Populous workflow* fajl i set fajlova sa OPPL 2 paternima. Populous workflow fajl sadrži referencu na OWL ontologiju u koju se učitavaju podaci, referencu na neophodne OPPL 2 paterna za kreiranje individua u ciljnoj OWL ontologiji i mapiranje kolona Populous spredšit fajla na OPPL 2 promenljive. Ovaj workflow fajl se potom koristi kada god je potrebno izvršiti importovanje podataka iz spredšit fajla u ontologiju.

### 3. korak: Importovanje spredšit fajla

Ovaj korak se realizuje u *run time* fazi, tj. izvršava se za svaki spredšit fajl za koji je potrebno proveriti prisustvo grešaka. Ovim korakom se podaci iz spredšit fajla importuju u OWL ontologiju kreiranu u prvom koraku na osnovu pravila definisanih Populous workflow-om i OPPL 2 paternima kreiranim u drugom koraku. Kao rezultat ovog koraka dobija se OWL ontologija iz prvog koraka koja sada pored definicije klasa promenljivih, klasa grešaka i SWRL pravila, sadrži i individue odgovarajućih klasa promenljivih (tj. čelije iz spredšit fajla su u OWL ontologiji reprezentovane individuum

odgovarajuće klase, sa odgovarajućim vrednostima njenih svojstava (tj. Slika 7 prikazuje rezultat importovanja podataka koji odgovara Populous workflow-u i OPPL 2 paternima datim na Slici 4, 5 i 6, tj. za promenljive okolnosti Potrebe potrošača. Kao što se može videti na Slici 7, postupak importovanja je kreirao individue klase ConsumerNeeds, gde svaka individua ima odgovarajuće vrednosti svojih svojstava. Iako se postupak importovanja podataka upotrebom Populous alata automatizuje, ipak je neophodno izvršiti manje manuelne korekcije. Naime, za datatype svojstva (Slika 7, desno) neophodno je ručno izmeniti vrednosti u odgovarajuće tipove, obzirom da Populous generiše vrednosti tipa string za sve datatype svojstva.



Slika 7. Rezultat importovanja podataka upotrebom Populous-a

Kao rezultat ovog koraka dobija se OWL ontologija kreirana u prvom koraku, ali dopunjena individuum koje predstavljaju podatke iz konkretnog spredšit fajla koji se validira. Nad ovom ontologijom, tj. u njoj sadržanim individuum, sada se može primeniti *Pellet reasoner* kako bi se detektovale greške, što je naredni korak.

### 4. korak: Detektovanje grešaka

Kao i prethodni, i ovaj korak se realizuje u *run time* fazi, tj. izvršava se za svaki spredšit fajl za koji je potrebno proveriti prisustvo grešaka. U ovom koraku se nad OWL ontologijom dobijenom u trećem koraku pokreće Pellet reasoner. Na osnovu SWRL pravila definisanih u ontologiji reasoner detektuje koje individue imaju greške i klasifikuje ih u odgovarajuću klasu greške ili više klasa grešaka ako je u pitanju individua sa više grešaka. U nastavku je dat primer individue sa greškom i rezultat reasoning-a na osnovu SWRL pravila (tj. klasifikacija tih individua u odgovarajuću klasu greške).

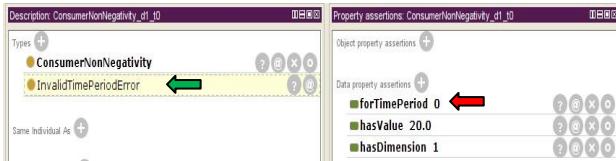
- Na Slici 8 prikazana je individua ConsumerNonNegativity\_d1\_t0 dobijena importovanjem podataka iz spredšit fajla u OWL ontologiju. U pitanju je individua klase ConsumerNonNegativity (Slika 8, levo) koja odgovara promenljivoj Nenegativnost potrošača iz spredšit modela sa dimenzijom 1, za vremenski period 0 i vrednošću 20 (Slika 8, desno).



Slika 8. Individua ConsumerNonNegativity\_d1\_t0 pre reasoning-a

Kako je promenljiva Nenegativnost potrošača promenljiva oblasti upravljanja, ona ne može imati vrednost za vremenski period 0, što je slučaj sa prikazanom individuum ConsumerNonNegativity\_d1\_t0, tj. u pitanju je InvalidTimePeriodError iz OWL

ontologije. Pokretanjem reasoner-a, za individuu `ConsumerNonNegativity_d1_t0` će biti zaključeno da je u pitanju promenljiva sa greškom, tj. individua će biti klasifikovana i kao individua `InvalidTimePeriodError` klase, što je prikazano na Slici 9.



Slika 9. Individua `ConsumerNonNegativity_d1_t0` posle reasoning-a

Na isti način mogu se predstaviti ostale individue sa različitim greškama i rezultati reasoning-a na osnovu SWRL pravila.

#### 4. ZAKLJUČAK

U skladu sa značajem spredšitova u svakodnevnim poslovnim aktivnostima sa jedne strane i učestalošću i težinom grešaka koje se u njima javljaju sa druge, razvijeni su mnogi pristupi detektovanju grešaka u spredšitovima. Koncept diskretnog objekta upravljanja predstavlja veoma pogodan način za modeliranje i rešavanje realnih problema u spredšitu. Pristup je u skladu sa preporukama za dizajn i projektovanje spredšit aplikacija i modela. Ipak, spredšit modeli kreirani na ovaj način su izraženo podložni nastanku grešaka, usled procesa razvoja koji uključuje prevođenje verbalnih i matematičkih izraza u spredšit formule i funkcije. U ovom radu prezentovan je pristup detekciji grešaka u spredšit modelima upravljanja diskretnim sistemima zasnovan na upotrebi tehnologija i alata semantičkog web-a. Opisani pristup pokazuje da se tehnologije semantičkog web-a uspešno mogu koristiti u navedenu svrhu. Dati pristup omogućuje automatizovanu detekciju grešaka upotrebom jedinstvenog postupka nezavisnog od konkretnog formata spredšita. Logika detekcije grešaka je centralizovana u ontološkoj reprezentaciji spredšit modela čime se eliminiše njeno dupliranje u više spredšit fajlova i olakšava upravljanje njenim promenama.

Budući pravci istraživanja podrazumevaju proširenje skupa podržanih opštih grešaka kroz kreiranje definicija novih grešaka i odgovarajućih pravila zaključivanja. Pored toga, veoma važan pravac daljeg istraživanja je i implementacija softverskog alata koji bi na jednom mestu objedinio neophodne funkcionalnosti za realizaciju svih koraka našeg pristupa, kroz integraciju alata koji su u pristupu korišćeni (svi navedeni alati su ili open source prirode ili definišu odgovarajući API kojim izlažu svoje funkcionalnosti), a sa ciljem jednostavnije i brže realizacije predloženog postupka detekcije grešaka.

#### LITERATURA

- [1] Lawson R. B., Baker R. K., Powell G. S., Foster-Johnson L. "A comparison of spreadsheet users with different levels of experience", *Omega*, Volume 37, Issue 3, pp 579-590, 2009.
- [2] Powell, S. G., Baker, K. R., Lawson, B. "An auditing protocol for spreadsheet models", *Information & Management* 45(5), pp 312-320, 2008.
- [3] Jannach, D., Schmitz, T., Hofer, B., Wotawa, F. "Avoiding, Finding and Fixing Spreadsheet Errors-A Survey of Automated Approaches for Spreadsheet QA", *Journal of Systems and Software*, Volume 94, pp 129-150, 2014.
- [4] Kostić K. "Izrada i koriscenje poslovnih modela", Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2008.
- [5] Kostić, K. "Inventory control as a discrete system control for the fixed-order quantity system", *Applied Mathematical Modeling*, 2009.
- [6] Kostić K. "Simulacija biznis situacija", Fakultet organizacionih nauka, Beograd, str.108-120, 2012.
- [7] Boltianski, V.G., "Optimal Control of Discrete Systems", Wiley, New York, pp 9-38, 1978.
- [8] OWL 2 (2012), W3C Recommendation, "OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition)" [<http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>], 11 December 2012.
- [9] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F. "Knowledge Representation and Reasoning on the Semantic Web: OWL", *Handbook of Semantic Web Technologies* (J. Domingue, D. Fensel, and JA Hendler, eds.), 365-398, Springer, 2011.
- [10] Baader, F. (Ed.). "The description logic handbook: theory, implementation, and applications", Cambridge University Press, 2003.
- [11] Motik, B., Patel-Schneider, P. F., Parsia, B., Bock, C., Fokoue, A., Haase, P., Hoestra R., Horrocks I., Ruttenberg A., Sattler U., Smith, M. "OWL 2 Web Ontology Language: Structural Specification and Functional-Style Syntax (Second Edition)", W3C Recommendation, 2012.
- [12] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Groszof, B., Dean, M. "SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML", W3C Member submission, 21, 79, 2004.
- [13] Sirin, E., Parsia, B., Grau, B. C., Kalyanpur, A., & Katz, Y. "Pellet: A practical OWL-DL reasoner", *Web Semantics: science, services and agents on the World Wide Web*, 5(2), pp 51-53, 2007.
- [14] Tsarkov, D., Horrocks, I. "FaCT++ description logic reasoner: System description", In *Automated reasoning*, pp 292-297, Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [15] Shearer, R., Motik, B., Horrocks, I. "HermiT: A Highly-Efficient OWL Reasoner", In *OWLED* (Vol. 432), 2008.
- [16] Jupp, S., Horridge, M., Iannone, L., Klein, J., Owen, S., Schanstra, J., Stevens R., Wolstencroft, K. "Populous: A Tool for Populating Templates for OWL Ontologies", In *SWAT4LS*, 2010.
- [17] Jupp, S., Horridge, M., Iannone, L., Klein, J., Owen, S., Schanstra, J., Wolstencroft, K., Stevens, R. "Populous: a tool for building OWL ontologies from templates", *BMC bioinformatics*, 13.Supp11,S5, 2012.
- [18] Iannone, L., Rector, A., Stevens, R. "Embedding Knowledge Patterns into OWL". In *The Semantic Web: Research and Applications*, pp 218-232. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

# OBRADA OBLAKA TAČAKA NA APACHE SPARK PLATFORMI POINT CLOUD PROCESSING ON APACHE SPARK

Vladimir Pajić<sup>1</sup>, Miro Govedarica<sup>1</sup>, Zdravko Galić<sup>2</sup>, Ivan Alargić<sup>1</sup>

*Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad<sup>1</sup>*

*Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Moderne geoinformacione tehnologije za prikupljanje i obradu podataka, kao što su lasersko skeniranje ili fotogrametrija, mogu da generišu oblake tačaka sa milionima ili milijardama 3D tačaka. Za efikasno upravljanje tolikim količinama podataka je neophodno koristiti tehnike bazirane na klasteru računara. Apache Spark predstavlja novu softversku platformu za paralelnu obradu velikih količina podataka. On je osmišljen tako da zadrži skalabilnost i toleranciju na greške MapReduce programskog modela, ali i da podrži aplikacije za koje MapReduce nije bio efikasan. U ovom radu su opisani rezultati našeg istraživanja o obradi oblaka tačaka na Apache Spark platformi. Pri tome je najviše pažnje posvećeno problemu podele i distribucije podataka na klasteru računara radi postizanja maksimalne efikasnosti prilikom obrade. Takođe su opisani različiti pristupi za prostorno indeksiranje oblaka tačaka s obzirom da je ono usko vezano za problem podele.

**Abstract** - Modern geoinformation technologies for data acquisition and processing, such as laser scanning and photogrammetry, can generate point clouds which contains hundreds of millions or billions 3D points. Efficient management of such amount of data requires techniques based on cluster of computers. Apache Spark is the new software framework for parallel processing of large amounts of data. It is designed to retain scalability and fault tolerance of MapReduce and support applications which could not be implemented efficiently with MapReduce. This paper presents the results of our research on the processing of point clouds on Apache Spark framework. The main topic covered is the partition and distribution of data on a cluster of computers in order to achieve maximum efficiency. Also, the various approaches for spatial indexing of point clouds are presented because it is closely related to the problem of data partition.

## 1. UVOD

Razvoj satelitske daljinske detekcije, globalnih navigacionih satelitskih sistema, aerofotogrametrijskih kamera, senzorskih mreža, radarske daljinske detekcije i laserskog skeniranja je doprineo eksponencijalnom porastu količine prikupljenih geoprostornih podataka [3]. Količina prikupljenih podataka već u velikoj meri prevazilazi mogućnosti njihovog skladištenja na pojedinačnim računarima i iziskuje njihovo skladištenje na klasteru računara. Rast količine prikupljenih podataka, osim problema skladištenja, dovodi do problema njihove obrade koja takođe prevazilazi kapacitete pojedinačnih računara.

## 2. MAP-REDUCE

Da bi se prevazišao problem skladištenja i obrade velikih količina podataka (tzv. Big Data) u kompaniji Google su osmislili Google File System (GFS) [6] i MapReduce programski model [4]. Ovakav pristup su veoma brzo usvojile i druge kompanije kao što su Yahoo!, Facebook i New York Times [13, 14].

Apache Hadoop predstavlja open-source softverski sistem koji omogućuje distribuiranu obradu podataka na klasteru računara korišćenjem MapReduce programskog modela [13, 14]. Pored programskog modela, Apache Hadoop poseduje i sistem za distribuirano skladištenje podataka Hadoop Distributed File System (HDFS) [13, 14].

Iako se MapReduce pokazao veoma uspešnim u implementiranju distribuiranih aplikacija nad velikim količinama podataka, on poseduje nedostatke koji ograničavaju njegovu primenu. MapReduce je osmišljen za paralelno izvršavanje sekvencijalnih algoritama nad velikim skupovima podataka. Da bi se rezultat jedne MapReduce operacije mogao koristiti kao ulazni podatak za drugu MapReduce operaciju, što je neophodno kod iterativnih algoritama, potrebno je uskladištiti podatke na disk. Skladištenje podataka na disk kao i startovanje svake MapReduce operacije traju dugo i dovode do značajnog usporavanja obrade. Dve osnovne vrste aplikacija kod kojih je primena MapReduce neefikasna su: iterativni algoritmi i interaktivne analize [15].

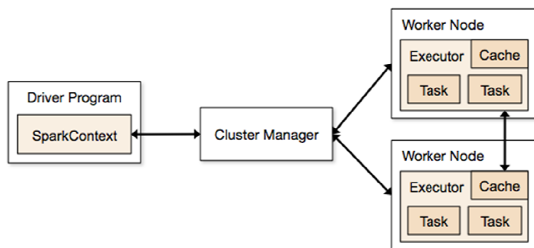
## 3. APACHE SPARK

Apache Spark (u daljem tekstu Spark) predstavlja novu platformu za obradu na klasteru računara koja se izvršava na nekom od klaster operativnih sistema kao što su Mesos ili YARN. Spark je osmišljen da zadrži skalabilnost i toleranciju na greške MapReduce programskog modela, ali i da podrži aplikacije za koje MapReduce nije bio efikasan. To je omogućeno kroz funkcionalnost unutar-memorijskog izvršavanja.

Osnovna apstrakcija u okviru Sparka je fleksibilan distribuirani skup podataka (eng. resilient distributed dataset - RDD), koji predstavlja read-only kolekciju objekata, podeljenu i distribuiranu na klasteru računara, koja može biti ponovo generisana ukoliko se neka particija izgubi [8]. U Spark-u se svaka obrada sastoji od kreiranja novih RDD-ova, transformisanja postojećih RDD-ova ili izvršavanja operacija koje izračunavaju rezultat na osnovu RDD-ova. U osnovi, Spark automatski distribuira podatke koje RDD sadrži širom klastera i paralelizuje operacije koje se izvršavaju nad njima. RDD može biti kreiran učitavanjem podataka iz spoljašnjeg izvora ili distribuiranjem kolekcije objekata iz drajver programa. Koncept drajver programa će biti opisan kasnije u tekstu. Postoje dve vrste operacija nad RDD-ovima, transformacije i akcije. Transformacije su operacije nad RDD-om koje za rezultat imaju kreiranje novog RDD-a.

Primeri transformacija su mapiranje i filtriranje. Akcije su operacije nad RDD-om koje vrše izračunavanje na osnovu podataka iz RDD-a, upisuju podatke u skladište, ili prikupljaju podatke u drajver program.

Spark aplikacija se sastoji od drajver programa i izvršioca (Slika 1). Drajver program je proces koji izvršava korisnički kod u okviru kojeg se kreira Spark kontekst, kreiraju RDD-ovi i izvršavaju transformacije i akcije. Prva funkcija drajver programa je konverzija korisničkog programa u jedinice fizičkog izvršavanja koje se nazivaju zadaci. Spark program implicitno kreira logički direktni aciklični graf operacija. Kada se drajver program izvršava, on konvertuje takav logički graf u fizički plan izvršavanja. Spark vrši nekoliko optimizacija, kao što je spajanje više transformacija, i konvertuje graf izvršavanja u niz faza. Svaka od faza se sastoji od više zadataka. Zadaci su namanje jedinice izvršavanja u Spark-u i tipičan korisnički program može pokrenuti stotine ili hiljade pojedinačnih zadataka.



Slika 1. Komponente distribuirane Spark aplikacije

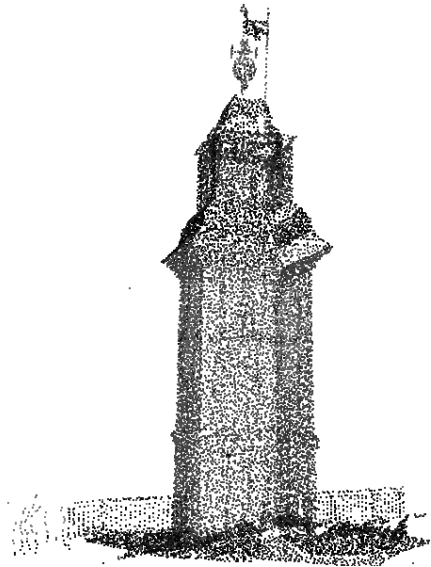
Druga funkcija drajver programa je koordinacija rasporeda individualnih zadataka na izvršiocima prema fizičkom planu izvršavanja. Drajver u svakom trenutku poseduje kompletnu sliku o izvršiocima jer se izvršioci, prilikom njihovog pokretanja, prijavljuju drajveru. Prilikom rasporeda zadataka drajver pokušava da na osnovu trenutnog stanja izvršioca rasporedi svaki zadatak na odgovarajuću lokaciju na osnovu distribucije podataka. Tokom izvršavanja zadataka može doći do keširanja podataka. Drajver takođe prati lokacije keširanih podataka i koristi ih da rasporedi buduće zadatke koji pristupaju tim podacima.

Spark izvršioci su procesi odgovorni za izvršavanje pojedinačnih zadataka. Izvršioci se pokreću na početku Spark aplikacije i obično se izvršavaju tokom kompletnog njenog trajanja. Može se dogoditi da dođe do prekida izvršenja izvršioca, ali to ne utiče na izvršavanje kompletne aplikacije. Izvršioci imaju dve uloge. Prva je izvršavanje zadataka od kojih se aplikacija sastoji i vraćanje rezultata drajveru, a druga, obezbeđivanje memorijskog skladišta za RDD-ove koji su keširani od strane korisničkog programa.

#### 4. OBLAK TAČAKA

Oblak tačaka predstavlja skup tačaka u nekom koordinatnom sistemu. U oblasti geoinformatike se pod oblakom tačaka, obično, smatra skup tačaka u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu (Slika 2). Oblak tačaka se zbog svojih specifičnosti smatra posebnom vrstom geoprostornih podataka, pored rastera i vektora. Zbog toga, uglavnom nije moguće nad oblakom

tačaka direktno primeniti rešenja koja su odgovarajuća za rasterske ili vektorske podatke.



Slika 2. Oblak tačaka

Moderne tehnologije za prikupljanje i obradu velikih količina geoprostornih podataka, kao što su lasersko skeniranje i fotogrametrija, mogu da generišu oblake tačaka koji se sastoje od milijardi tačaka. Oblaci tačaka se mogu svrstati u dve kategorije 2.5D i 3D. 2.5D oblaci tačaka se uglavnom dobijaju tehnikama za snimanje iz vazduha i koriste za topografsko kartiranje većih područja. Sa druge strane, 3D oblaci tačaka se dobijaju uglavnom tehnikama za terestričko snimanje i koriste se za izradu detaljnijih karata, planova i modela. Rešenja za upravljanje oblacima tačaka implementirana do danas su uglavnom osmišljena za rad sa 2.5D oblacima tačaka dok su rešenja za 3D oblake tačaka još uvek u fazi razvoja. U okviru našeg istraživanja pokušaćemo da dizajniramo jedinstveno rešenje koje se istovremeno može koristiti za 2.5D i 3D oblake tačaka.

#### 5. PRISTUPI ZA INDEKSIRANJE OBLAKA TAČAKA

Veliki broj algoritama za obradu oblaka tačaka uzima u obzir prostorno bliske tačke. Zbog toga je bitno da tačke koje su prostorno bliske budu uskladištene na istoj lokaciji na klasteru, kako bi se, prilikom obrade, izbegao transfer velike količine podataka preko mreže i na taj način usporila obrada. Prema tome problem podele i distribucije podataka je prvi koji treba rešiti da bi se omogućila efikasna obrada oblaka tačaka na Spark sistemu. Ovaj problem je usko povezan sa problemom indeksiranja pa ćemo ih stoga razmatrati istovremeno. U nastavku će biti opisani nekoliko postojećih načina za upravljanje oblacima tačaka i drugim prostornim podacima u okviru distribuiranih računarskih sistema, kao i standardnih sistema za upravljanje bazama podataka (u nastavku teksta SUBP).

Ekspanzijom tehnologije laserkog skeniranja na početku ovog veka javio se problem upravljanja oblacima tačaka.

Jedan od odgovora na taj problem bi bilo skladištenje oblaka tačaka u okviru SUBP. Međutim jedino Oracle i PostgreSQL trenutno poseduju podršku za tu vrstu podataka.

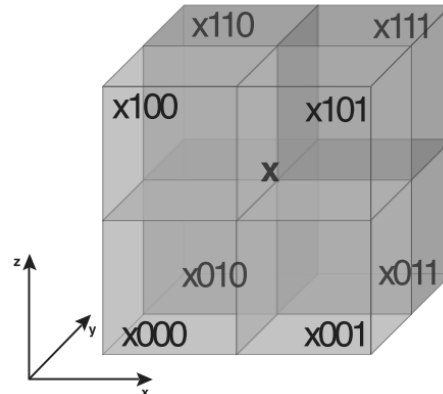
Oracle je u paket Oracle Spatial uveo podršku rad sa oblacima kroz implementaciju SDO\_PC tipa podataka [11]. Tačke iz oblaka tačaka su fizički uskladištene po blokovima tako da svaki blok sadrži prostorno bliske tačke. Geometrije blokova se kreiraju na način da svaki blok sadrži približno jednak broj tačaka i one su indeksirane primenom R-stabla. Upiti nad oblakom tačaka se izvršavaju u dva koraka. U prvom koraku se određuju blokovi koji su relevantni za dati upit. U drugom koraku se izdvajaju tačke iz blokova i određuju one koje odgovaraju datom upitu. Tačke unutar bloka nisu indeksirane i obrađuju se sekvencijalno. To ne utiče mnogo na performansu jer svaki blok sadrži relativno mali broj tačaka, nekoliko hiljada ili nekoliko desetina hiljada.

U okviru [10] je opisano proširenje PostgreSQL tipovima podataka i funkcijama koje omogućuju skladištenje i manipulaciju oblacima tačaka. Pristup je sličan kao i kod Oracle-a. Prostorno bliske tačke se skladište po blokovima, nazvanim "patches", od kojih svaki sadrži po nekoliko stotina tačaka. Preporuka je da maksimalan broj tačaka u bloku iznosi 600. Blokovi su pravougaonog oblika i konstruisani su tako da svaki sadrži približno isti broj tačaka.

U [1] je opisan fajl-centrični pristup za skladištenje velikih oblaka tačaka generisanih tehnologijom avionskog laserskog skeniranja. Pretpostavka je da je ulazni podatak u ovakav sistem kolekcija fajlova od kojih svaki sadrži jedan deo kompletnog oblaka tačaka. Prostorni opseg svakog fajla je pravougaonik koji obuhvata sve tačke koje se nalaze unutar tog pravougaonika. Fajlovi se skladište u okviru distribuirane MongoDB NoSQL baze podataka. Granice fajlova su indeksirane primenom Geohash [5] sistema. Ovakav sistem omogućuje paralelnu obradu korišćenjem internih MapReduce operacija u MongoDB, a može da koristi i eksternu MapReduce platformu poput Hadoop-a.

Prethodno opisana rešenja su prvenstveno orijentisana na skladištenje 2.5D oblaka tačaka. U [12] je opisano indeksiranje 3D oblaka tačaka primenom oktalnog stabla u okviru Oracle Spatial-a. Oktalno stablo je hijerarhijska struktura podataka koja se formira rekurzivnom dekompozicijom 3D regiona. Jedan čvor oktalnog stabla predstavlja kocku u tom regionu. Svaki od osam podčvorova jednog čvora predstavlja oktant u okviru nadređenog čvora, a podaci se skladište u okviru listova. Jedan od najčešće korišćenih načina za realizaciju oktalnog stabla je primenom heš tabele. U tom slučaju se svakom čvoru pridružuje ključ koji ga identifikuje i služi za izračunavanje njegove adrese u okviru heš tabele. Ključ se može izračunati na osnovu pozicije čvora unutar hijerarhije oktalnog stabla kroz sistematsku orijentaciju oktanata u čvoru. Jedan od najčešće korišćenih mehanizama za generisanje ključeva su Mortonovi kodovi [2, 11]. Oni se jednostavno izračunavaju i pružaju dobru

prostornu bliskost. Mortonovi kodovi se generišu rekurzivnim prolaskom kroz hijerarhiju stabla. Korenu stabla se dodeljuje ključ 1, a ključevi podčvorova se formiraju spajanjem ključa nadređenog čvora sa njhomovom pozicijom unutar njega koja se kodira sa tri bita. Na slici 3 je prikazan način kodiranja podčvorova čvora X.



Slika 3. Označavanje podčvorova čvora X Mortonvim kodovima

Pored opisanih pristupa za skladištenje i indeksiranje oblaka tačaka prikazaćemo i dve biblioteke za rad sa drugim tipova geoprostornih podataka na klasteru računara. Rešenja implementirana u okviru njih se mogu primeniti, sa ili bez modifikacija, i na rad sa oblacima tačaka.

GeoTrellis je biblioteka za efikasnu obradu geoprostornih rasterskih podataka. U saradnji sa Digital Globe, kompanijom za prikupljanje i distribuciju satelitskih snimaka, implementirana je podrška za distribuirano procesiranje velikih geoprostornih rasterskih podataka bazirano na Spark-u. Geoprostorni rasteri se prostorno dele na blokove i skladište u okviru HDFS ili u Apache Accumulo bazu podataka u obliku ključ-vrednost parova. Ključ predstavlja jedinstveni identifikator bloka, a vrednost raster koji predstavlja deo originalnog fajla. Prilikom izvršavanja svaki izvršioc obrađuje jedan ili više blokova.

Geomesa predstavlja proširenje Apache Accumulo baze podataka za skladištenje velikih količina prostorno-vremenskih vektorskih podataka. Svaki vektorski podatak u okviru Geomesa je opisan sa dve prostorne koordinate, geografske širine i dužine, i vremenskom koordinatom. Podaci se skladište u obliku dve vrste ključ-vrednost parova, indeksa i podataka. Indeks ključ-vrednost parovi omogućuju prostorno vremensko indeksiranje, dok ključ-vrednost parovi podataka sadrže podatke vezane za posmatrane prostorno-vremenske koordinate [7]. Na osnovu prostornih koordinata se formira Geohash [5] string od 7 karaktera koji odgovara prostornoj rezoluciji od 150 metara. Vremenska koordinata je opisana stringom formata yyyyMMddhh što obezbeđuje vremesku rezoluciju od 1 sata. Indeks ključ se formira preplitanjem dva prethodno opisana stringa. Šema indeksiranja se može prilagoditi strukturi i rezoluciji korisnikovih podataka.

## 6. OBRADA OBLAKA TAČAKA NA SPARK PLATFORMI

Iz prethodno opisanih pristupa za indeksiranje i skladištenje oblaka tačaka, kao i drugih vrsta geoprostornih podataka, se može formulirati postupak koji je potrebno izvršiti kako bi se pripremio oblak tačaka za obradu na Spark platformi.

Prvi korak bi bio kreiranje oktalnog stabla za oblak tačaka i podela tačaka po listovima. Pri tom bi se svaki list indeksirao odgovarajućim Mortonovim kodom u zavisnosti od lokacije u stablu. Sledeći korak bi bio formulisanje ključ-vrednost parova za svaki list u stablu, gde je ključ Mortonov kod lista, a vrednost niz tačaka koje pripadaju tom listu. Takvi parovi bi se zatim skladištili u okviru sekvencijalnih fajlova u okviru HDFS ili nekog distribuiranog ključ-vrednost skladišta kao što su Apache HBase ili Apache Accumulo. Ovakom organizacijom bi se postiglo da prostorno bliske tačke budu locirane na istim računarima u klasteru.

U sledećoj fazi istraživanja biće razvijena Spark aplikacija za obradu oblaka tačaka u okviru koje će biti implementiran pristup koji je prethodno opisan. Kroz ovu aplikaciju će biti izvršeni eksperimenti na osnovu kojih će se ispitati efikasnost predloženog pristupa posle čega će se utvrditi koliko je ovaj pristup uspešan, da li ga treba menjati ili eventualno u potpunosti odbaciti.

### ZAKLJUČAK

Dosadašnja istraživanja, kao i upotreba u praksi, su pokazala da Spark pruža dobru osnovu za efikasno izvršavanje aplikacija koje obrađuju velike količine podataka na klasteru računara. Prikazana su i neka od rešenja koja koriste Spark za obradu rasterskih i vektorskih geoprostornih podataka. Prethodna istraživanja koja se bave obradom oblaka tačaka korišćenjem Spark-a su malobrojna i ograničena na određena područja primene.

U radu su opisana inicijalna istraživanja o mogućnostima obrade oblaka tačaka na Spark platformi. Analizirani su problemi podele i indeksiranja oblaka tačaka jer od uspešnog rešavanja ovih problema u velikoj meri zavisi efikasnost obrade. Buduća istraživanja će obuhvatiti razvoj prototipa i testiranje predloženih pristupa.

### NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru projekta "Modeliranje stanja i strukture padinskih procesa primenom GNSS i tehnologija skeniranja laserom i georadarom - evidencioni broj projekta TR 37017", finansiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Boehm J., File-centric organization of large LiDAR Point Clouds in a Big Data context, IQmulus Workshop - Processing Large Geospatial Data, Cardiff, Jul 08, 2014
- [2] Castro R., Lewiner T., Lopes H., Tavares G., Bordignon A., "Statistical optimization of octree searches", Computer Graphics Forum, v. 27, p. 1557–1566, 2008.
- [3] Dasgupta A., Big data: the future is in analytics, <http://www.geospatialworld.net/Magazine/MArticleView.aspx?aid=30512> (poslednji pristup 10.04.2014.)
- [4] Dean J., Ghemawat S., "MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters", OSDI'04: Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, San Francisco, CA, December, 2004.
- [5] Geohash. <http://en.wikipedia.org/wiki/Geohash>. (poslednji pristup 01.02.2015)
- [6] Ghemawat S., Gobioff H., Leung S., "The Google file system", In 19th Symposium on Operating Systems Principles, pages 29–43, Lake George, New York, 2003.
- [7] Fox A., Eichelberger C., Hughes J., Lyon S., "Spatiotemporal indexing in non-relational distributed databases," in Proceeding of IEEE Conference on Big Data, pp. 291-299, 2013.
- [8] Karau H., Konwinski A., Wendell P., Zaharia M., "Learning Spark", O'Reilly Media, Inc, 2015., nepublikovano.
- [9] Liu X., Yang L., Li C., "A Robust Mesh Growing Surface Reconstruction Algorithm based on Octree", International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol.7, No.3 (2014), pp.135-146
- [10] Ramsey P., "LIDAR in PostgreSQL with PointCloud", FOSS4G, September 2013, Nottingham
- [11] Ravada S., Horhammer M., Kazar B. M., "Point Cloud: Storage, Loading, and Visualization", National Science Foundation TeraGrid Workshop on Cyber-GIS, February 2010, Washington
- [12] Schon B., Mosa A.S.M., Laefer D.F., Bertolotto M., "Octree-based indexing for 3D pointclouds within an Oracle Spatial DBMS", Computers & Geosciences 51 (2013) 430-438
- [13] Venner, J., Pro Hadoop, Apress, 2009., Bekerley, CA.
- [14] White, T., Hadoop - The Definitive Guide: Storage and Analysis at Internet Scale (2. ed.). O'Reilly 2011, ISBN 978-1-449-38973-4, pp. I-XXII, 1-600
- [15] Zaharia M., Chowdhury M., Franklin M. J., Shenker S., Stoica I. "Spark: cluster computing with working sets." In Proc. HotCloud '10, 2010.

# PRIMEN A OPEN SOURCE GIS -A U KARTIRANJU EROZ IJE

## APPLICATION OF OPEN SOURCE GIS FOR EROSION MAPPING

Nikola Zlatanović<sup>1</sup>, Aleksandar Drobnjak<sup>1</sup>, Irina Milovanović<sup>1</sup>, Renata Puzović<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Institut za vodoprivredu "Ja roslav Černi", Zav od za zaštitu od bujica i erozije

Sadržaj – Kartiranje erozije predstavlja izdvajanje površina sa ujednačenim intenzitetima erozionih procesa. U ovom radu je prikazan način kartiranja erozije prema Metodi potencijala erozije, primenom geografskog informacionog sistema otvorenog koda QGIS. Predstavljen je primer kartiranja erozije na istražnom području dela sliva Izbičke reke, u blizini Novog Pazara. Za izradu karte erozije korišćene su sledeće podloge: topografske karte, digitalni model terena, pedološke i geološke karte, kao i ortofoto snimci. Opisana metodologija predstavlja brz i efikasan način za primenu Metode potencijala erozije. Kao rezultat, prikazana je karta erozije istražnog područja.

Abstract - Erosion mapping is defined as the identification and presentation of areas with similar intensities of erosion processes. This paper presents a method of erosion mapping using the Erosion Potential Method, and the application of the free and open source geographic information system QGIS. A case study is presented on one part of the Izbička River catchment, near the city of Novi Pazar. The following data were used in the study: topographic maps, digital elevation model, soil and geologic maps, as well as orthophoto images. The presented methodology shows a quick and efficient way of implementing the Erosion Potential Method. As a result, the erosion map of the study area is presented.

### 1. UVOD

Erozija predstavlja globalni problem, prvenstveno zbog posledica koje nastaju usled odnošenja površinskog sloja zemljišta, koji je bogat hranljivim materijama, pa se često dešava da se na površini pojavi matična stena. Ovo predstavlja direktan negativan ekološki efekat erozije (on-site effects) koji je vrlo uočljiv. Indirektan negativan ekološki efekat erozije (off-site effects) odvija se preko nanosa koji se transportuje niz hidrografsku mrežu i dospeva u nizijske predele, ugrožavajući tako naselja, saobraćajnice, vodoprivredne i druge objekte. Transport nanosa prouzrokuje negativne ekološke probleme, jer sadrži hemijske zagađujuće materije koje štetno utiču na kvalitet vode u tokovima, a na taj način i na celokupnu biocenozu tog staništa [1].

Intenzitet erozije predstavlja jako bitnu komponentu u proračunima za projektovanje objekata za zaštitu od poplava, kao i za zaustavljanje nanosa. Karta erozije predstavlja osnovu za racionalno projektovanje radova za uređenje bujica i zaštitu od erozije.

Najpregledniji prikaz analiza erozionih procesa, kako ulaznih parametara, tako i izlaznih rezultata je

kartografski prikaz. Razvoj tehnologije omogućio je jednostavan i efikasan način prikupljanja, analize, obrade i prikazivanja dostupnih podataka. U ovom radu predstavljen je način kartiranja erozije prema Metodi potencijala erozije korišćenjem open source GIS paketa QGIS, na primeru dela sliva Izbičke reke u blizini Novog Pazara.

### 2. METODOLOGIJA

#### 2.1 Metoda Potencijala erozije

Metod Potencijala erozije definiše koeficijent erozije Z, kao numerički kvalitativno – kvantitativni koeficijent erozionih procesa [2]. Na osnovu vrednosti koeficijenta erozije, vrši se kvalitativna podela erozije u pet kategorija, prema definisanim rasponima vrednosti koeficijenta erozije Z. Ovaj metod je neophodan za izradu karte erozije. Rasponi vrednosti koeficijenta erozije pojedinih kategorija erozije [3] prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Klasifikacija kategorije erozije prema koeficijentu erozije Z

Kategorija erozije	Raspon vrednosti koeficijenta Z	Srednja vrednost koeficijenta Z
I	EKSCESIVNA $Z > 1,0$	1,25
II	JAKA $0,71 < Z < 1,0$	0,85
III	SREDNJA $0,41 < Z < 0,7$	0,55
IV	SLABA $0,20 < Z < 0,40$	0,30
V	VRLO SLABA $Z < 0,19$	0,10

Vrednost koeficijenta Z se izračunava po sledećoj formuli:

$$Z = Y \cdot X_a \cdot (\varphi + \sqrt{I}) \quad (1)$$

gde su: I – srednji pad površine terena,  $\varphi$  – koeficijent uočenog procesa erozije, Y – koeficijent otpora zemljišta na eroziju i  $X_a$  – koeficijent načina iskorišćavanja zemljišta. Vrednosti I,  $\varphi$ , Y i  $X_a$  neophodno je odrediti za sve pojedine površine odnosno za ceo sliv.

Vrednosti koeficijenta uočenog procesa erozije  $\varphi$  variraju u rasponu od 1,0 za najjače procese, pa do 0,1 za najslabije prirodne procese erozije. Vrednosti koeficijenta otpora zemljišta na eroziju Y variraju u rasponu od 2,0 za erodibilne peskovite podloge, pa do 0,25 za tvrde eruptivne podloge. Vrednosti koeficijenta  $X_a$  se određuju za razne načine korišćenja zemljišta i variraju u rasponu od 1,0 za potpuno golo zemljište, pa do 0,05 za zemljište na kojem je šuma odličnog kvaliteta.

## 2.2 Ulazni podaci

Za potrebe kartiranja erozije prema Metodi potencijala erozije potrebne su sledeće podloge: topografske, pedološke, geološke, način korišćenja zemljišta i ortofoto snimci terena.

Topografske karte su i dalje najčešće korišćen izvor podataka o terenu, uglavnom zbog dostupnosti karata i jednostavnosti korišćenja. Najčešće upotrebljavana razmera je 1:25.000 u izdanju Vojnogeografskog instituta.

Alternativa topografskim kartama za podatke o terenu predstavljaju digitalni modeli terena, koji su sve češće u upotrebi razvojem geografskih informacionih sistema. Danas postoji mnoštvo različitih izvora digitalnih modela terena, bilo digitalizovanih sa topografskih karata ili snimljenih daljinskom detekcijom.

Pedološke i geološke podloge u Srbiji su dostupne u vidu karata različitih razmera. Najdetaljnije pedološke podloge na teritoriji Republike Srbije predstavljaju pedološke karte Srbije, razvijene u Institutu za proučavanja zemljišta u periodu od 1958. do 1982. godine. Važno je napomenuti da trenutno ne postoje zvanične pedološke ni geološke karte u odgovarajućem digitalnom obliku koje pokrivaju celu teritoriju Republike Srbije, te ih je najčešće neophodno prethodno ručno digitalizovati.

Način korišćenja zemljišta ima veliki uticaj na erozione procese i stoga je jako bitno pravilno ga definisati. Pored ortofoto snimaka koji su glavna podloga u određivanju načina korišćenja zemljišta, koriste se i topografske karte koje prikazuju sve neophodne reljefne elemente za određivanje načina korišćenja zemljišta slivnih područja sa zadovoljavajućom tačnošću.

## 2.3 Korišćeni soft ver

U ovom radu je predstavljena metodologija kartiranja erozije primenom geografskog informacionog sistema QGIS. QGIS (prethodno poznat i kao Quantum GIS) je geografski informacioni sistem otvorenog koda (open source) koji omogućava pregled, manipulaciju i analizu prostornih podataka [4]. Dodatna funkcionalnost softvera se ostvaruje pomoću dodatka u vidu funkcija koje pišu sami korisnici softvera (plugins), kojima je moguće pristupiti direktno iz osnovnog programa.

## 3. PRIMER

### 3.1 Istražno područje

Kartiranje erozije urađeno je za deo površine sliva Izbičke reke, koja se nalazi nedaleko od Novog Pazara (slika 1). Istražno područje se odlikuje velikim padovima terena, sa čestom pojavom jaruga. Geološka podloga je jako erodibilna, pedološki sloj vrlo tanak, a način korišćenja zemljišta dosta raznovrstan. Vegetacija je retke pokrovnosti, a česta pojava su i goleti. Sa aspekta erozionih procesa, ovo područje predstavlja vrlo nestabilan teren, sa čestom pojavom bujičnih tokova, stoga je i odabrano kao primer za analizu i kartiranje erozije.



Slika 1. Pregledna situacija istražnog područja

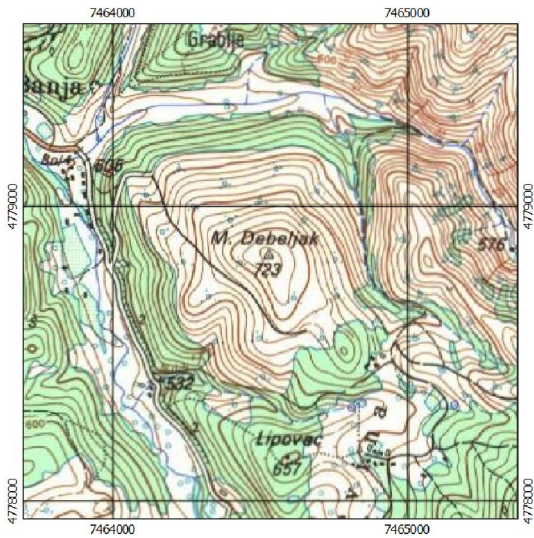
### 3.2 Korišćene podloge

Za posmatrano istražno područje, korišćena je topografska karta Vojnogeografskog instituta razmere 1:25.000 (slika 2). Takođe, korišćen je i globalni digitalni elevacioni model (GDEM) ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) [5] (slika 3), koji je snimljen iz satelita i javno je dostupan.

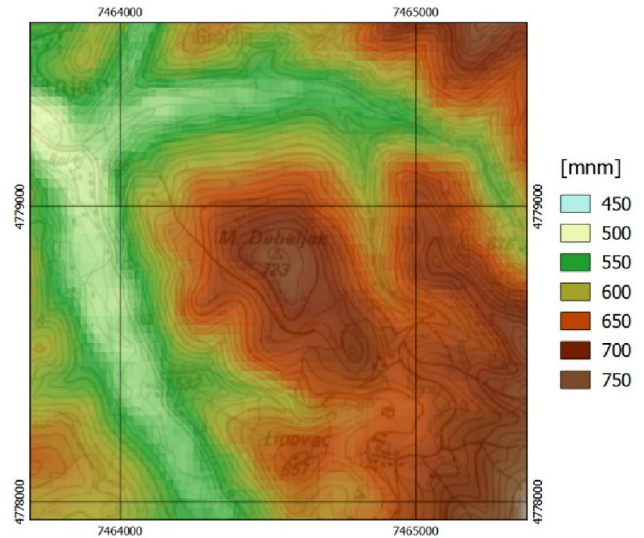
U ovom radu je korišćena Pedološka karta SR Srbije razmere 1:50.000 (izdanje Instituta za proučavanje zemljišta Beograd - Topčider) iz 1966. godine, kao i Osnovna geološka karta SFRJ razmere 1:100.000 (izdanje Saveznog geološkog zavoda) iz 1970. godine. Na slikama 4 i 5 je prikazan rezultat digitalizacije ovih karata.

Korišćeni su ortofoto snimci razmere 1:5.000 za kartiranje načina korišćenja zemljišta. Ovakva razmera ortofoto snimaka je odgovarajuća za nivo detaljnosti opisane analize. Na slici 6 je prikazan ortofoto snimak, a na slici 7 izrađena karta načina korišćenja zemljišta.

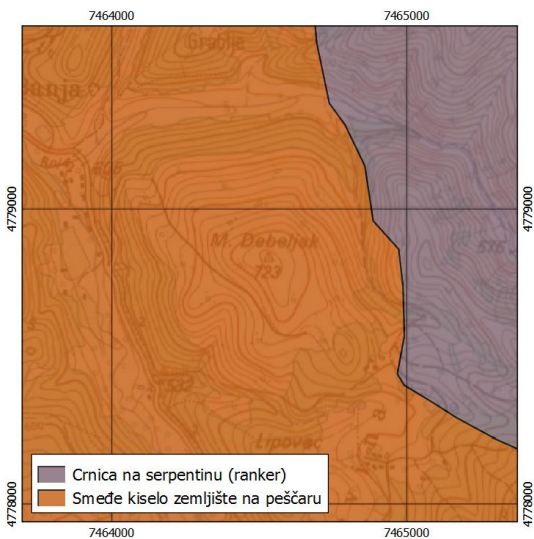




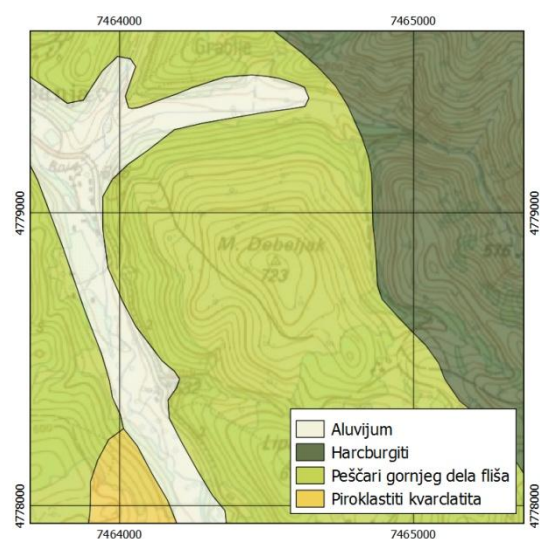
Slika 2. Topografska karta razmere 1:25.000



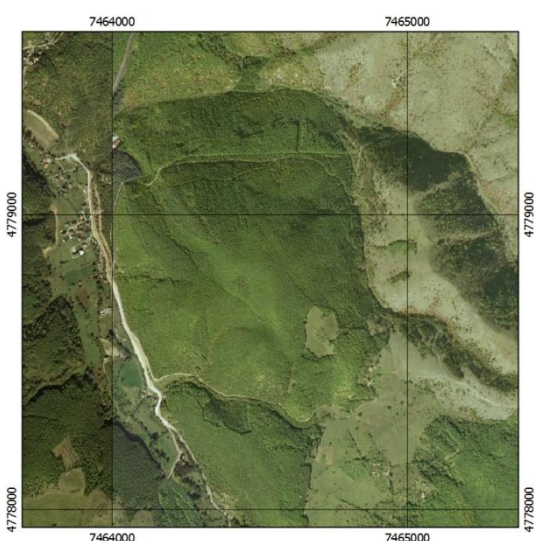
Slika 3. Digitalni model terena (DEM)



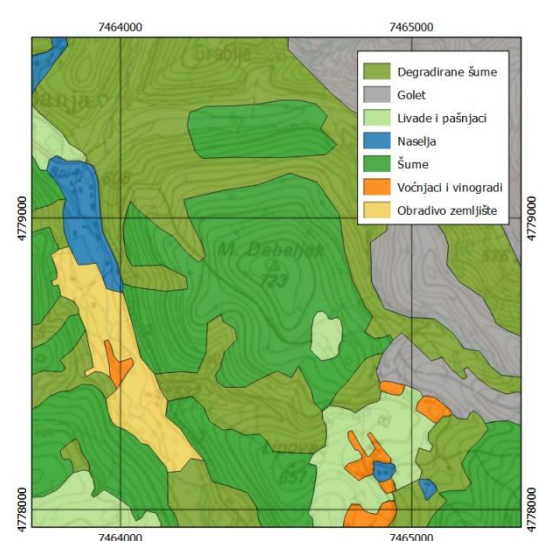
Slika 4. Pedološka podloga



Slika 5. Geološka podloga



Slika 6. Ortofoto snimak



Slika 7. Način korišćenja zemljišta

### 3.3 Pro račun i izrada karte erozije

Sve prethodno prikazane podloge su prevedene u digitalni oblik pogodan za dalju obradu i analizu u QGIS softverskom paketu.

Da bi se pravilno pristupilo izradi karte erozije, neophodno je prethodno pravilno determinisati koeficijente otpornosti zemljišta na eroziju  $Y$ . Otpornost zemljišta na eroziju zavisi od geoloških ili pedoloških karakteristika posmatranih površina. Usled promenljive debljine zemljišnog sloja, naročito na strmijim terenima, neophodno je sagledati i pedološku i geološku podlogu, i u skladu sa tim primeniti odgovarajuće koeficijente.

Koeficijent načina korišćenja zemljišta  $X_a$ , kao i koeficijent uočenog procesa erozije  $\phi$ , određuju se izdvajanjem površina sa sličnim karakteristikama. To se vrši digitalizacijom ortofoto snimaka i primenom topografskih podloga, gde se svakom digitalizovanom elementu zadaju vrednosti koeficijenata.

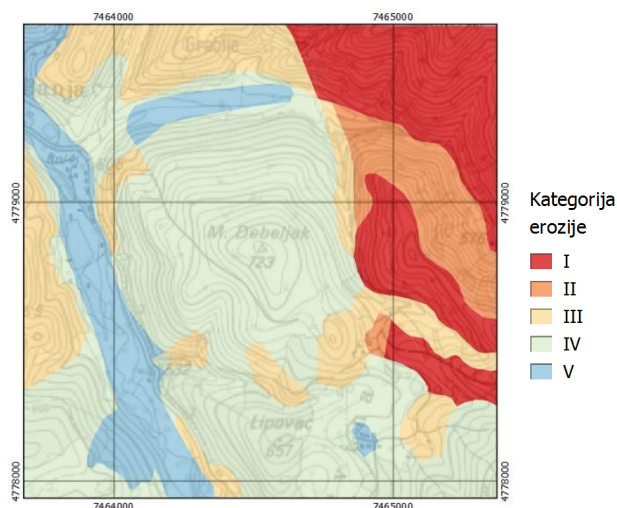
Za dalju obradu, potrebno je sagledati međusobne prostorne odnose dobijenih površina sa definisanim koeficijentima  $Y$ ,  $X_a$  i  $\phi$ . To se vrši "preklapanjem" odnosno kombinovanjem svih dobijenih elemenata i definisanjem svih kombinacija koeficijenata.

Pad terena se određuje na osnovu digitalnog modela terena (digitalnog elevacionog modela), primenom neke od metoda za proračun na osnovu ćelija rastera terena, npr. metodom najvećeg pada. Na taj način se izračuna raster čija svaka ćelija ima vrednost pada terena, i takav raster koristimo za određivanje srednjeg pada za svaki pojedinačni element.

Proračun koeficijenta erozije  $Z$  vrši se primenom jednačine (1) za svaki element. U tu svrhu se koristi alatka Field calculator (kalkulator polja) u okviru QGIS paketa, koja omogućava primenu odgovarajućih formula korišćenjem prethodno definisanih atributa prostornih podataka.

Nakon proračuna koeficijenata erozije  $Z$  za svaku izdvojenu površinu, pristupa se klasifikaciji kategorija erozije. Vrednosti koeficijenata  $Z$  se, takođe pomoću kalkulatora polja, klasifikuju prema tabeli 1 u odgovarajuće kategorije erozije.

Tako dobijene vrednosti kategorija erozije se kartografski prikazuju kao karta erozije. Karta erozije nam pruža uvid u trenutno stanje erozionih procesa različitog intenziteta (slika 8). Na posmatranom istražnom području, ekscesivna (I) kategorija zastupljena je na ogoljenim terenima i u jarugama, gde je produkcija nanosa jako velika, dok je vrlo slaba (V) erozija prisutna u nizijama, gde su naseljena mesta ili šume dobrog sklopa.



Slika 8. Karta erozije za istražno područje

## 4. ZAKLJUČAK

Kartiranje erozije predstavlja jako dug i kompleksan proces. Podloge koje se koriste kao ulazni podaci u Srbiji najčešće nisu dostupne u digitalnom obliku, stoga obrada, analiza, kao i digitalizovanje prethodno pomenutih podloga zahteva značajan vremenski period. QGIS softverski paket nam omogućava znatno bržu digitalizaciju, analizu prethodno digitalizovanih podloga, kao i kvalitetan prikaz izlaznih podataka.

Na istražnom području, kao što se vidi na slici 8, prevladava IV kategorija erozije i stiče se utisak da je stanje na slivu zadovoljavajuće. Međutim, I kategorija je u velikom procentu prisutna i to je ono što karakteriše posmatrano područje: prostorna varijabilnost sa aspekta erozionih procesa.

## LITERATURA

- [1] Kostadinov, S. „Bujični tokovi i erozija“, Šumarski fakultet, Beograd, 1996.
- [2] Gavrilović, S. „Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji“, Časopis „Izgradnja“, Specijalno izdanje, Beograd, 1972.
- [3] Gavrilović, S. „Metodika za klasifikaciju erozionih procesa i kartiranje erozionih područja - I faza“, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 1966.
- [4] QGIS Development Team, QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>, 2014.
- [5] ASTER GDEM Validation Team, ASTER Global DEM Validation (Summary Report), METI, NASA, USGS, Pasadena, California, 2009:

# WEB APLIKACIJA “KANCELARIJA ZA BRZE ODGOVORE PRIVREDI”

## “OFFICE FOR QUICK ANSWERS TO THE ECONOMY” WEB APPLICATION

Ljubica Marjanović, Zora Šarenac, Mirjana Kantar, Snežana Radovanović, Željko Jašić, Vinka Lekić,  
Ljiljana Ristivojević, Nenad Matović  
*Zavod za informatiku i statistiku grada Beograda*

### Sadržaj:

Grad Beograd je u saradnji sa Regionalnom agencijom za razvoj i evropske integracije, Privrednom komorom Beograda i gradskim opštinama realizovao koncept Kancelarije za brze odgovore privredi. Tim Zavoda za informatiku i statistiku razvio je web aplikaciju „Kancelarija za brze odgovore privredi“. Cilj aplikacije je da domaći i strani privrednici, kako sadašnji tako i potencijalni, dobiju informacije potrebne za rešavanje problema vezanih za svoje poslovanje, na brz i efikasan način, u roku od 72 sata. U pripremu odgovora uključene su: opštinske uprave grada Beograda, Privredna komora Beograda i Gradska uprava grada Beograda.

### Abstract:

City of Belgrade, in cooperation with the Regional Agency for Development and European Integration, Belgrade Chamber of Commerce and city municipalities implemented the concept of the Office for quick answers to the economy. Institute of Informatics and Statistics team, created the web application "Office for quick answers to economic questions". The aim of this application is that domestic and foreign businessmen, both current and potential, obtain information needed to solve problems related to their business, in a fast and efficient manner, within 72 hours. Following institutions are included in a preparation of responses: Municipal Administration of Belgrade, Belgrade Chamber of Commerce and the City of Belgrade.

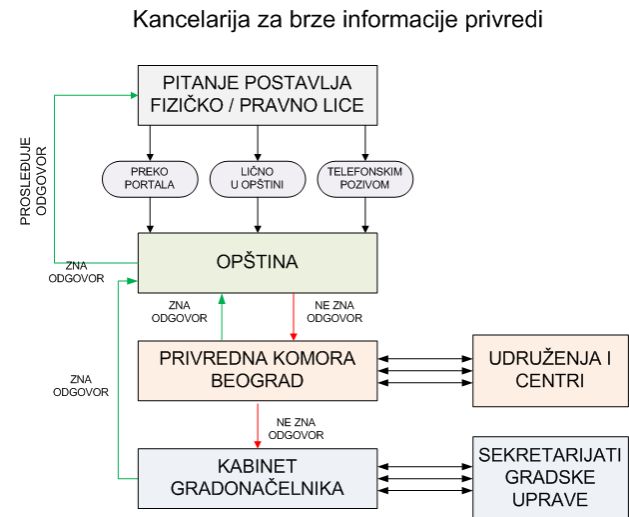
## 1. UVOD

Web aplikacija “Kancelarija za brze odgovore privredi” realizovana je u Zavodu za informatiku i statistiku grada Beograda 2014. godine.

Aplikacija omogućava da pravno ili fizičko lice postavi pitanje, koje se odnosi na privredu, putem web portala, telefonom ili lično u nekoj od beogradskih opština. U pripremi odgovora istovremeno može učestvovati više ustanova na različitim nivoima: lokalne kancelarije u 16

beogradskih opština, Privredna komora Beograda sa udruženjima i centrima, kontrolni centar i sekretarijati Gradske uprave grada Beograda. Pripremljen odgovor se automatski distribuira podnosiocu putem elektronske pošte.

Kancelarije su na usluzi potencijalnim i postojećim privrednicima sa teritorije grada Beograda, kao i onima koji žele da investiraju u razvoj Beograda, bez obzira u kojoj delatnosti posluju ili nameravaju da posluju.



(Slika1 Tok kretanja pitanja i odgovora)

## 2. PROCES RAZVOJA APLIKACIJE

Ulazne elemente procesa razvoja aplikacije predstavljaju:

- zahtevi korisnika vezani za automatizaciju poslovnih procesa
- zahtevi zakonske regulative po kojima je potrebno izraditi softversku podršku u implementaciji istih
- 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
- aplikacije koje su razvijene tako da maksimalno odgovaraju tekućim potrebama korisnika.

Proces razvoja softvera obuhvata:

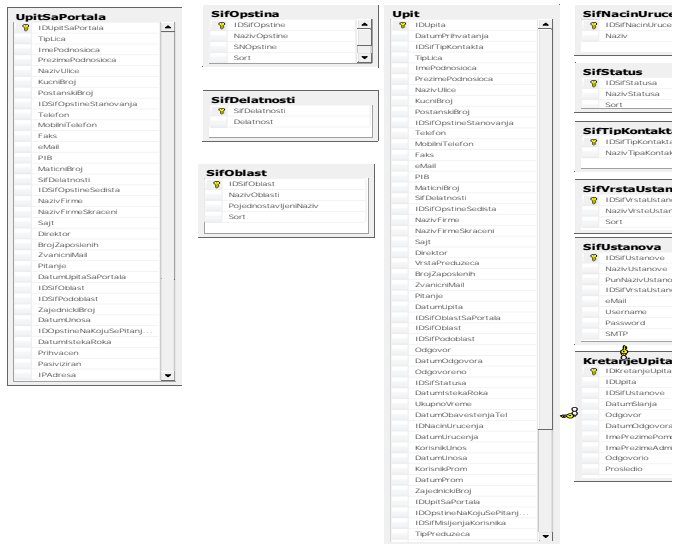
- primarni scenario razvoja
- upravljanje promenama u toku razvoja
- upravljanje greškama u toku razvoja.

Izrada ovog projekta obuhvatila je sledeće faze poslova:

- projektovanje i izrada projektne dokumentacije
- kreiranje baza i izrada procedura
- formiranje Web servisa i Web metoda
- izrada aplikativnog dela
- izrada testnih scenarija i testiranje
- izrada uputstva za korisnike.

Poslovni proces ranije nije bio u funkciji, odnosno nije se ni ručno obavljao. Zbog toga je tim projektanata, zajedno sa naručiocima posla, definisao sve elemente procesa.

### 3. MODEL BAZE I FUNKCIONALNOSTI



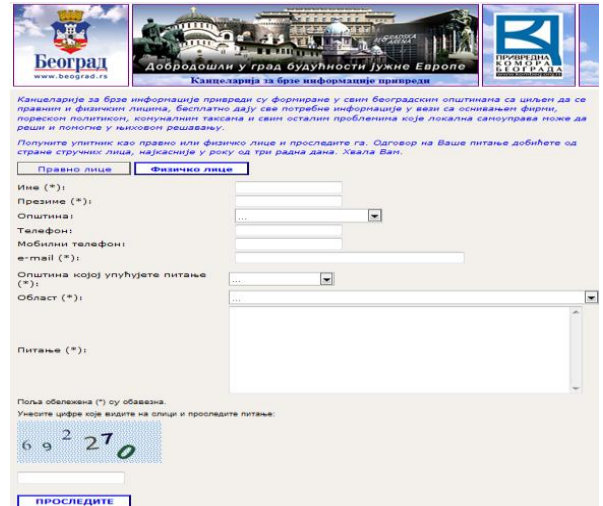
(Slika2 Model dela baze)

U aplikaciju su ugrađena sledeća pravila:

- pitanje se upućuje jednoj od 16 beogradskih opština, po izboru lica koje ga postavlja
- rok za slanje odgovora je tri radna dana i određuje se programski
- u svakom trenutku se zna status pitanja: pitanje prihvaćeno sa portala, neobrađeno, u radu, pripremljen odgovor, konačan odgovor, poslat odgovor
- definisane su različite uloge korisnika aplikacije
- odgovor distribuira opština kojoj je pitanje upućeno.

Aplikacija sadrži:

- web portal za postavljanje pitanja koji omogućava unos pitanja i izbor opštine kojoj će ono biti prosleđeno; nalazi se na web adresi <https://portal.beograd.gov.rs/bic/>



(Slika3 Web portal)

- web forme sa funkcionalnostima:
  - o obrada upita – za svakog ulogovanog korisnika forma prikazuje pripadajuće liste aktivnih upita i novih upita koji su automatski preuzeti sa web portala



(Slika4 Forma za Obradu upita)

- o unos podataka, priprema i distribucija odgovora –vrši se obrada podataka o: fizičkom licu ili kontakt osobi pravnog lica, pitanju i oblasti na koju se ono odnosi, prosledivanju pitanja nadležnoj ustanovi, pripremi i distribuciji odgovora

Prosledio	Ustanova	Datum prosledivanja	Odgovor	Odgovorio	Postupak	Datum postupka	Admin
Pašula	Priredna komora Beograda	11.9.2014. 16:23:14	Isposlao odgovor				

(Slika5 Forma za Unos podataka)

- o pretraživanje podataka – omogućeno je pretraživanje po svim relevantnim podacima o podnetim upitima

Datum upita	P/E	Podnosilac	Naziv firme/Pitanje za upitnu	Oblast	Status upita	Stanje upita
4.11.2014 23:06:47	F	SAVSKI VENAC	Edukacija preduzetnika/Poslat odgovor/kritično			
5.12.2014 11:39:21	F	SAVSKI VENAC	Edukacija preduzetnika/Poslat odgovor/Redovno			
5.12.2014 11:45:18	F	SAVSKI VENAC	Edukacija preduzetnika/Poslat odgovor/Redovno			
5.12.2014 11:51:10	F	SAVSKI VENAC	Edukacija preduzetnika/Poslat odgovor/Redovno			
11.12.2014 14:05:21	F	SAVSKI VENAC	Edukacija preduzetnika/Poslat odgovor/Redovno			
17.12.2014 11:21:16	F	SAVSKI VENAC	Edukacija preduzetnika/Poslat odgovor/kritično			

(Slika6 Forma za Pretraživanje)

- o izveštaji – za izabrani vremenski period moguće je formirati sledeće izveštaje:
  - Prikaz pitanja i odgovora
  - Broj poslanih odgovora po opštinama
  - Broj odgovora po oblastima
  - Broj upita po statusima
  - Neprihvaćeni upiti sa portala
  - Pasivizirani upiti sa portala
  - Broj odgovora po vrstama ustanova
  - Broj odgovora po grupi ustanova

Oblast	Broj odgovora	Broj odgovora u %
Ukupno	199	100.00

(Slika7 Izveštaj Broj odgovora po oblastima)

- o dokumentacija – korisnicima aplikacije je omogućeno da u zajednički direktorijum postavе dokumenta koja će se, kao deo odgovora, proslediti podnosiocu pitanja elektronskim putem; omogućen je pregled unetih dokumenata i korisničkog uputstva.

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 vrste ustanova korisnika aplikacije, pripadnost korisnika određenoj grupi ili grupama, definisana pravila do kojih funkcionalnih celina aplikacije grupa korisnika ima dozvoljen pristup.

Prema vrsti ustanova izvršena je sledeća podela korisnika:

- lokalna kancelarija (pravo pristupa definisanih referenata u 16 beogradskih opština, preuzimaju odgovor sa portala, prosleđuju pitanje na viši nivo,

dobijeni konačan odgovor automatski šalje korisniku elektronskom poštom)

- Privredna komora Beograda (vrši obradu prosleđenog pitanja ako je u njegovoj nadležnosti, ili ga prosleđuje na viši nivo ustanove, formira konačan odgovor i vraća lokalnoj kancelariji)
- udruženja i centri Privredne komore Beograda (primaju pitanja od Privredne komore i odgovaraju na njih)
- kontrolni centar Gradske uprave grada Beograda (vrši obradu prosleđenog pitanja iz Privredne komore, formira konačan odgovor koji prosleđuje Lokalnoj kancelariji)
- sekretarijati Gradske uprave grada Beograda (primaju pitanja iz kontrolnog centra i odgovaraju na njih).

## 5. PLATFORMA RAZVOJA

Aplikacija je razvijana korišćenjem sledećih proizvoda Microsoft razvojne platforme:

- SQL 2008 R2 Server uključujući Database Engine i Reporting Service – na sloju baze podataka
- .NET Framework 3.5 – na svim slojevima
- ASP.NET 3.5 – 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. Jedan od načina postizanja tih ciljeva je redovno praćenje dostignuća u oblasti informacionih tehnologija i njena primena u što više poslovnih procesa Gradske uprave.

Doprinos ovog projekta je:

- Aplikacija je povezala sve opštinske i gradske institucije i Privrednu komoru Beograda i doprinela je da potencijalni i postojeći investitori, privrednici i preduzetnici mogu u kratkom roku da dođu do potrebnih informacija, koje se odnose na poresku politiku, način osnivanja firmi i komunalnih taksi, i da na osnovu njih brže i kvalitetnije donose svoje poslovne odluke.
- Podstiče se brži razvoj privrede u Beogradu.
- Mogu se saznati koji su najveći problemi privrednika i preduzetnika na teritoriji Grada Beograda, a samim tim i praviti planove na osnovu tih saznanja.
- Dobijanje različitih izveštaja na osnovu kojih se dobija jasna predstava o najčešće postavljenim pitanjima, kao i o najvećim problemima investitora, privrednika i preduzetnika. Samim tim otvaraju se mogućnosti da Gradska uprava može adekvatno reagovati.

Korisnici aplikacije su zadovoljni kvalitetom i prednostima automatizovanog rada.

## LITERATURA:

- [1] Anders Hejlsberg, Mads Torgersen, Scott Wilmuth, Peter Golde - The C# Programming Language, Fourth Edition
- [2] David Sawyer McFarland - JavaScript & jQuery, The Missing Manual.
- [3] Paul Nielsen, Uttam Parui, Mike White - Microsoft SQL Server 2008 Bible

# NOSQL MODEL PODATAKA: KAKO MODELIRATI GRAFOVSKI ORIJENTISANO?

## NOSQL DATA MODEL: HOW TO MODEL GRAPH-ORIENTED

Olivera Janković  
 "ORAO" a.d.  
 Bijeljina, BiH

**Sadržaj** – Pojava NoSQL baza podataka otvara i nudi novi svijet rješenja nastalih kao odgovor na sve veće potrebe okruženja u domenu problema skladištenja podataka. U radu će biti dat prikaz jednog od četiri osnovna NoSQL modela baza podataka, koncept baza podataka orijentisan ka grafovima i u tom kontekstu, kroz ilustrativne primjere korištenja OrientDB baze podataka, prikazano bazno modelovanje koje karakteriše upotreba graf strukture.

**Abstract** - The emergence of NoSQL database opens and offers a new world of solutions which is created in response to the growing needs of the environment in the domain of the problem of data storage. This paper will be presented one of the four basic models of NoSQL databases, the concept of database graph-oriented and in this context, through illustrative examples of using OrientDB database, will be shown the base modeling, which is characterized by using the graph structures.

### 1. UVOD

Tokom posljednjih dvadesetak godina mnogo toga se mjenjalo u svijetu računarske tehnike. Svjedoci smo promjena u oblasti programskih jezika, arhitekture, platforme, .... No nešto, za šta se u velikoj mjeri može reći da je kroz svo to vrijeme gotovo konstanta, kada se govori o rješenjima način skladištenja podataka, svakako su relacije baze podataka. Naravno, u međuvremenu je bilo manje ili više uspješnih pokušaja sa nekim drugim rješenjima, ali u cjelini pitanje smještanja podataka se najčešće i u najvećoj mjeri svodilo na pitanje koju relacionu bazu podataka izabrati za korištenje.

Stabilnost vladavine ovog rješenja izrazila se kroz odgovarajuće vrijednosti, koje su se prije svega ogledale kroz stabilnu pohranu podataka, koja je bila široko prihvaćena, dobro razumljiva i dostupna iz mnogih programskih jezika, raznim aplikacijskim platformama. Nesporno je da su relacije baze podataka moćan alat koji se vjerovatno koristi i u narednim decenijama ali ono što je izvjesno je i da neće biti jedine baze podataka u upotrebi. Naime, potrebe okruženja iziskuju nove tehnologije za upravljanje podacima, a pojedine aplikacije i istovremeno korištenje više različitih tehnologija za upravljanje podacima [1]. To za sa sobom nosi imperativ upoznavanja sa tim tehnologijama od strane projekatanta i dizajnera aplikacija, i u krajnjem

moćnost procjene i odabira onih koje će biti u skladu sa izraženim potrebama datog sistema.

Koncept baza podataka koji se sve više, posebno u domenu velikih količina podataka (*big data*) i istovremenog pristupa velikog broja korisnika i odziva u realnom vremenu (real-time web aplikacije), smatra alternativom rješenjima sa relacionim bazama podataka su NoSQL baze podataka [2]. Iako još uvijek nedovoljno definisan, koncept NoSQL baza podataka u osnovi pored nerelacijskog ima i obilježje da podržava horizontalno skaliranje i replikaciju, te skup BASE<sup>1</sup> osobina (suštinski raspoloživ, nekonzistentno stanje, konvergentna konzistencija). Zagovornici NoSQL baza podataka tvrde da oni mogu graditi skalabilnije sisteme sa više performansi, koji su pri tome lakši za programirati.

Sama skraćena NoSQL<sup>2</sup> se interpretira kao „Ne samo SQL“ (Not only SQL) [3]. Postoje razni pristupi u klasifikaciji NoSQL baza podataka, svaki s različitim kategorijama i podkategorijama, ipak osnovna klasifikacija se zasniva na modelu podataka.

U nastavku je dat prikaz jednog od četiri osnovna NoSQL modela baza podataka, koncept baza podataka orijentisan ka grafovima i u tom kontekstu pristup u kome dominira grafovski orijentisan način razmišljanja, te kroz ilustrativne primjere korištenja OrientDB baze podataka prikazano modelovanje orijentisano ka grafovima.

## 2. NOSQL BAZE PODATAKA ORIJENTISANE KA GRAFOVIMA

### 2.1. Podjela NoSQL baza podataka

U kontekstu modela podataka uobičajena je sledeća podjela NoSQL baza podataka:

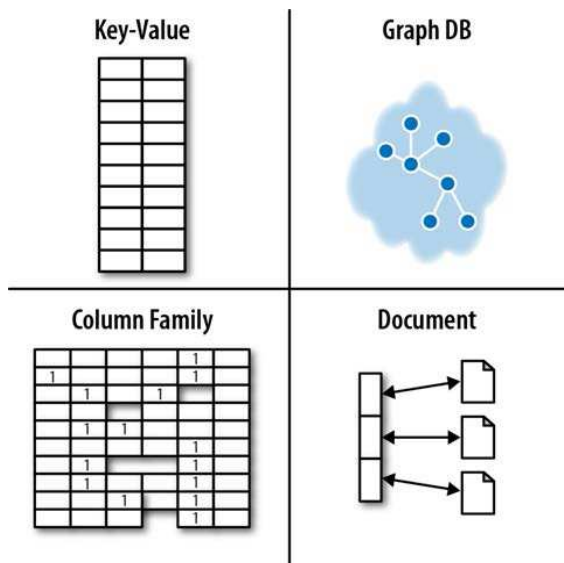
- Skladišta podataka tipa ključ-vrijednost (*Key-Value Store*);
- Kolonski orijentisano skladište podataka (*Column-Oriented Store*);

<sup>1</sup> BASE (**B**asically **A**vailable, **S**oft state, **E**ventual consistency) - za razliku od relacionih DBMS koji podržavaju ACID (**A**tomicity, **C**onsistency, **I**solation, **D**urability)

<sup>2</sup> Termin se prvobitno pojavio na neformalnom sastanku 11. juna 2009. god. u San Francisku

- Baze podataka orijentisane ka dokumentima (*Document-Oriented Store*);
- Baze podataka orijentisane ka grafovima (*Graph Database*).

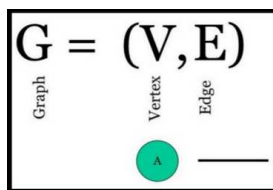
Ova klasifikacija, kao što je pokazano na Sl. 1, dijeli aktuelni NoSQL prostor u četiri kvadranta [4] sa predhodno pomenuta, pripadaju četiri elementa. Način smještanja u svakom kvadrantu rješava različite vrste slučajeva funkcionalne upotrebe, iako i nefunkcionalni zahtjevi mogu snažno uticati pri izboru baze podataka [5]. U nastavku će biti dat naglasak na jedan kvadrant, onaj koji se odnosi na graf baze podataka (Graph DB).



Slika 1. NoSQL kvadrant skladištenja podataka

## 2.2. Graf baze podataka

Formalno, graf (Sl. 2). je jednostavno skup vrhova (*vertices*) i ivica (*edge*) ili u manje formalnom jeziku, skup čvorova (*nodes*) i odnosa (*relationship*) koji ih povezuju [6]. Grafovi predstavljaju entitete kao čvorove i načine na koji se ti entiteti odnose u stvarnom svijetu kao veze među entitetima. Ovakav opšti pristup, omogućava modele u svjetlu raznih scenarija, poput putnih sistema (putne mape), lanaca snabdijevanja, široko rasprostranjenih društvenih mreža, bioinformatiki i šire.



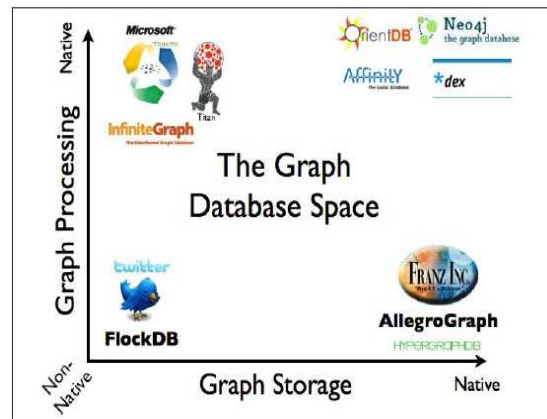
Slika 2. Graf kao uređen par  $G = (V, E)$

Grafovi su izuzetno korisni za razumjevanje širokog spektra setova podataka velike raznovrsnosti, u dominantnim područjima kao što su nauka, vlast i biznis. Stvarni svijet, za razliku od modela temeljenog na modelima relacionih baza podataka, veoma je bogat i međusobno povezan, u nekim slučajevima jedinstvenim i na pravilima baziranim vezama sa jedne strane i

specifičnim i nepravilnim vezama sa druge strane. Često se može pročitati da ko jednom savlada i razumije grafove počinje da ih vidi svugdje i u svim situacijama. Gartner (poznata svjetska analitička kompanija), na primjer, identifikuje pet grafova<sup>3</sup> [7] u svijetu (socijalni (društveni) graf, graf interesovanja, graf potrošnje, graf namjera, graf mobilnih podataka) i predviđa da je sposobnost da se iskoriste ovi grafovi ujedno i jedan od preduslova "održive konkurentske prednosti".

Graf baze podataka adresiraju na jedno od makroskopskih poslovnih trendova današnjice: usklađivanje kompleksnih i dinamičnih odnosa u visoko povezanim podacima (*highly connected data*) kako bi se stekao uvid i postigla konkurentska prednost. Bez obzira da li je cilj razumjeti odnose između prodavača i kupaca ili gena i proteina, mogućnosti da se iskoriste, razumiju i analiziraju, ogromni grafovi visoko povezanih podataka (elementi međusobno povezani neodređenim brojem veza), smatra se bitno ključni za određivanje koje će kompanije preuzeti vođstvo u narednoj deceniji.

Graf baza podataka je online sistem za upravljanje bazom podataka sa operacijama kreiranja, čitanja, ažuriranja i brisanja (**Create, Read, Update, Delete (CRUD)**) koje reprezentuju graf model podataka. Graf baze podataka su uglavnom izgrađena za potrebe transakcionih sistema (OLTP). Shodno tome, najčešće su građene za potrebe transakcione obrade, obično optimizovane performanse transakcije, i projektovane imajući u vidu transakcijski integritet i operativnu dostupnost.



Slika 3. Pregled prostora graf baza podataka

Postoje dvije osobine graf baza podataka koje treba razmotriti kada se istražuju tehnologije graf baza podataka: karakteristika skladištenja i mehanizam procesiranja (*processing engine*) podataka. Neke graf baze podataka koriste nativno graf skladištenje koje je optimizovano i dizajnirano za skladištenje i upravljanje grafovima. Međutim ne koriste sve tehnologije graf baza podataka nativno grafik skladištenje. Neki serijalizuju graf podatke u relacionu bazu podataka, objektno orijentisanu bazu podataka, ili neko drugo skladište

<sup>3</sup> Social Graph, Interest Graph, Intention Graph, Consumption Graph, Mobile Graph



podataka opšte namjene. Važno je napomenuti da nativno graf skladištenje i nativna graf obrada ne moraju biti ni dobri ni loši sami po sebi, oni su jednostavno klasični kompromisi u inženjeringu. U tom smislu Sl. 3 daje pregled nekih od aktuelnih graf baza podataka na današnjem tržištu i ilustruje njihovo mjesto u kontekstu pomenutih karakteristika skladištenja i obrade.

### 2.3. Modelovanje korištenjem graf modela podataka

Modelovanje je u svojoj osnovi apstraktna aktivnost motivisana zahtjevanom potrebom ili određenim ciljem. Od modelovanja se očekuje spoznaja konkretnih aspekata nekog domena u prostor u kome se isti mogu predstaviti određenom strukturom i kojima se može upravljati. Pri tome ne postoji potpuna, prirodna prezentacija posmatranog domena kakav on u stvari jeste, već samo manje/više svrsishodan izbor, apstrakcije i pojednostavljenja od kojih su neki više korisni od ostalih u kontekstu zadovoljenja određenog cilja. U tom smislu se ne razlikuju ni reprezentacije korištenjem grafova. Ono što ih čini različitim od ostalih tehnika modelovanja podataka je neposredna bliskost logičkog i fizičkog modela (npr. relacioni model upravljanja podataka zahtijeva prvo reprezentaciju u formi logičkog modela a zatim prevođenje u fizički model).

Modelovanje korištenjem grafova se prirodno uklapa u način na koji smo mi skloni da apstraktno istaknemo detalje nekog domena, crtajući pri tome na primjer krugove i okvire (posebno izdvajajući objašnjena), a zatim determinišemo i opišemo veze između stvari vezujući ih strelicama. Ono što je posebno interesantno u vezi graf modela je činjenica da oni ne samo komuniciraju kako mislimo da su stvari povezane, već se sa njih jasno pronalaze odgovori na razne vrste pitanja koja želimo da saznamo vezano za reprezentovani domen, odnosno graf modeli i upiti nad grafovima su zapravo samo dvije strane iste medalje.

Kao što je već pomenuto „imovinu“ grafa čine čvorovi, veze (odnosi) i svojstva (*properties*). Čvorovi posjeduju određena svojstva, podatke koji ih opisuju, i međusobno su povezani odnosima (grane, potezi). Veze imaju smjer, oznaku (*label*) i početni i krajnji čvor. Zajedno, smjer i oznaka veze utiču na čvrstinu semantike u strukturiranju čvorova. Kao i čvorovi i veze mogu imati svojstva, što daje dodatnu semantiku odnosima i posebno je korisno za obezbjeđivanje dodatnih metapodatke (npr. za graf algoritme).

Bez obzira na činjenicu da se mnogo toga može modelovati po uzoru na graf, važna činjenica je i da živimo u svijetu pragmatičnog budžeta, vremenskih rokova i korporativnih standarda. Graf baza podataka pruža snažnu (ali novu!) tehniku modelovanja podataka, što samo po sebi ne pruža dovoljno opravdanja za zamjenu dobro organizovanih i razvijenih, dobro razumljivih i prihvaćenih platformi podataka. Da bi se

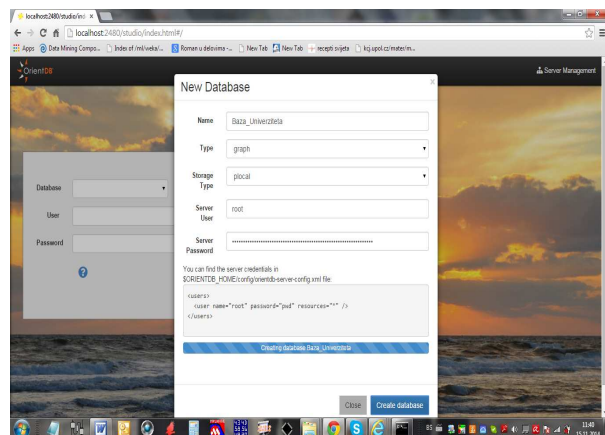
nešto promijenilo mora prije svega postojati i neposredna i veoma značajna praktična korist.

U slučaju graf baza podataka, ova motivacija postoji i dolazi kroz brojne aplikacije, slučajevne upotrebe i uzorke podataka kod kojih se performansa poboljšava za jedan ili više redova veličine u slučaju implementacije korištenjem grafova, pri čemu je kašnjenje znatno niže u odnosu na skupnu (batch) obradu. Na vrhu performansi graf baza podataka je činjenica da nude izuzetno fleksibilan model podataka i način isporuke koji je usklađen sa današnjom praksom agilne isporuke softvera.

Kao što se može vidjeti graf model podataka je jednostavan, ali istovremeno i izražajan alat za predstavljanje povezanih podataka. Graf baze podataka treba da omogući i olakšaju razvoj aplikacija koje manipulišu graf modelom podataka. Postoji više dobro poznatih projekata graf baza podataka različitih osobina i različitih mogućnosti. U nastavku su dati ilustrativni primjeri, bazni reprezentivi modelovanja podataka posmatrano kroz prizmu OrientDB graf baze podataka.

### 3. ORIENTDB

OrientDB je projekat otvorenog koda (*open source*) [8] (sponzorisan od strane Orient Technologies, LTD.) besplatan za sve namjene, objavljen pod Apache v2 licencom. Sama instalacija, nakon što se odgovarajuća verzija skine sa zvanične web stranice OrientDB (korištena ver. 1.7.9), se svodi na pokretanje datoteke server.bat (korišten Windows 7). Prethodno je potrebno imati instalirano Java okruženje - JDK (*Java Development Kit*) verzija 6 ili viša (zbog brzine preporučuju se verzija 8).



Slika 4. Kreiranje baze podataka korištenjem Studio web interfejsa

Studio je web interfejs koji se koristi za administraciju OrientDB, a koji dolazi u sklopu OrientDB distribucije. Nakon instalacije OrientDB može mu se pristupiti putem URL-a: <http://localhost:2480>, što se može vidjeti na Sl.4. Studio početna stranica (*homepage*) je polazno mjesto koje pored ostalog omogućava:

- kreiranje nove baze podataka
- pristup postojećoj bazi podataka

- brisanje baze podataka
- import baze podataka
- funkcionalnosti vezane za upravljanje serverom (*Server Management*) kao što su konekcije, konfiguracija i skladištenje.

Da bi se kreirala nova baza podataka u ovom primjeru nazvana Baza\_univerziteta<sup>4</sup>, potrebno je pronaći zapis koji sadrži podatke za autorizaciju (*server credentials*), a koji se nalazi u \$ORIENTDB\_HOME/config/orientdb-server-config.xml datoteci. U kontekstu kreiranja baze podataka potreban je password za šifru root, koji je izdvojen iz pomenutog xml fajla i prikazan na Sl. 5. (kao što se vidi sa slike default password nije u formi pogodnoj za pamćenje, moguće ga je promijeniti/prilagoditi direktno u xml fajlu).

```
<users>
  <user name="root" resources="*" password="48155B918ED91E34275944B2AF85C613362C2566501A00" />
  <user name="quest" resources="connect,server.listDatabases,server.dblist" password="quest" />
</users>
```

Slika 5. Dio orientdb-server-config.xml koji sadrži password za root šifru

OrientDB graf model reprezentuju svojstva grafa, koja su definisana sa:

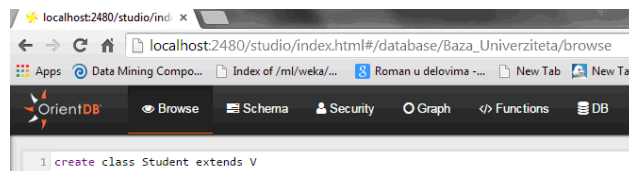
- *Vertex* – entitet koji može biti povezan sa drugim kvorovima koje karakterišu sledeća obavezna svojstva:
  - jedinstven identifikator,
  - set ulaznih veza,
  - set izlaznih veza.
- *Edge* – entitet koji veže dva kvora i ima sledeća obavezna svojstva:
  - jedinstven identifikator,
  - veza ka dolaznom kvoru (poznat i kao glava),
  - veza ka odlaznom kvoru (poznat i kao rep),
  - oznaka ili labela koja definiše tip veze/odnosa između glava i rep kvora.

Pored obaveznih svojstava svaki kvor i veza može sadržavati set dodatnih svojstava koja može definisati sam korisnik u skladu sa potrebama sistema. U tabeli, prikazanoj na Sl. 6 može se vidjeti komparacija osnovnih termina relacionog modela, graf modela i OrientDB graf modela podataka.

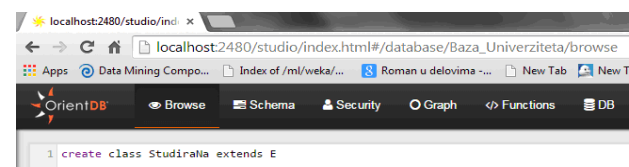
Relational Model	Graph Model	OrientDB Graph Model
Table	Vertex and Edge Class	Class that extends "V" (for Vertex) and "E" (for Edges)
Row	Vertex	Vertex
Column	Vertex and Edge property	Vertex and Edge property
Relationship	Edge	Edge

Slika 6. Komparacija baznih termina relacionog modela, graf modela i OrientDB graf modela podataka

Iako, neposredno nakon kreiranja, baza podataka (Baza\_univerziteta) ne sadrži podatke, uvidom u šemu<sup>5</sup> (korištenjem opcije Schema Manager) može se vidjeti da nije prazna – OrientDB dolazi sa određenim brojem predefinisanih tipova, od kojih je potrebno pomenuti dvije generičke klase, V (*Vertex*) i E (*Edge*). Za ilustraciju graf modela biće kreirane dvije klase (klasa je koncept preuzet iz objektno orijentisane paradigme) Student (Sl. 7) i Fakultet tipa V i klasa StudiraNa tipa E (Sl. 8).

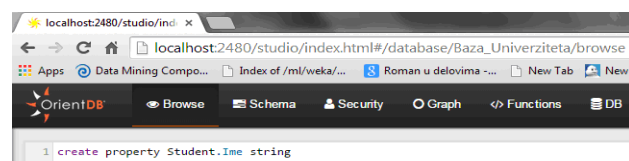


Slika 7. Kreiranje klase Student tipa V (Vertex)

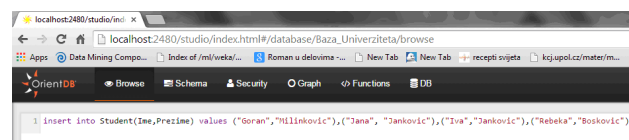


Slika 8. Kreiranje klase StudiraNa tipa E (Edge)

Kada je klasa kreirana mogu se kreirati njena svojstva (Sl.9), odnosno polja (*field*) klase i nakon toga izvršiti punjenje podataka za tu klasu (Sl. 10.).



Slika 9. Primjer kreiranja svojstva Ime za klasu Student



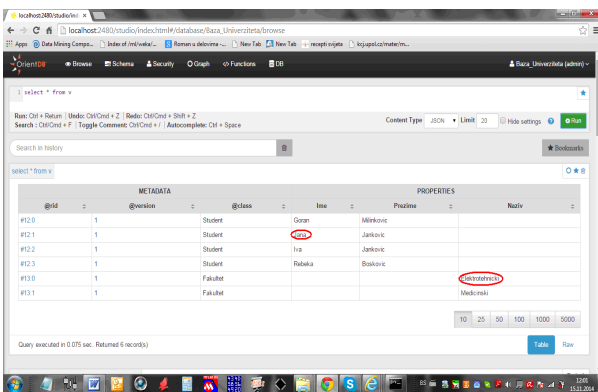
Slika 10. Prikaz insertovanja podataka za klasu Student

<sup>4</sup> Za ilustraciju se neće koristiti socijalni domen sa klasičnom paradigmom prijatelj prijatelja (*friend of friend*) gdje su graf baze podataka čvrsto u širokoj upotrebi; namjera je pokazati kako misliti/modelovati grafički – na primjeru klasičnog domena kao što je to svjet obrazovanja.

Na Sl. 11 su prikazane obe klase tipa V, i njima pripadaju i podaci. Kao što se može vidjeti sa slike prvo polje svakog zapisa (sloga) Kni polje @rid. U OrientDB svakom zapisu se dodjeljuje samostalni jedinstveni

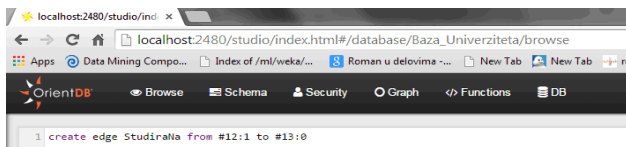
<sup>5</sup> OrientDB podržava rad sa i bez šeme baze podataka

identifikator ID u bazi podataka pod nazivom Record ID ili RID. Sastoji se od dva dijela, identifikatora klastera (svaka klasa ima klaster, svi zapisi jedne klase se smještaju u isti klaster) i pozicije sloga unutar klastera.

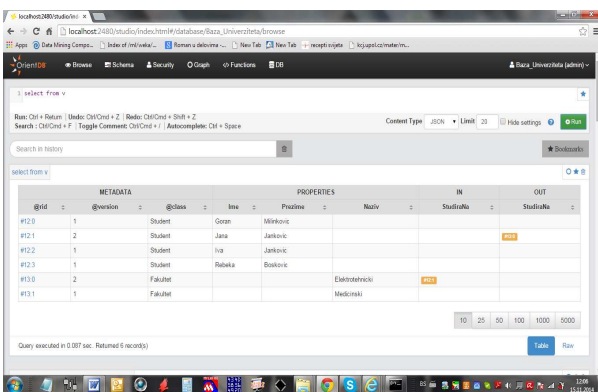


Slika 11. Selektovanje primjeraka klasa tipa V za kreiranu bazu

Kreiranje veze između dva kvora (označena na Sl. 11), kvora RID = #12:1 (Jana) i kvora RID = #13:0 (Elektrotehnicki) prikazano je na Sl. 12, dok se rezultati kreiranja (out: [#13:0] in: [#12:1]) mogu vidjeti na Sl. 13, te vizuelizacija grafa nastalog ovom vezom na Sl. 14 (dva povezana kvora).



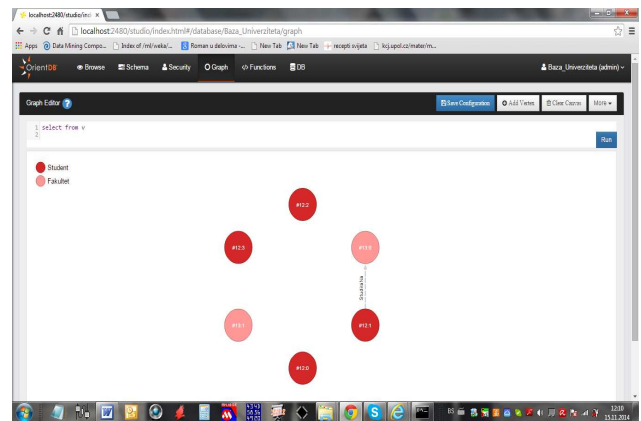
Slika 12. Kreiranje veze između kvora RID = #12:1 i kvora RID = #13:0



Slika 13. Selektovanje primjeraka klasa tipa V i tipa E za kreiranu bazu

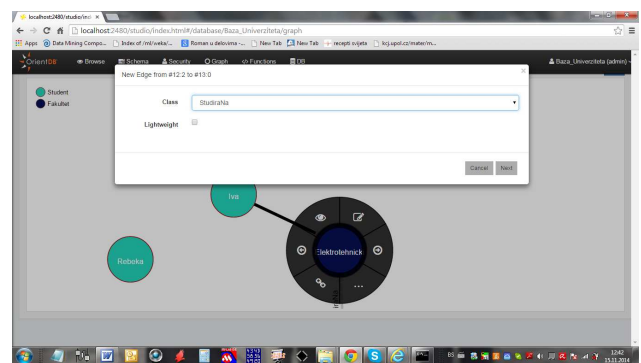
Kreiranje grafa, odnosno pripadajućih mu elemenata, kao što se može i očekivati moguće je i korištenjem graf editora (opcija *Graph Editor*) koji osim za vizuelizaciju (Sl. 14) služi za interakciju sa grafom i njegovu modifikaciju (Sl. 15). Na Sl.15 je prikazan postupak kreiranja veze između kvora RID = #12:2 i kvora RID = #13:0 korištenjem grafičkog editora, a na Sl. 16 vizuelizacija nastavka postupka modelovanja i nešto izmjenjen prikaz samog izgleda (npr. promjena boje i

oznake kvora) odabirom nekih od opcija koje nudi modelovanja grafova korištenjem grafičkog editora.

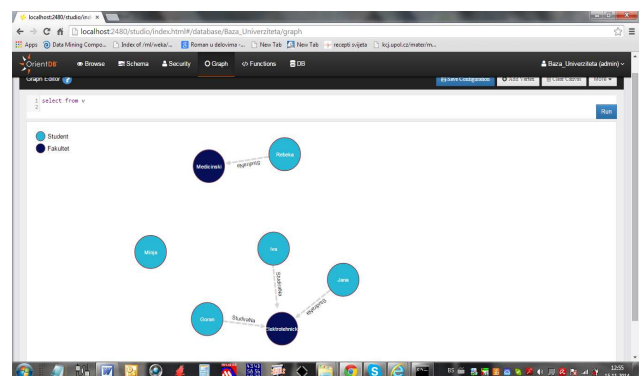


Slika 14. Vizuelizacija grafa u grafičkom editoru

Dalje kreiranje modela (Sl.16) u svojoj osnovi se zasniva na predhodno ilustrovanim koracima, a njihov broj i kompleksnost zavisi od karakteristika i potreba domena koji se modeluje.



Slika 15. Kreiranje veze između kvora #12:2 i kvora #13:0 korištenjem grafičkog editora



Slika 16. Vizuelizacija postupka modelovanja u graf editoru

Važno je naglasiti da nakon što se postigne dobro povezana baza podataka moguće je „proći“ kroz zapise (dohvaćanje spojenih zapisa kroz veze, eng. *traversal*) umjesto da se vrši upit nad njima (query vs traversal), što je usko vezano za RID (*Record ID*) koji predstavlja fizički položaj zapisa unutar baze podataka. To znači da učitavanja zapisa korištenjem njegova RID se dešava

brzo, kak i uz rastu u bazu podataka. OrientDB upravlja vezama kao fiziĸkim linkovima, Ńto znaĸi da je odnos dodjeljen jednom kada je veza izmeu dva kvora (Edge) kreirana (složenost  $O(1)$ ), za razliku od RDBMS koji izraĸnava odnos svaki put kada se izvrši upit nad bazom podataka (složenost  $O(\log N)$ ). Brzina prolaza ne zavisi od veliĸne baze podataka u OrientDB, ona je konstantna (konstantna složenost  $O(1)$ ) bez obzira da li se radi o jednom ili milijardu zapisa. Ovo je posebno znaĸajno u eri tzv. velikih podataka (*Big Data*).

Korištena verzija OrientDB se svrstava u primjer koji ima obiljeųa i dokument i graf modela sistema za upravljanje podataka DBMS, dok prema dokumentaciji sa zvaniĸnog web sajta, OrientDB ver 2.0 [9] podrųava sva ĸetiri tipa NoSQL baza podataka, tako da se u tom sluĸaju OrientDB moųe koristiti kao zamjena za bilo koji proizvod iz jedne od tih kategorija. Kao glavni razlog koji ide u prilog odabira OrientDB navode njegova sposobnost da djeluje kao pravi multi-DBMS model kombiniraju ĸi sve znaĸajke ĸetiri modela u jednu. (Procjena multi-modela ne treba da se odnosi samo u odnosu na pripadaju ĸi interfejs nego i suštinsku podrųku za sva ĸetiri modela. To je ujedno i glavna razlika izmeu raznih modela DBMS koji tvrde da su multi-model, pri ĸemu samo omogu avaju dodatni sloj sa aplikacionim programskim interfejsom API koji oponaųa druge modele, ali ispod, u suštini oni su doista jedan model, Ńto kao posledicu ograniĸava brzinu i skalabilnost)

#### 4. ZAKLJUĸAK

Izbor pravog formata baze podataka je svakako fundamentalan za informacione sisteme, jer format baze podataka odrevuje vrstu podataka koje baza podataka moųe podrųati. Pojava NoSQL baza podataka usko se moųe posmatrati kao odgovor na izazove koji dolaze od podataka koje karakteriųe sve ve ĸi volumen i brze promjene, pri ĸemu su sve viųe strukturno razliĸiti da bi to mogle rijeųiti tradicionalne RDBMS implementacije. Graf baze podataka su dio aktuelnog NoSQL prostora ĸija upotreba dobija na popularnosti, koje adresiraju na jedno od makroskopskih poslovnih trendova danaųnjice: usklaivavanje kompleksnih i dinamiĸkih odnosa u visoko povezanim podacima kako bi se stekao uvid i postigla konkurentska prednost.

Cilj autora je istraųiti alternativne mogu nosti skladiųtenja podataka u svjetlu zahtjeva aktuelnih karakteristika podataka vremena u kome se nalazimoo. U ovom radu je posve en prostor NoSQL graf orijentisanim bazama podataka potkrepljen ilustrativnim koracima modelovanja kroz prizmu OrientDB projekta koji zbog svojih karakteristika i u kontekstu prikazanog svakako zasluųuje paųnju.

#### LITERATURA

- [1] Redmond, E. and J. R. Wilson, Seven Databases in Seven Weeks: A Guide to Modern Databases and the NoSQL Movement, Pragmatic Bookshelf, 2012.
- [2] Sadalage, Pramod J. and M. Fowler, NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence, Addison-Wesley Professional, 2012.
- [3] Fowler, M., NoSQL Definition, 2012., <http://martinfowler.com/bliki/NosqlDefinition.html>
- [4] Feinberg, D. and A. Merv, and N. Heudecker, Magic Quadrant for Operational Database Management Systems, Gartner Group, 2013 <https://www.gartner.com/doc/2610218>
- [5] Jankoviĸ, O., NoSQL baze podataka i mogu nosti smjeųtanja podataka sa senzora, INFOTEH Jahorina 2015., podnesen za objavljivanje
- [6] Robinson, I. and J. Webber, and E. Eifrem, Graph Databases, Neo Technology, O'Reilly Media, 2013.
- [7] Valdes, Ray., The Competitive Dynamics of the Consumer Web: Five Graphs Deliver a Sustainable Advantage, Gartner, 2012.
- [8] Orient Technologies, LTD., <http://www.orienttechnologies.com/>
- [9] OrientDB Manual - version 2.0, Orient Technologies, LTD., <http://www.orienttechnologies.com/docs/last/OrientDB-Manual.pdf>

## AW Modeler – Software Tool for Polygonal Modeling and Quadrilateral Meshing

### AW Modeler – softverski alat za modelovanje poligonalnih struktura i njihovu segmentaciju na četvorougaoone elemente

Miodrag Tasic, Branko Kolundzija

*University of Belgrade – School of Electrical Engineering*

**Abstract** – *3D Electromagnetic solvers usually perform analysis of surface models built of the elements of the same type, mostly triangular or quadrilateral patches. However, many planar structures are suitable for the polygonal representation. Polygons must be additionally transformed into triangular or quadrilateral mesh. Manual meshing can be a tedious job, especially in the case of quadrilateral meshing. In this paper, we present the software for creation of polygonal models and their automatic conversion into models made of quadrilateral patches.*

**Sadržaj** – *Programski paketi za 3D elektromagnetsko modelovanje obično analiziraju modele sačinjene od površinskih elemenata istog tipa, najčešće trougaonih ili četvorougaoonih pločica. Međutim, mnoge planarne strukture jednostavno se modeluju poligonima. Poligoni se zatim moraju predstaviti trougaonim ili četvorougaoonim mrežama. Ručna segmentacija može biti zametan posao, pogotovo u slučaju segmentacije na četvorouglove. U ovom radu predstavljamo softver za kreiranje poligonalnih modela i njihovu automatsku konverziju u modele sačinjene od četvorougaoonih pločica.*

## 1. Introduction

3D Electromagnetic solvers are software tools which enable users to create geometrical model of the structure of interest and to perform its electromagnetic analysis. During this analysis, the software solves some kind of field equations, by transforming them into the systems of linear equations. The number of unknowns in the system reflects the electrical size of the problem. As a result of electromagnetic analysis one obtains field sources, or field itself. Geometrical modeling depends on the type of the field equations. If surface equations are employed, surface patches – usually triangular or quadrilateral – are used for analysis. Generally, it is easier to create triangular models, and they can better fit to particular geometry. However, quadrilateral models are much more efficient, needing less computer memory and CPU time for analysis [1]. Though there are many different procedures and tools for automatic quadrilateral meshing (starting from higher level surfaces, both planar and curvilinear), they mainly provide too dense meshes and,

consequently, too many unknowns. One procedure for quadrilateral meshing optimized for electromagnetic analysis is shown in [2]. Since it works with arbitrary shaped CAD models, it is rather complicated. On the other side, there is a wide class of planar models that can be successfully represented by polygonal models, e.g. printed antennas for mobile phones and WLAN in portable devices. For such models we need to deal with quadrilateral meshing of (flat) polygons only.

In this paper we present software tool for creation and quadrilateral meshing of polygonal models – AW modeler, which is WIPL-D Pro add-on tool [3]. We developed AW Modeler using Delphi programming language and Open GL graphics interface. In earlier work [4] AW Modeler users described use of AW Modeler for modeling of multilayer structure. For the very first time we, as authors of the software, describe this software, its procedures and features. In sections two and three we will illustrate two dominant aspects of AW Modeler: creation of the polygonal model and its quadrilateral meshing. In section four we will compare results of numerical analysis of different quadrilateral models of the same polygonal model – this is very important for proper use of meshing capabilities.

## 2. Creation of Polygonal Model

AW Modeler uses two kinds of building elements: flat polygons and cylinders. A polygon is defined by a set of consecutive coplanar nodes and represents the surface inside the polygonal line (connected lines between the polygon's nodes). A cylinder is defined by two nodes – its axis, and two radii (at the axis ends). Cylinders represent wires which, essentially, are used for attachment of generators. Nodes can be specified in two ways: by entering their coordinates in Descartes coordinate system using keyboard, or by snapping to some existing nodes using mouse. The snap also works with uniform and non-uniform plane grids, which can be easily created. Full support for symbolic dimensioning is provided. The most of the options are available through main menu and also through context (popup) menus. This way the options can be reached by simple right-click at any place on the screen – the hand which holds the mouse doesn't need to

move too much (left-right click is functional at any place), and the other hand is free to use the keyboard. In authors experience this kind of (drawing) work minimizes efforts and maximizes productivity.

The structure is represented by its surfaces, modeled by polygons. Obviously, each polygon is at the boundary of two domains – that is property of the polygon. Coplanar polygons can overlap: their intersection inherits the property of the top level polygon. Initially, top level polygon is the one which is last drawn, but the order can be easily changed. To avoid ambiguity in graphical display of overlapping polygons, both intersection and complement of the polygons are represented by triangular mesh, which is then displayed.

Creation of polygonal model will be illustrated on one specific example: a printed antenna for mobile and WLAN services [5]. This antenna is chosen due to its shape, difficult for manual quadrilateral modeling, but quite simple for manual polygonal modeling. The antenna has metal patterns from both sides of thin dielectric substrate. Dimensions are given in [5], and the final polygonal model made in AW Modeler is shown in Figs. 1 and 2.

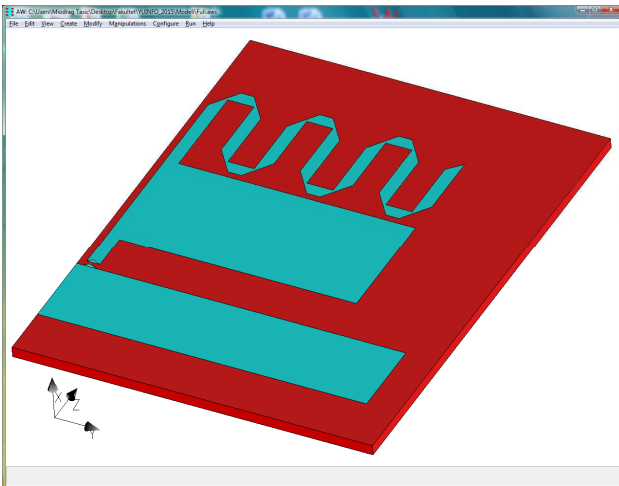


Fig. 1. Polygonal model of the antenna – top view

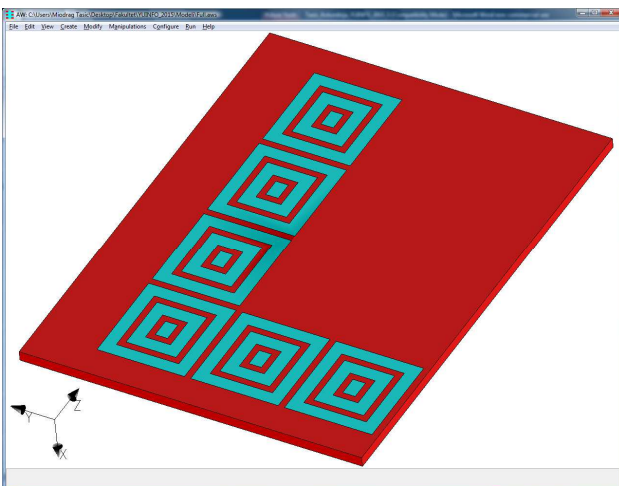


Fig. 2. Polygonal model of the antenna – bottom view

Red color represents dielectric substrate, whereas cyan represents metal patterns. Top surface (Fig. 1) is modeled with three polygons: red rectangle is top surface of the substrate, whereas two cyan polygons represent metal – rectangle represents ground and the multi-segment polygon is a monopole with meander line. The procedure of creating this multi-segment polygon is shown in Fig. 3. The supporting non-uniform grid with characteristic  $y$  and  $z$  coordinates is created first, then it is a simple job to click the polygon nodes using mouse (the first and the last nodes are connected using option Close Polygon).

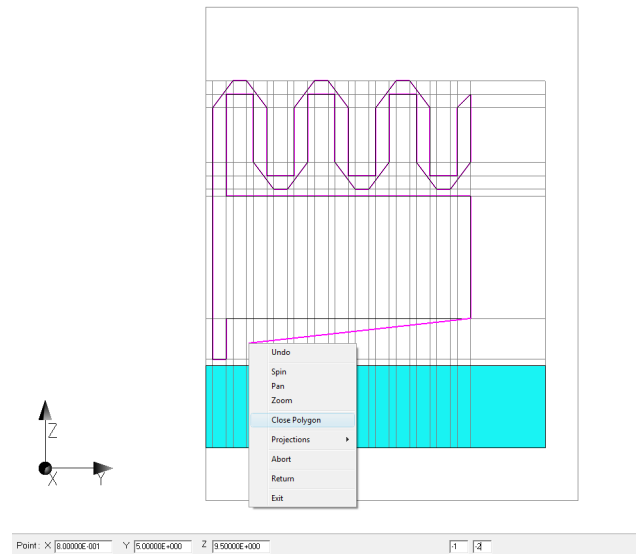


Fig. 3. Creating the monopole with the meander line

Note that  $x$ ,  $y$ , and  $z$  coordinates are available for the keyboard entry at any time through Point: X, Y and Z edit fields, so as two domains of the polygon. Red rectangle is created at a latter time and reordered to the bottom level. Since, for simplicity, we didn't add a thickness to the metal patterns, the top three polygons represent unique surface: infinitely thin metal between substrate and air (cyan part) and boundary between substrate and air (red part).

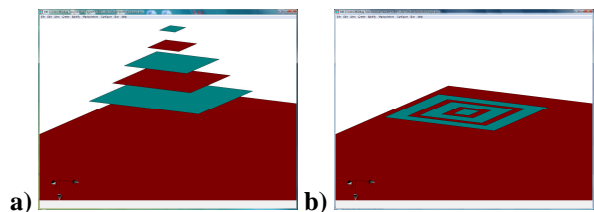


Fig. 4. (a) Drawing order of polygons for a single cell, (b) A single cell of five overlapped polygons

Bottom surface (Fig. 2) is created starting from a single cell. A single cell consists of five overlapping polygons – order of creation of elementary polygons is shown in Fig. 4a (the smallest polygon is created last), and the final

result is shown in Fig. 4b. This cell (i.e. these five polygons) is then selected and copied required number of times (five times, for total of six cells; copies can be easily moved at desired location). Finally, lateral sides of the substrate are modeled with a single rectangle per side. We have totally 38 polygons (3 for top side, 31 for bottom side, 4 for lateral sides). However, we drawn only 13 of them (5 cells, i.e. 25 polygons are simply copied).

Feeder between the monopole with the meander and the ground is here simply modeled with two trapezoidal polygons and two wires (one of which carries a generator), as in Fig. 5. Note that intention here is not to obtain a high agreement with the results in [4] – it would require careful modeling of feeding zone– but rather to compare different meshing techniques.

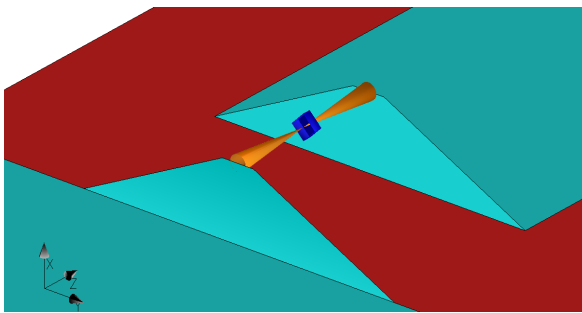


Fig. 5. Feeder modeling

Quadrilateral mesh (of the polygonal model in Figs. 1-2) using additional nodes is shown in Figs. 6-7.

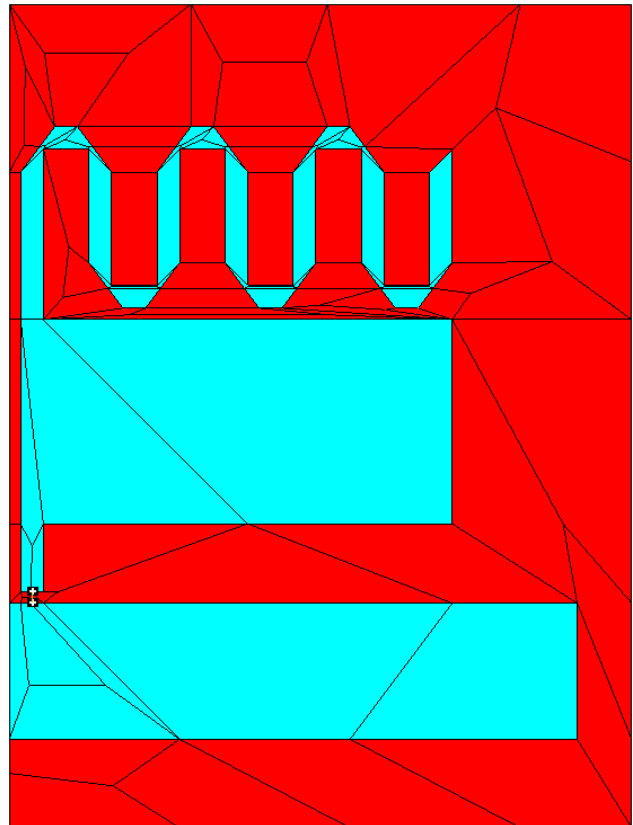


Fig 6. Quadrilateral mesh using additional nodes – top view

### 3. Quadrilateral Meshing

Meshing of a polygonal model in AW Modeler is essentially performed as described in [6]. Briefly, the procedure has following steps:

1. starting from overlapping coplanar polygons obtain connected complex polygons (complex polygon consists of outer boundary and arbitrary number of inner boundaries; each boundary is one simple polygon), then
2. transform all odd polygons (polygons with odd number of segments) to even polygons, then
3. perform independent quadrilateral meshing of individual polygons, and
4. refine the mesh – the polygon which shape is not satisfying (quality shape factor is defined in [6]) is merged with neighboring polygon into hexagon, which is then meshed into quadrilaterals.

There are few additional meshing tools that can be used in AW modeler. First, additional nodes could be automatically inserted onto relatively long edges (as projections of close nodes). Second, all polygonal lines can be projected to the close (near) parallel surface, resulting in similar meshes in that surfaces. This feature is called total imaging. Finally, meshing can be performed along manually created grids.

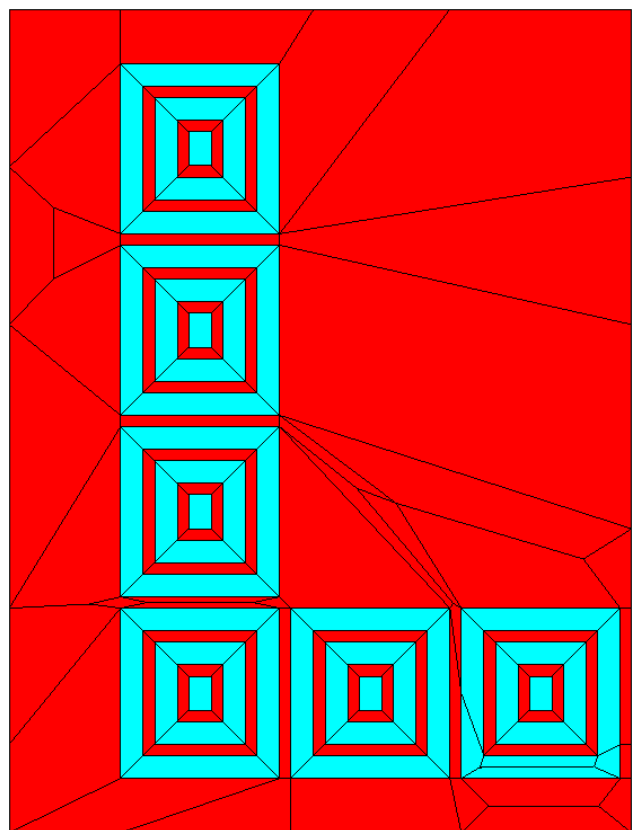


Fig 7. Quadrilateral mesh using additional nodes – bottom view

Quadrilateral mesh (of the polygonal model in Figs. 1-2) using total imaging is shown in Figs. 8-9.

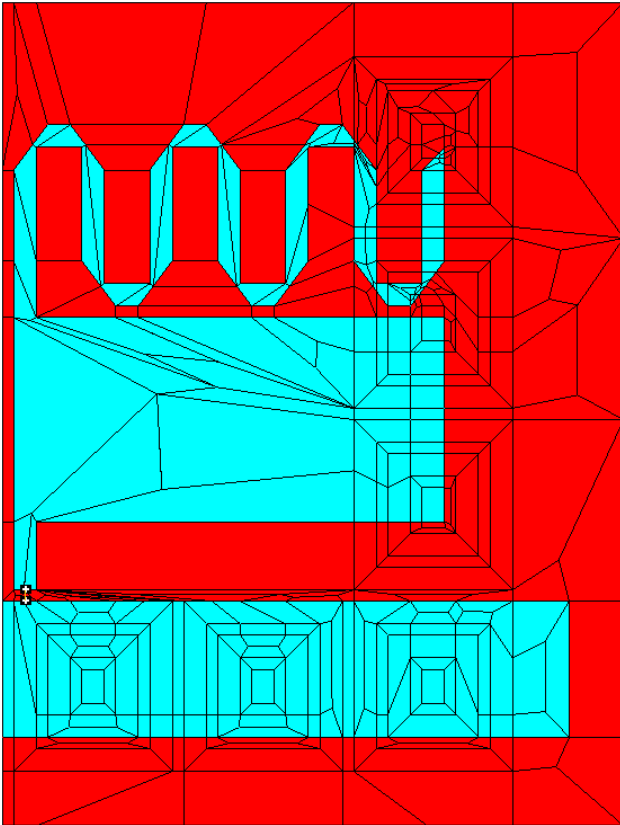


Fig 8. Quadrilateral mesh using total imaging – top view

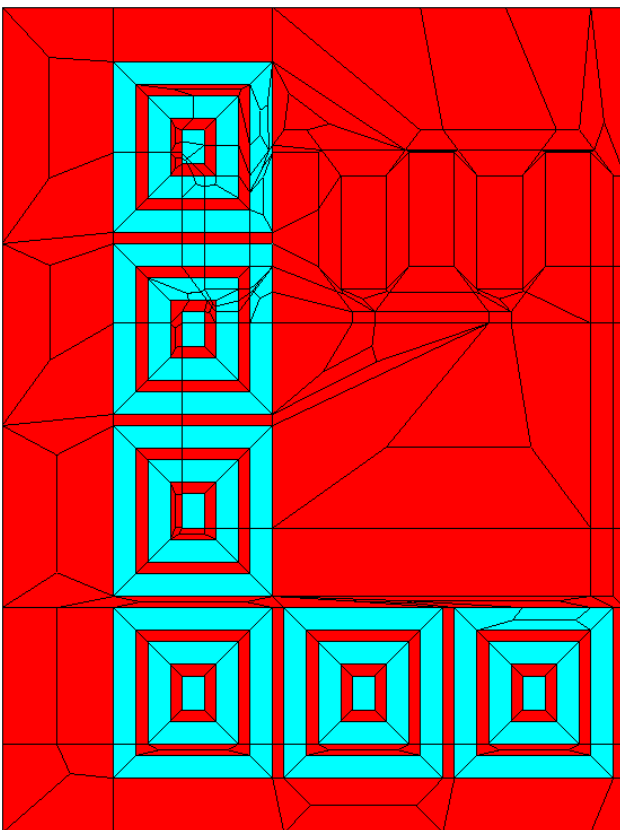


Fig 9. Quadrilateral mesh using total imaging – bottom view

Generally, accuracy of analysis using WIPL-D Pro software [7] depends of the shape quality of quadrilaterals [6]. Ideal shape is a square, and any significant deviation from it (e.g. very sharp angles, or large disproportion between lengths of edges) will result in less accurate current distribution (on the surface of such quadrilateral). Additional nodes can improve resulting mesh by decreasing edge lengths differences, and, consequently, decreasing the number of sharp angles. In Figs. 6-7 we can see nodes along edges (of the red rectangle) which do not exist in original polygons (there is a parameter that controls this node insertion, documented in AW Modeler's help).

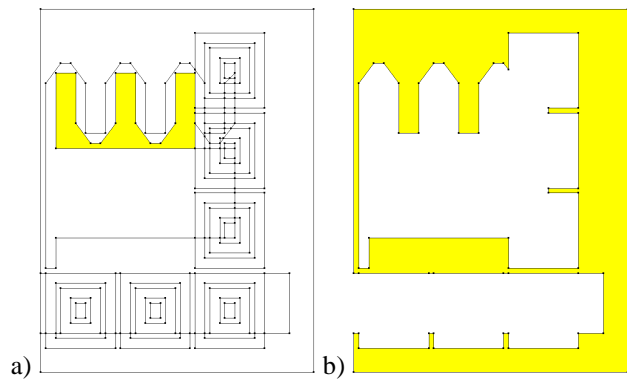


Fig 10. Application of total imaging on the top surfaces of the model, (a) initial and projected polygons, (b) a complex polygon

Another problem may occur if a model contains very close parallel surfaces. Experimental results show that, in that case, accuracy is improved if such surfaces are similarly meshed. This is enabled using total imaging feature. The effect of using total imaging is shown in Fig. 10, for the top surface (before it is meshed, Fig. 8). Cells from the bottom surface are projected on the top surface, and all of these polygons are mutually intersected, resulting in new polygons. In Fig. 10a all initial and projected polygons are shown, whereas one of the new polygons, with 19 segments, is colored in yellow. In Fig. 10b a complex polygon, the result of intersections of polygons in Fig. 10a, is shown. The complex polygon has a single inner boundary (with 32 segments), and outer boundary with 26 segments. It defines a surface in the outer boundary, but out of the inner boundary. A total number of a complex polygon segments is a sum of all its segments (inner and outer). A polygon with odd number of segments cannot be presented with quadrilateral mesh, so a single node (or odd number of nodes) must be added to its edge. However, in order to preserve connectivity, a same node must be added to all polygons which share the same edge. The procedure for converting all odd polygons into even ones can spoil symmetry (which otherwise exists) between the top and the bottom surface, so quadrilateral mesh of those two surfaces can be different. We can see this in Figs. 8-9 – meshes are similar to some extent (note that bottom view is 180 degrees rotated along vertical axis).



Of course, ideal mesh would be made of squares (or, closely, rectangles) only. Meshing along (manually made) grids can provide similar effect. One such mesh, of the polygonal model in Figs. 1-2, using very dense grid, is shown in Fig. 11. We see that it has much more quadrilaterals than meshes in Figs. 6-9. In most situations such high number of quadrilaterals is unnecessary, but it is suitable as reference model (for the highest accuracy of electromagnetic analysis).

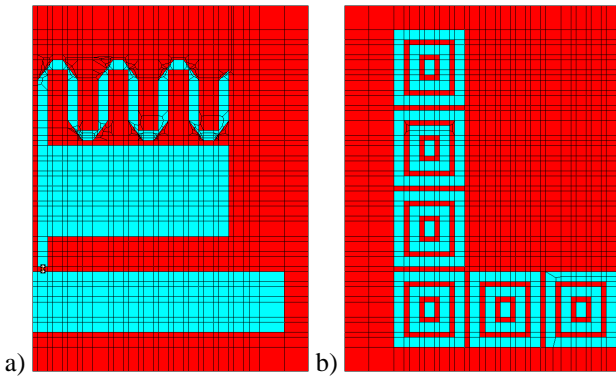


Fig 11. Quadrilateral mesh using dense grids – (a) top view, (b) bottom view

#### 4. Results of Electromagnetic Analysis

AW Modeler’s output result is quadrilateral model prepared for electromagnetic analysis using WIPL-D Pro software [7]. “AW” in AW Modeler stands for AutoCAD to WIPL-D, since, at first, the software was just a converter from DXF polyline models to WIPL-D quadrilateral models. This functionality is preserved, so AW Modeler can import DXF model (made of 3D polylines in basic version, whereas top level version can deal with menu others DXF entity types).

WIPL-D Pro electromagnetic analysis is performed on three quadrilateral models shown in Figs. 6-7, 8-9, and 11 (laterals side are not shown, since its meshing is trivial). We will denote the model in Figs. 6-7 as “Add”, the model in Figs. 8-9 as “TI”, and the model in Fig. 11 as “Grid”. Model Add has 285 quadrilateral patches (plates) and its electromagnetic analysis require solution of the system with 5787 complex linear equations (unknowns). TI model has 805 plates and 7632 unknowns, whereas Grid model has 3147 plates and 19477 unknowns. We will consider Grid model as the most accurate.

Reflection coefficient of antenna ( $s_{11}$  magnitude) for the models is shown in Fig. 12. This parameter indicates the frequency range of the antenna. Smaller  $s_{11}$  magnitude is better, and for wideband antennas the frequency range is usually defined as region where  $s_{11}$  magnitude is lower than  $-10\text{dB}$ . We see that result for TI model is very similar to result for Grid model, whereas Add model is somewhat shifted to the left, but the shape is still quite similar to that of Grid model.

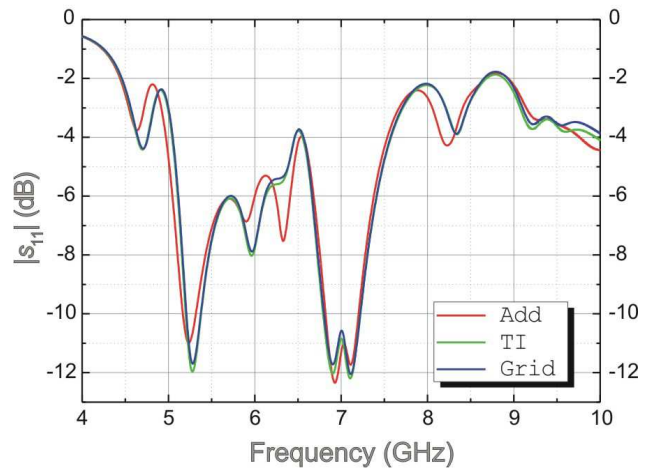


Fig. 12. Reflection coefficient of the antenna

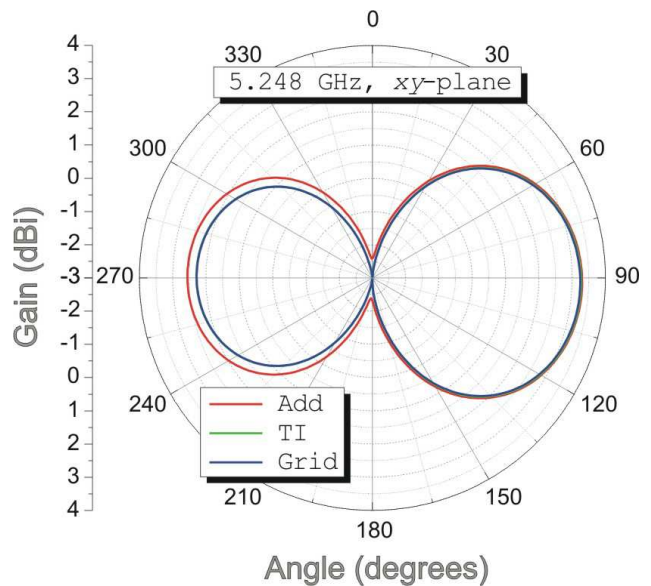


Fig. 13. Radiation pattern at 5.248 GHz, xy-plane

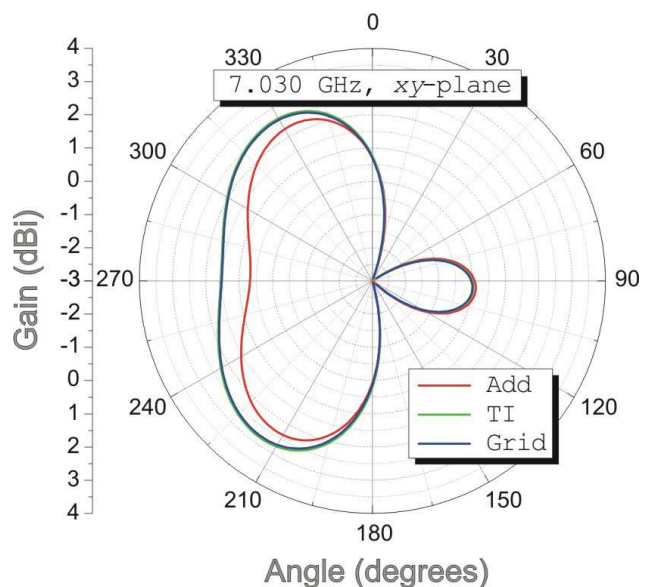


Fig. 14. Radiation pattern at 7.030 GHz, xy-plane

Radiation pattern is calculated for two frequencies with the lowest reflection: 5.248 GHz and 7.030 GHz, in  $xy$ -plane and  $xz$ -plane (note that dynamics here is low). The results are shown in Figs. 13-16. Results for TI model are almost identical to those of Grid model, whereas results for Add model are slightly shifted in levels. We see that TI model, with moderate increase in number of unknowns compared to Add model (32%), provide almost identical result as our referent Grid model, which has 2.5 times more unknowns. One can conclude that so many plates in Grid model are not necessary, whereas total imaging can be used as sophisticated tool that in many situations (this antenna being typical example) provides significant improvement of the results (compared to Add), paid with moderate increase in number of unknowns (i.e. computer memory and CPU time).

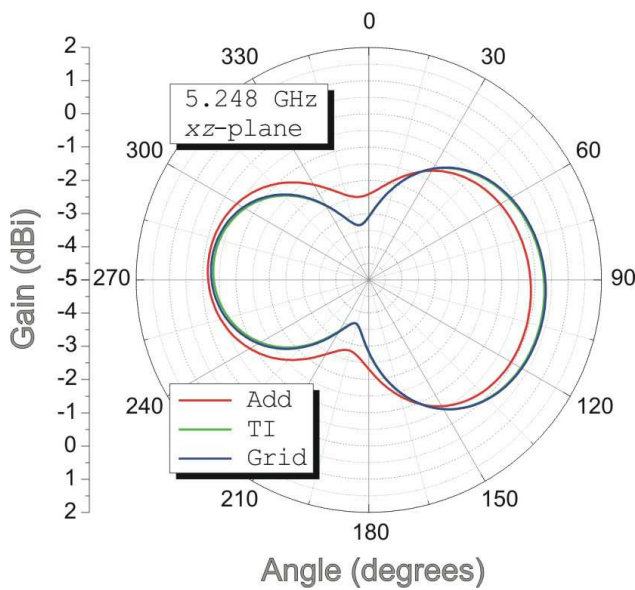


Fig. 15. Radiation pattern at 5.248 GHz,  $xz$ -plane

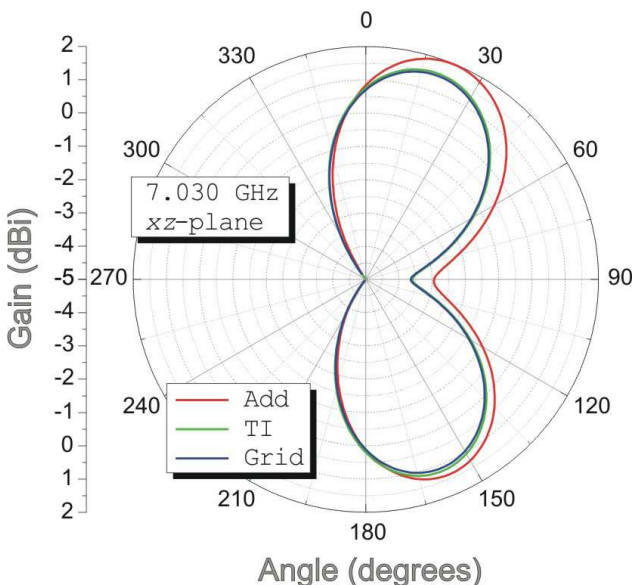


Fig. 16. Radiation pattern at 7.030 GHz,  $xz$ -plane

## 5. Conclusion

AW Modeler provides simple and efficient means for creation of polygonal models (or import of DXF models) and their quadrilateral meshing. In this way the user is freed of complicated and time consuming meshing task. AW Modeler, unlike some general purpose quadrilateral meshing tools, gives quadrilateral meshes which are optimized for electromagnetic analysis, with compromise between number of quadrilaterals and their shape quality. This optimization enormously reduces computer memory and CPU time for analysis. Although arbitrary models can be designed and meshed using AW Modeler, it is particularly well suited for planar structures, such as printed antennas for mobile devices. With further enhancement in printing technology for fabrication of electronic devices, we expect more complex structures in more compact dimensions. AW Modeler can be a tool of choice for those who need to prepare such models for electromagnetic analysis.

## References

- [1] Kolundzija, B. and Djordjevic, A., *Electromagnetic modeling of composite metallic and dielectric structures*, Norwood, USA: Artech House, 2002.
- [2] Mrdakovic, B.L.; Kostic, M.M.; Zoric, D.P.; Stevanetic, M.M.; Tasic, M.S.; Kolundzija, B.M., "A new method for quadrilateral meshing of arbitrary shaped geometry based on meshing of flat polygons," *Antennas and Propagation (EuCAP), 2014 8th European Conference on*, vol., no., pp.3417,3421, 6-11 April 2014.
- [3] <http://www.wipl-d.com/products.php?cont=add-on-tools/aw-modeler>
- [4] Boskovic, N.M.; Tosic, D.V.; Potrebic, M., "Modeling of multilayer structures with WIPL-D AW Modeler," *Telecommunications Forum (TELFOR), 2011 19th*, vol., no., pp.1360,1363, 22-24 Nov. 2011.
- [5] Sultan, K.S.; Abdullah, H.H.; Abdallah, E.A.; Hashish, E.A., "Low-SAR, Miniaturized Printed Antenna for Mobile, ISM, and WLAN Services," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, vol.12, no., pp.1106,1109, 2013.
- [6] Tasić, M., and Kolundžija, B., "Efficient electromagnetic modeling based on automated quadrilateral meshing of polygons", *Elsvier Science Proc., Eng. Analysis with Boundary Elements* 27, pp. 361-373, 2003.
- [7] <http://www.wipl-d.com/products.php?cont=wipl-d-pro>

# SOFTVERSKA METRIKA KAO OKOSNICA SMANJIVANJA RIZIKA U RAZVOJU ENTERPRISE SOFTVERSKIH RJEŠENJA

## SOFTWARE METRICS AS THE BACKBONE OF REDUCING RISK IN DEVELOPMENT OF ENTERPRISE SOFTWARE SOLUTIONS

Dženan Strujić<sup>1</sup>, Adis Balota<sup>2</sup>, Blažo Popović<sup>2</sup>

*Nilex Development, Nilex AB I Helsingborg, Helsingborg Sweden<sup>1</sup>*

*Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet Mediteran Podgorica, Crna Gora<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Softverska metrika treba da pruži kontrolu razvoja softverskog projekta, njegovog održavanja, podršku kod donošenja odluka od strane softverskih menadžera, praćenje i pokretanje korektivnih radnji i akcija. Softverska metrika je posljednjih decenija puno uznapredovala, ali nažalost nema svoju masovnu primjenu u adekvatnoj mjeri u softverskoj industriji. Postoji veoma mali broj empirijskih podataka o primjeni softverske metrike u upravljanju Enterprise softverskim rješenjima. Metrice nedostaju i parametri koji su relevantni tokom svih faza upravljanja softverskim projektom, koji su doveli do njegove uspješne realizacije, i na osnovu kojih je moguće dati inpute za novi Enterprise softverski projekat. Ovaj rad ima za cilj da pruži predlog parametara softverske metrike kojima se optimizuje razvoj metoda/modula u Enterprise softverskom projektu. Njegovi statistički podaci govore o kvalitetu upravljanja projektom i smanjivanju rizika kod upravljanja istim nakon njihovog sprovođenja u praksi.

**Abstract** –Software metrics should provide control over software development project, its maintenance, support in decision-making by the software manager, and trigger corrective actions. Software metrics has advanced a lot in the last couple of decades, but it has no application to an adequate extent in the software industry. There are very few empirical data on the use of software metrics in the management of Enterprise software solutions. The metrics is missing parameters that are relevant during all phases of a software project that led to its successful realization, and on the basis of which it is possible to provide inputs for a new Enterprise software project. This paper aims to provide a proposal of parameters for software metrics that optimize the development of methods/modules in Enterprise software project. It's statistical data talk about the quality of project management and reducing risks in management after their implementation in practice.

### 1. UVOD

Upravljanje rizicima predstavlja jedan od najvažnijih poslova softverskog menadžera [1]. Softverski menadžer je dužan da predvidi sve rizike koji bi se mogli pojaviti tokom vođenja i realizacije softverskog projekta i na adekvatan način reagovati kako bi se ti rizici umanjili ili u potpunosti izbjegli [1]. U ovom radu, govoriće se o upravljanju i mjerenju kvaliteta samog softverskog proizvoda tokom njegovog razvojnog ciklusa, pa samim tim i upravljanje rizikom kod Enterprise rješenja koristeći se softverskom metrikom. Ovaj rad ima za cilj da pruži prijedlog parametara softverske metrike kojima se optimizuje razvoj metoda/modula u Enterprise softverskom rješenju koje trenutno funkcioniše u praksi.

Na osnovu prikupljenih statističkih podataka poslje primjene ponuđene metrike, govoriće se o kvalitetu upravljanja tim projektom i smanjivanju rizika kod upravljanja istim nakon njihovog sprovođenja u praksi. Rad je organizovan u šest logički odvojenih cjelina. Nakon uvodnih razmatranja u drugom poglavlju biće opisana objektno-orjentisana softverska metrika i ciklomatska kompleksnost programskog koda. U trećem poglavlju će biti riječi o dosadašnjoj primjeni softverske metrike u Enterprise softverskim rješenjima, njenim nedostacima i potencijalnim unaprijeđenjima. Četvrto poglavlje će dati predlog optimizovanog modela softverske metrike za praćenje Enterprise softverskih modela, njegovu ideju, cilj i vrijednosti potrebnih parametara, na osnovu najboljih praksi u industriji softverskog inženjerstva. U petom poglavlju biće prikazani rezultati primjene optimizovanog modela u Enterprise softverskom rješenju koje funkcioniše u praksi. Enterprise rješenje nad kojim će biti odrađena analiza sastoji se od 50 nezavisnih projekata, koji se razvija u Švedskoj a za potrebe IT servis menadžment sistema (ITSM). Rad završava zaključnim razmatranjima koja su izvedena na osnovu sprovedene detaljne analize na realnom sistemu sa prijedlogom optimizovanog modela, takođe su dati jasni zaključci, kao i prijedlozi za buduću nadogradnju i moguća unaprijeđenja na polju analize parametara softverske metrike i konstruisanja softvera za praćenje softverske metrike.

### 2. SOFTVERSKA METRIKA I NJENI EFEKTI

Softverska metrika određuje mjere koje reflektuju bitne karakteristike svakog softverskog projekta [2]. Softverska metrika prikazuje ono što se dešava u dizajnu, kodu, procesu i razvojnom timu i istovremeno pruža informacije koje usmjeravaju proces testiranja softvera [2]. Galin[3] vrši klasifikaciju softverske metrike, pri čemu napominje da je to svega jedna klasifikacija od više mogućih. Prva klasifikacija [3] razdvaja softversku metriku prema životnom vijeku i ostalih faza softverskog sistema: *metrika za proces* koja se tiče procesa razvoja softvera, i *metrika za proizvod* koja se tiče održavanja softvera. Druga klasifikaciona kategorija prema Galinu [3] odnosi se na subjekte mjerenja: kvalitet, vremenske rokove, efektivnost (u uklanjanju grešaka i servisa održavanja) i produktivnost. Metode softverske metrike koje će imati poseban značaj u ovom radu su: ciklomatska kompleksnost (CC) i objektno orjentisana metrika. U nastavku teksta dat je opis i opšti pregled za obje softverske metrike.

## 2.1. CIKLOMATSKA KOMPLEKSNOST

Problem jednostavnosti odnosno kompleksnosti programskog koda koji pišu programeri prvi je pokušao riješiti McCabe [11]. On je predstavio jedan od pokušaja mjerenja kompleksnosti u softverskoj metrici i ta njegova mjera nosi naziv ciklomatska kompleksnost. Prema McCabe-u [11], kompleksnost ne zavisi od broja iskaza, već zavisi od struktura za donošenje odluka u program kao što su broj *if*, *while* i drugih sličnih iskaza. Da bi se na osnovu toga izračunala ciklomatska kompleksnost programa, potrebno je izbrojati koliko ima uslova i na to dodati broj jedan (1). Najbolje prakse [5-7] i dosadašnja iskustva u softverskoj industriji postavili su granice ciklomatske kompleksnosti koje se kreću od 10 do 25. Iako postoje kritike na račun nesavršenosti ciklomatske kompleksnosti [7], ona je u današnjoj softverskoj industriji i softverskoj metrici nezaobilazan element. McCabe-ova mjera za kompleksnost je danas popularna i uticajna kao početna tačka za rad na softverskoj metrici [7]. Korišćenjem ove metode, moguće je pristupiti najnižem sloju u arhitekturi jednog softverskog rješenja i prikazati kompleksnost tog sloja.

## 2.2. OBJEKTNO ORJENTISANA METRIKA

Objektno-orjentisano (OO) programiranje se u ogromnoj mjeri razlikuje u odnosu na modele proceduralnog, strukturalnog ili funkcionalnog programiranja. Objektno-orjentisana metrika poštuje principe koji su jedinstveno karakteristični za objektno-orjentisani dizajn, kao što su: klase, nasljeđivanje, polimorfizam, enkapsulacija i drugi OO pojmovi. Dvije najvažnije OO metrike su MOOD (*Metrics for Object-Oriented Design*) i CK (*Chidamber-Kemerer*) metrika. Za potrebe istraživanja u ovom radu koristiće se samo CK metrika.

CK metrika je najpopularnija OO metrika, koja svoju osnovu ima u teoriji mjerenja softverskih proizvoda [2]. Ova metrika ima svoju empirijsku potvrdu na osnovu iskustva dizajnera komercijalnih OO sistema. CK metrika ima orjentisanost na mjerenje kompleksnosti kod dizajniranja klasa, pri čemu se podaci mogu prikupiti u ranoj fazi prije izvršavanja programa [2]. Chidamber i Kemerer su predložili jedan od najšire upotrebljivanih setova OO mjera. Prema radovima [2] i [4] gdje su detaljno opisani setovi OO mjera, u ovom radu se mogu generalno predstaviti: WMC, DIT, NOC, CBO, RFC i LCOM mjere. *WMC mjera* (eng. *Weighted Methods per Class*) predstavlja broj i kompleksnost metoda koji direktno utiču na vrijeme razvoja i potreban napor. *DIT mjera* (eng. *Depth of Inheritance Tree*) predstavlja dužinu puta od posmatrane klase do korijena stabla hijerarhije klasa, pri čemu se uzima najduži put od te klase do korijena stabla ako je u pitanju višestruko nasljeđivanje. *NOC mjera* (eng. *Number of Children*) predstavlja broj klasa neposredno izvedenih iz posmatrane dok *CBO mjera* (eng. *Coupling Between Object Classes*) predstavlja broj drugih klasa koje su spregnute sa posmatranom klasom uključujući i nasljeđivanje. *RFC mjera* (eng. *Response For a Class*) predstavlja skup odziva date klase, pri čemu su uključeni i pozivi spoljnih metoda a *LCOM mjera* (eng. *Lack of Cohesion in Methods*)

se zasniva na stepenu sličnosti metoda klase, gdje je stepen sličnosti dvije metode jedne klase presjek skupova atributa koje one koriste [12-15].

## 3. SOFTVERSKA METRIKA I NJENA TRENUTNA PRIMJENA U ENTERPRISE SOFTVERSKIM PROJEKTIMA

Softverska metrika kao takva našla je svoju primjenu i u Enterprise projektima, pri čemu su se tokom vremena iskristalisale metrike koje prema mišljenju softverskih menadžera, kao i konsultacije najbolje prakse imaju smisla samo za velike projekte. S obzirom na činjenicu da su svi Enterprise projekti prevashodno konstruisani kroz objektno-orjentisanu analizu i dizajn, kod upravljanja ovakvim projektima koriste se razni alati za upravljanje istim, koji imaju u sebi mogućnost za mjerenje kvaliteta softvera koji se proizvodi. U radu fokus će biti stavljen na Microsoft Visual Studio Ultimate 2013 update 3 razvojno okruženje i skup metrika koje on koristi za mjerenje kvaliteta softvera. Razvojni timovi, odnosno njihov softverski menadžer, korišćenjem ove metrike može identifikovati rizike, vidjeti fazu i stanje u kojem se trenutno projekat nalazi i pratiti napredak tokom životnog vijeka razvoja softvera. Set metrika koji se iskristalisao u Enterprise projektima koji su pisani u Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate okruženju je naveden u nastavku i prikazuje ih njegov plug-in Code Metrics Viewer [8]: maintainability index (indeks održavanja), ciklomatska kompleksnost, depth of Inheritance (dubina nasljeđivanja), code coupling (sprezanje koda jedne sa kodom druge klase), i lines of code (broj linija koda). Mana ovog plug-in-a jeste što je veoma složen za brzo upoređivanje vrijednosti, pritrugu, pregled i analizu, pa kao takav stvara dodatni posao i potrebno vrijeme za analizu.

Hierarchy	Maintainability Index	Cyclomatic Compl.	Class Coupling
System.Json.UnitTest.dll	78	105	37
System.Json.dll	84	389	89
( ) System.Json	91	9	5
( ) System.Json.Contracts	100	11	4
ILexer	100	7	3
IParser	100	1	1
ITokenizer	100	3	2
( ) System.Json.Lexer	76	41	20
JsonLexeme	81	5	1
JsonLexer	70	36	19
( ) System.Json.Parser	86	121	28
JsonArrv	81	10	7

Slika 1. Code Metrics Viewer GUI

Maintainability *index* (MI) računa vrijednost između 0 i 100 koja predstavlja relativnu lakoću održavanja koda. Visoka vrijednost ove metrike označava bolje tj. lakše održavanje koda. U Code Metrics Viewer-u, vrijednosti između 20 i 100 su predstavljene zelenom bojom i smatraju se dobrim, rang između 10 i 19 predstavlja se žutom bojom i označava da je kod srednje težak za održavanje, dok vrijednosti od 0 do 9 označavaju kod koji je težak za održavanje i u predstavlja se crvenom bojom [8]. Matematička formula [9] koju koristi Visual Studio za računanje ove metrike data je u nastavku (1):

$$MI = \text{MAX}(0, (171 - 5.2 * \ln(HV) - 0.23 * CC - 16.2 * \ln(LOC)) * 100 / 171) \quad (1)$$

gdje je HV Halstead-ov obim (*eng. Halstead's Volume*) [14], CC je McCabe-ova ciklomatska kompleksnost, i LOC je broj linija koda. *Ciklomatska kompleksnost (CC)* ima jak uticaj kod izračunavanja kompleksnosti softverskog koda. Matematičkim jezikom [11], ciklomatska kompleksnost strukturiranog programa je definisana sa referencom na graf za kontrolu toka programa, usmjerenim grafom koji sadrži osnovne blokove programa, sa jednom ivicom između dva osnovna bloka ako kontrola može preći sa prvog na drugi. Kompleksnost  $M$  [11] se tada definiše formulom (2):

$$M = E - N + 2P \quad (2)$$

gdje je  $E$  = broj ivica grafa,  $N$  = broj nodova grafa i  $P$  = broj povezanih komponenti. Vrijednosti i interpretacija ove metrike u Code Metrics Viewer-u je: 1 do 10 petlji/grananja programa se smatra dobrom i obilježava se zelenom bojom, 11 do 20 petlji/grananja programa se smatra još uvijek dobrim i označava žutom bojom, dok više od 20 petlji/grananja se smatra kritičnim, označava se crvenom bojom i predstavlja metodu koju je potrebno refaktorirati. *Depth of Inheritance (DIT)* metrika pokazuje broj definicija klase koje se protežu do korijena hijerarhije klasa. Code Metrics Viewer rangira vrijednosti ove metrike tako što za 1 do 2 bazna tipa je DIT dobro i označeno zelenom bojom, 3 do 4 bazna tipa je još uvijek dobro i označeno žutom bojom, dok je sve preko 4 kritično i treba biti revidirano i eventualno refaktorirano. *Class Coupling* metrika je u Code Metrics Viewer interpretirana na sledeći način: od 0 do 9 zavisnosti je dobro i označava se zelenom bojom, 10 do 30 zavisnosti na nivou metode i 10 do 80 zavisnosti na nivou tipa se označava žutom bojom i predstavlja da je Class Coupling još uvijek u redu, dok više od 30 zavisnosti na nivou metode i više od 80 zavisnosti na nivou tipa je kritično, i potrebno ga je pregledati i refaktorirati. Mjera *Lines of Code*, u Code Metrics Viewer tretira broj linija koda na nivou metode na sledeći način: od 1 do 10 linija koda je dobro i označeno je zelenom bojom, 11 do 20 linija koda je još uvijek dobro i označava se žutom bojom, i sve preko 20 linija koda po metodi se smatra kritičnim, te se ta metoda mora revidirati i eventualno refaktorirati.

Kod razvoja Enterprise projekata, pogotovo onih koji se razvijaju duže od godinu dana, potrebna je metrika koja će pratiti razvoj softverskog koda [14]. Metrika mora pružiti mjerljivu osnovu koja će softverskom menadžeru dati podlogu za donošenje ispravnih odluka. U Code Metrics Viewer-u može se zatražiti rezultat softverske metrike za cjelokupno rješenje ili za projekat, namespace, tip/klasu, ili metodu. Ono što je nezgodna stvar za softverskog menadžera jeste da se izvještaji baziraju na vrijednostima koje je Microsoft Visual Studio 2013 već ugradio po standardnim vrijednostima u Code Metrics Viewer-u. Kako većina projekata koji se razvijaju preko godinu dana upada u grupu rizičnih projekata, mora se ponuditi optimizovani model softverske metrike koja će alarmirati programera, razvojni tim, i softverskog menadžera da stvari ne idu u željenom pravcu i da se povećava rizik po opstanak projekta. Takav jedan model

omogućuje softverskom menadžeru da odmah zatraži refaktorisanje problematičnog koda na vrijeme, čime se odmah umanjuje ili u potpunosti eliminiše rizik po razvijani projekat i poboljšava se kvalitet izrađenog softvera.

#### 4. OPTIMIZOVANI MODEL

Optimizovani model softverske metrike treba da pruži informacije programerima i softverskim menadžerima o kvalitetu izvornog koda koji pišu, odnosno pregledaju i ocjenjuju na revizijama koda. Takođe, optimizovani model softverske metrike treba da pomogne softverskom menadžeru kod sagledavanja rizika i upravljanju rizikom po rješenje, ukoliko indikatori pokažu da se bilo koji mjereni dio rješenja nalazi u opasnoj zoni koja može dovesti do ugrožavanja istog u bilo kojoj mjeri. Softverska metrika u Enterprise softverskom rješenju treba da svojim mjerenjima pomogne softverskom menadžeru u kontroli i upravljanju rizikom i donošenju adekvatnih odluka.

##### 4.1. IDEJA I CILJ UNAPRIJEĐENJA

Svi faktori koji adresiraju probleme u razvoju softverkog rješenja moraju biti razriješeni na vrijeme, a da bi bili adekvatno riješeni potrebna je metrika koja posmatra sve aspekte razvoja. Ideja i cilj ovog optimizovanog modela softverske metrike je da adresira sve moguće probleme na način što će ponuditi skup metrika i njihovih parametara. Oni će programerima obezbijediti informacije o optimalnim vrijednostima za pisanje kvalitetnog koda, odnosno granice unutar kojih mogu pisati svoje kodove, koju kompleksnost mogu imati njihovi kodovi, kakav indeks održavanja moraju da imaju njihovi kodovi, dubinu nasljeđivanja u programskom kodu, kao i potreban broj programskih linija koda po modulu koji se proizvodi. Primjenom optimizovanog modela softverske metrike u domenu kvaliteta softverskog koda, omogućava se da programeri budu ograničeni u pogledu totalne slobode pisanja svakojakog koda, a da istovremeno budu zadovoljni zbog toga što se zadaci/taskovi ispunjavaju na vrijeme. Sa ovim mjerenjem koje će biti primijenjeno na Enterprise softversko rješenje, biće moguće odrediti stanje softverskog razvoja i treba da bude omogućeno sagledavanje napretka ka kvalitetu razvijenog softvera, kao i prema planiranim troškovima i rokovima.

##### 4.2. POTREBNI PARAMETRI ZA PRIMJENU OPTIMIZOVANOG MODELA

Na osnovu iskustva, praksi i saznanja, predlažemo parametre za MI, CC i LOC metriku koja će se primijeniti na Enterprise rješenje. Analiza koja slijedi će pokazati ispravnost i opravdanost ponudene metrike. Ponudeni parametri optimizovanog modela softverske metrike u Enterprise softverskom projektu koji funkcioniše u praksi dati su u sledećem vrijednostima: i) Maintenance Index (MI): donja granica 50. ii) Ciklomatska kompleksnost (CC): maksimum 10. iii) Broj linija programskog koda po metodi (LOC): gornja granica 20, kritičan broj linija koda više od 25.

Ciklomatska kompleksnost u softverskoj industriji ima vrijednosti između 10 i 25, a na osnovu iskustava sa prethodnih projekata i iskustava softverskih menadžera stavljena je na 10. Potrebno je reći da je za svaki novi projekat potrebno naći odgovarajuću vrijednost ove metrike. Ponudom softverskom metrikom treba da bude omogućena kvalitativna analiza softverskog rješenja čiji će indikatori pokazati softverskom menadžeru, top menadžmentu i krajnjem korisniku da li se softver razvija u skladu sa dogovorenim rokovima, da li postoje neki rizici sa kojima se treba adekvatno ponijeti i isti razriješiti, koliko je efektivan softverski proces koji se koristi za razvoj tog rješenja, kao i koliko je efektivan razvojni tim kojim upravlja softverski menadžer.

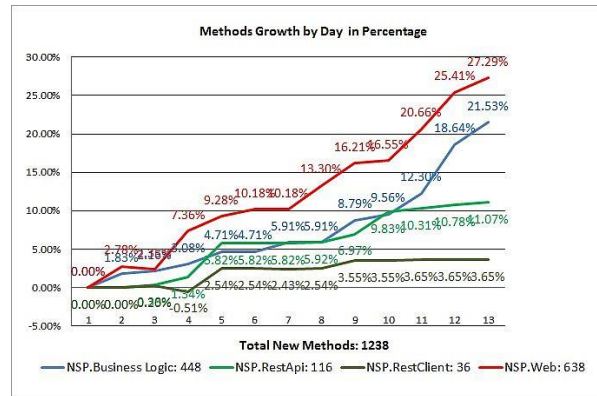
## 5. ANALIZA REZULTATA

Optimizovani model softverske metrike primijenjen je na Enterprise softverskom rješenju koje se razvija u Švedskoj za potrebe ITSM (IT service management) sistema prema ITIL (Information Technology Infrastructure Library) standardima. Životni vijek ovog rješenja u trenutku kreiranja analize za potrebe ovog rada je jedna kalendarska godina. Naziv *solution-a* je NSP i sastavljen je od više od 50 različitih projekata koji čine njegovu cjelinu. Veličina rješenja nam govori da je potrebno u razvojnom okruženju rješenje razdvojiti na manje projekte i iste koristiti kao eksterne biblioteke. Na NSP projektu radi preko 50 programera koji se nalaze širom svijeta. Vremenski period u kom su napravljeni izvještaji sa sistema i za koji se radi istraživanje je 20 dana, kalendarski od 22.10.2014. godine do 10.11.2014. godine i svi izvještaji su napravljeni sa alatom Code Metrics Viewer i eksportovani su u Microsoft Excel 2010 za dalju obradu. U navednom vremenskom intervalu za potrebe istraživanja urađeno je 13 mjerenja, svaki radni dan po jedno mjerenje. Podaci za istraživanje prikupljeni su sa četiri osnovna projekta unutar cijelog solutiona: NSP.BussinesLogic, NSP.RESTApi, NSP.RestClient, NSP.Web.

### 5.1. ANALIZA PROJEKATA

Sagledavanjem svih fajlova i sistematizacijom podataka koji su prikupljeni sa sistema, vidljivo je da softversko rješenje napreduje iz dana u dan u pogledu svoje veličine. Sva četiri projekta unutar rješenja jasno napreduju i pokazuju trendove rasta između prvog i posljednjeg mjerenja. Grafičko poređenje podataka za porast broja metoda po projektu i njihov procentualni udio u broju novih metoda u rješenju dat je na slici 2.

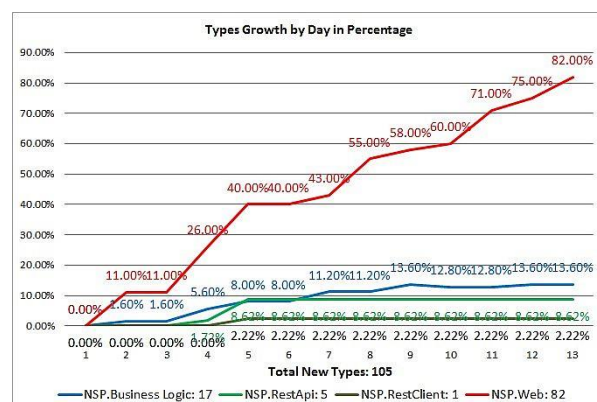
Iz analize se jasno vidi da je projekat NSP.BusinessLogic za 20 dana narastao za 448 novih metoda odnosno za 21,53%. Projekat NSP.RESTApi ima progresiju od 116 novih metoda ili procentualni rast od 11,07%. Rast od svega 36 metoda ili 3,65% ima projekat NSP.RESTClient, dok projekat NSP.Web ima 638 novih metoda odnosno porast od 27,29%. Cjelokupno rješenje je za 20 dana dobilo 1238 novih metoda.



Slika 2. Trend rasta broja metoda po projektu

### 5.2. ANALIZA TIPOVA/KLASA

Konsolidacijom podataka za svaki od posmatranih projekata, izvršena su mjerenja koja se tiču porasta broja tipova/klasa u cjelokupnom rješenju, odnosno broja tipova/klasa u svakom pojedinačnom projektu za 20 dana. Iz analize podataka za tipove/klase, kao i u slučaju projekata, takođe se vidi porast broja tipova/klasa u svakom projektu što istovremeno znači i porast tipova/klasa u cjelokupnom rješenju. Analiza pokazuje da je na projektu NSP.BusinessLogic razvijeno 17 novih tipova/klasa, što predstavlja porast od 13,6%. Projekat NSP.RESTApi ima porast od 5 tipova/klasa u periodu mjerenja i posmatranja, ili 8,62%. Najveći broj razvijениh tipova/klasa ima projekat NSP.Web od 82 nova tipa/klase, što predstavlja procentualni porast od 82%. Najmanji porast ima projekat NSP.RESTClient sa svega jednim novim tipom ili 2,22%. Iz analize se vidi da je poslije 20 dana razvijeno 105 novih tipova/klasa. Grafičko poređenje ovih podataka za broj tipova/klasa po projektu i njihov procentualni udio u broju novih tipova/klasa u rješenju dat je na slici 3.



Slika 3. Trend rasta broja tipova/klasa po projektu

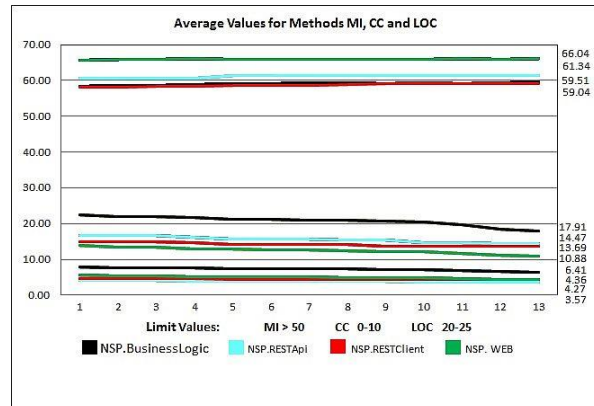
### 5.3. ANALIZA METODA

Posmatranjem slika koje su analizirale projekte i tipove/klase u cjelokupnom NSP rješenju, nedvosmisleno se vidi da rješenje napreduje iz dana u dan, da postaje sve obimnije po pitanju broja metoda i broj klasa, sveukupno, može se reći da se rješenje iz dana u dan približava

zacrtnim ciljevima. Posmatrajući cjelokupno situaciju razvoja može se zaključiti da rješenje postaje sve kompleksnije, teže za održavanje, teže za testiranje, teže za refaktorisanje i zbog sve veće kompleksnosti postaje sporije za isporučivanje, pa se naziru se moguća prekoračenja dogovorenih rokova. Osim toga, gledajući trendove rasta cjelokupnog rješenja, tipova/klasa i metoda, moglo bi se zaključiti da softverski menadžer koji upravlja projektom gubi korak sa vođenjem projekta i da mu se iz dana u dan povećava rizik po pitanju neodrživog, kompleksnog, netestabilnog i na kraju, neisporučivog i nefunkcionanog koda. Drugim riječima, postavlja se pitanje da li povećanje broja metoda unutar tipa/klasa i unutar pojedinačnog projekta utiče na povećanje kompleksnosti i održivosti programskog koda metode, tipa/klasa i projekta, odnosno da li gore navedeno dovodi do povećanja ukupnog rizika po projekat. Dodatno, potrebno je utvrditi da li svaki veliki projekat mora obavezno biti i kompleksan i težak za održavanje. Kako bi se odgovorilo na ova pitanja i vidjelo da li u projektu postoje gore navedeni rizici po rješenje, projekte i samog softverskog menadžera, mora se napraviti analiza na atomskom nivou, tj. na nivou svakog pojedinačnog metoda unutar svakog pojedinačnog tipa/klasa, unutar svakog pojedinačnog projekta koji se analizira. Odgovor na ova pitanja može dati ponuđena softverska metrika sa optimizovanim parametrima na nivou posmatranih metoda unutar tipova/klasa pojedinačnih projekata.

Tokom razvoja projekta NSP.BusinessLogic u posmatranom i mjerenom periodu broj analiziranih metoda je narastao sa početnih 2081 na krajnjih 2529. Iz analize se vidi da su podaci za prosječne vrijednosti metoda za MI, CC i LOC na nivou projekta u saglasnosti sa zahtjevima softverskog menadžera. Prosječna vrijednost metoda za MI na nivou projekta je 59,08 u odnosu na zahtijevanih 50, a čisto radi napomene, veća vrijednost je bolja vrijednost za MI. Prosječna vrijednost za CC je 7,25 u odnosu na zahtijevanih 10. Najbolje odslivanje poštovanja zahtjeva softverskog menadžera je data u analizi podataka za LOC, gdje se vidi da su programeri bili u rizičnoj zoni na početku mjerenja sa prosječnom vrijednošću za LOC=22,40, da su tokom 20 dana rada smanjivali tu vrijednost, i na kraju mjerenja smanjili vrijednost za LOC na 17,91, što je ispod kritične granice od 25. Važno je primijetiti da je tokom ovih 20 dana rada na projektu NSP.BusinessLogic razvijeno 448 novih metoda, a da su vrijednosti za MI, CC i LOC iz dana u dan poboljšavane, što jasno govori o nedvosmislenoj podršci programera softverskoj metrici koja je na snazi u projektu i zahtijevana od softverskog menadžera. Dodatno, da bi se mogla u roku od 20 dana poboljšati metrika na LOC parametru, potrebni su iskusni programeri koji su u stanju da pored redovnih obaveza i ispunjavanja zadataka, prerade problematične metode i spuste ih na nivo broja LOC koji traži softverski menadžer. Govoreću jezikom COCOMO (*eng. Constructive Cost Model*) estimacije, vrijednosti PCAP (*eng. programmer capability*) i LEXP (*eng. language experience*) atributa koje treba da posjeduje jedan takav programer moraju biti visoke.

Kvalitet softverske metrike u projektu NSP.BusinessLogic prikazan je na slici 4, sa koje se jasno vidi da projekat nije u zoni rizika.



Slika 4. Detalji metoda u rješenju NSP

Na slici 4. se vidi da u projektu NSP.RESTApi u istom periodu broj analiziranih metoda je narastao za 116 novih metoda, sa početnih 1048 na 1164. Iz analize se vidi da su podaci za prosječne vrijednosti metoda za MI, CC i LOC na nivou projekta u saglasnosti sa zahtjevima softverskog menadžera. Prosječna vrijednost metoda za MI na nivou projekta je 61,13 u odnosu na zahtijevanih 50. Prosječna vrijednost za CC je 3,78 u odnosu na zahtijevanih 10, dok je vrijednost za LOC 15,53. Primjećuje se da su vrijednosti za MI, CC i LOC iz dana u dan unapređivane. Može se zaključiti da projekat nije u zoni rizika.

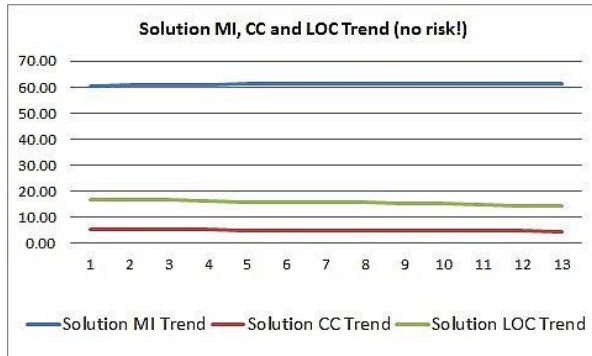
Projekat NSP.RESTClient u istom periodu mjerenja je narastao sa 986 na 1022 metode, ili za 36 novih metoda. Podaci analize pokazuju da su prosječne vrijednosti metoda za MI, CC i LOC na nivou projekta u saglasnosti sa zahtjevima softverskog menadžera i da su iz dana u dan usavršavane. Prosječna vrijednost metoda za MI na nivou projekta nakon 20 dana je 58,69. Prosječna vrijednost za CC je 4,35, dok je vrijednost za LOC 14,20. Može se zaključiti da projekat nije u zoni rizika.

Tokom razvoja projekta NSP.Web u posmatranom i mjerenom periodu broj analiziranih metoda je narastao sa 2338 na 2976, odnosno za 638 novih metoda. Analiza pokazuje da su podaci za prosječne vrijednosti metoda za MI, CC i LOC na novou projekta u saglasnosti sa zahtjevima softverskog menadžera i da su svakodnevno unapređivane. Prosječna vrijednost metoda za MI na nivou projekta je 65,95, dok je prosječna vrijednost za CC je 4,97 u odnosu na zahtijevanih 10. Vrijednost za LOC je 12,48. Takođe i za ovaj projekat kao za prethodne može se zaključiti da nije u zoni rizika.

Analiza pokazuje da su podaci za prosječne vrijednosti metoda za MI, CC i LOC na nivou svih projekata u saglasnosti sa zahtjevima softverskog menadžera. Prosječna vrijednost metoda za MI na nivou svih projekata nakon 20 dana je 61,21 u odnosu na zahtijevanih 50, prosječna vrijednost za CC je 5,07 u odnosu na zahtijevanih 10, što takode pokazuje da je cjelokupno rješenje takode van bilo kakve zone rizika, i daleko ispod kritične zone za kompleksnost programskog

koda. Vrijednost za LOC je 15,72 što je ispod traženog limita softverskog menadžera od LOC=25.

Na cjelokupnom rješenju NSP razvijeno je 1238 novih metoda, a pri tome su vrijednosti za MI, CC i LOC iz dana u dan usavršavane, što konačno jasno govori kao i u prethodna 4 projekta, o poštovanju pravila razvoja softvera unutar organizacije u skladu sa definisanim parametrima u softverskoj metrici od strane softverskog menadžera. Kvalitet softverske metrike u rješenju NSP data je na slici 5, sa koje se jasno vidi da rješenje nije u zoni rizika.



Slika 5. Vrijednosti metoda u rješenju NSP

Nakon ove analize odgovori se nameću sami. Iako rješenje postaje sve veće, razvija se sve veći broj metoda, sve veći broj tipova/klasa iz dana u dan u svakom pojedinačnom projektu i rješenje sveukupno postaje veće, analiza pokazuje da ono nije kompleksnije, nije teže za održavanje, nije teže za testiranje, nije teže za refaktorisanje i ne naziru se moguća prekoračenja dogovorenih rokova. Ovom analizom je utvrđeno da svaki veliki projekat ne mora obavezno biti i kompleksan i težak za održavanje. Povećanje broja metoda unutar klase i unutar pojedinačnog projekta ne utiče na povećanje kompleksnosti i održivosti programskog koda metode, klase i projekta i ne dolazi do povećanja ukupnog rizika po projekat.

## 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Softverska metrika ima veliki značaj u softverskoj industriji i predstavlja važan segment u životnom vijeku razvoja jednog softverskog rješenja. Optimizovani model softverske metrike za praćenje softverskih rješenja koji je predstavljen u četvrtom poglavlju je postigao traženi cilj, shodno definisanim setovima indeksa u skladu sa pravilima primijenjenih metoda softverske metrike. Analizom primjene optimizovanog modela softverske metrike na Enterprise softverskom rješenju koje funkcioniše u praksi prikazano je stanje rješenja i njegovih četiri projekta tokom 20 dana istraživanja i izvršenih 13 mjerenja na sistemu. Korišćenjem ugrađenih plug-inova u razvojno okruženje Microsoft Visual Studio za praćenje softverske metrike potrebno je veliko vrijeme i takav posao je dosta iscrpljujući. Za kreiranje dijagrama i predstavljanje suštine analize potrebno je dosta vremena, što je jedan od bitnih problema za softverskog menadžera jer nema precizne informacije u svakom trenutku. Shodno

tom zaključku, dalja istraživanja i unaprijeđenja na planu praćenja softverske metrike u Enterprise rješenjima mogu se sagledavati kroz kreiranje univerzalnog softverskog alata. Tokom analize, prikazano je napredovanje projekata u rješenju, razvoj novih metoda i tipova/klasa unutar projekata, kao i analiza sistema na nivou pojedinačnih metoda svih projekata u rješenju. Iz istraživanja i analize se vidi da rješenje nije kompleksnije iako raste, nije teže za održavanje, testiranje, niti za refaktorisanje. Osim toga, gledajući prosječne vrijednosti parametara pojedinačnih projekata i njihovih metoda, kao i cjelokupnog rješenja, zaključuje se da softverski menadžer koji upravlja projektom ne gubi korak sa vođenjem projekta niti mu se povećava rizik iz dana u dan kako rješenje raste. Ovim je dokazano da softverska metrika ima veliki značaj u upravljanju Enterprise softverskim rješenjima i smanjenju rizika, što je i bio cilj ovog rada. Rad ostavlja prostor za dalja unaprijeđenja koja se ogledaju u sledećem: i) proširenje broja parametara softverske metrike u odnosu na ponuđenu u ovom radu i odrađivanje novog istraživanja na istom ili sličnim projektima i rješenjima, ii) izrada aplikacije koja bi kompletnu analizu urađenu u ovom radu uradila automatski i za druge Enterprise projekte sa obavezanim iscrtavanjem svih prikazanih grafikona i imala mogućnost snimanja istih radi poređenja sa budućim mjerenim podacima.

## LITERATURA

- [1] R. Manger, Softversko inženjerstvo, skripta, Sveučilište Zagreb, Prirodoslovno Matematički Fakultet, Matematički odsjek, 2013.
- [2] Upravljanje IT/softverskim projektima, materijal za predavanje i vježbe za istoimeni predmet, Univerzitet Mediteran, Fakultet za informacione tehnologije, 2014.
- [3] D. Galin, Software Quality Assurance From Theory to Implementation, Pearson Education Limited, 2004.
- [4] R. S. Pressman, Software Engineering A Practitioner's Approach, Seventh Edition, McGraw-Hill Higher Education, 2010.
- [5] Dr. H. Giese, Software Quality Assurance: Introduction, presentation, University of Paderborn – Software Engineering Group
- [6] I. Sommerville, Software Engineering 8<sup>th</sup> Edition, Addison-Wesley, 2007.
- [7] D. Bell, Software Engineering for Students A Programming Approach, Fourth Edition, Addison-Wesley, 2005.
- [8] Microsoft MSDN: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb385914.aspx>, [posjeta: 28.12.2014. u 23.03h]
- [9] Software Engineering in Theory and Practice: <http://avandeursen.com/2014/08/29/think-twice-before-using-the-maintainability-index/>, [posjeta: 29.12.2014. u 21.08h]
- [10] Halstead-ova mjera kompleksnosti: [http://en.wikipedia.org/wiki/Halstead\\_complexity\\_measures](http://en.wikipedia.org/wiki/Halstead_complexity_measures), [posjeta: 29.12.2014. u 21:30h]
- [11] Ciklomatska kompleksnost: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclomatic\\_complexity](http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclomatic_complexity), [posjeta: 29.12.2014. u 22h]
- [12] D. D. Galorath, M. W. Evans, Software Sizing, Estimation, and Risk Management, Auerbach Publications, 2006.
- [13] Dr. R. Raković, Kvalitet softvera i softverski projekti, Energoprojekt Ingraf d.o.o Beograd, 2009.
- [14] Casper Jones, Software Engineering Best Practices – Lessons from Successful Projects in the Top Companies, McGraw-Hill, 2010.
- [15] A. Kaur, S. Singh, Dr. K. S. Kahlon and Dr. P. S. Sandhu, Empirical analysis of CK & MOOD Metric Suite, IACSIT Vol. 1, No. 5, December 2010., ISSN: 2010-0248, pages 447-452.



# UNIVERZALNI MODEL ZA PREDSTAVLJANJE PROBLEMA RASPOREDA ČASOVA

## GENERAL MODEL FOR TIMETABLE PROBLEM REPRESENTATION

Aleksandra Stojnev<sup>1</sup>, Vladan Mihajlović<sup>1</sup>, Leonid Stoimenov<sup>1</sup>  
*Elektronski fakultet Niš, Univerzitet u Nišu<sup>1</sup>*

**Sadržaj** Izrada rasporeda časova na fakultetima je kompleksan problem zbog velikog broja različitih i često kontradiktornih zahteva. Rešenja problema su uglavnom specijalizovana i optimizovana za određene institucije. Posledica je da čak neznatne promene u postavkama problema prouzrokuju kompletan redizajn struktura podataka i algoritama koji se koriste. Predložen je univerzalni model za predstavljanje problema rasporeda časova, i nazvan je BBT model. U cilju definisanja modela, analizirani su različiti radovi na temu rasporeda časova, kao i različiti primeri iz prakse. Na osnovu analize definisani su entiteti za detaljan opis problema generisanja rasporeda časova. Definisane su veze između ovih entiteta kako bi se predstavila sva ograničenja, kako obavezujuća, tako i neobavezujuća. Zahvaljujući jasnom preslikavanju između elemenata modela i entita iz stvarnog sveta model je razumljiv, i primenljiv za institucije sa različitim internom organizacijom. BBT je objektno orijentisani model, dizajniran da bude osnova generalnog okvira za aplikacije koje rešavaju problem generisanja rasporeda časova.

***Abstract** – Creating a timetable for academic institution is complex problem due to large number of different and often opposite requirements. Therefore solutions are usually specialized and optimized for a particular organization. Consequence is that even slight changes of problem description cause a complete redesign of data structures and algorithms. Generalized model for timetabling data representation, named BBT model, is proposed to solve these issues. In order to create a model we conducted a research to gather the requirements posed to timetabling problem. Various papers addressing timetabling problem are analyzed as well as specific issues that are observed in practice. Based on perform analysis entities for detailed timetabling problem description are defined. Relationships between these entities are designed to model both soft and hard constraints. Due to a clear mapping between model elements and real-world, this model is understandable and should be applicable to institutions with different internal organization. BBT is object oriented model and designed to be foundation of a general framework for applications that solve the problem of generating timetables.*

### 1. UVOD

Osoblje obrazovnih ustanova se najmanje jednom godišnje suoči sa vrlo složenim zadatkom - kreiranjem rasporeda časova. U većini institucija, raspored časova se pravi ručno, i taj proces je vremenski veoma zahtevan. Izmena ovakvog rasporeda časova često zahteva

ponavljanje celokupnog procesa. Samo kreiranje rasporeda časova podrazumeva spajanje predavača, studenata i učionica u kolekciju elemenata raspoređenih u vremenu, tako da nijedan od učesnika ne bude u jednom vremenskom trenutku u dva elementa. Ovaj osnovni zahtev je često proširen drugim zahtevima koji se mogu odnositi na predavače, studente, učionice, kao i na sam raspored časova. Veličina problema zavisi od uvedenih ograničenja koja se moraju ili trebaju ispoštovati, a koja se razlikuju u zavisnosti od institucije za koju se raspored časova pravi. Mnoga od ograničenja koja se postavljaju su obavezna i moraju biti zadovoljena kako bi raspored časova bio validan. Samim tim, sva ograničenja mogu se podeliti u dve grupe: obavezujuća takozvana tvrda ograničenja i neobavezujuća takozvana meka ograničenja.

Obavezujuća ograničenja uslovljavaju korektnost, i neophodno je da sva budu zadovoljena kako bi uopšte bilo moguće održavati nastavu. Obavezujućim ograničenjima modeluju se zahtevi koje je neophodno ispuniti, dok se neka ograničenja smatraju neobavezujućim, mekim ograničenjima koja nije neophodno poštovati ukoliko to nije moguće. Neobavezujuća ograničenja ne uslovljavaju korektnost rasporeda, ali utiču na udobnost nastavnog osoblja i studenata. Potrebno je napomenuti da ista ograničenja za jednu instituciju mogu biti obavezujuća, a za drugu neobavezujuća, odnosno poželjna, ali ne i obavezna. Softver za automatsko generisanje rasporeda časova, koji ima mogućnost kreiranja zadovoljavajućeg rešenja, treba da bude dovoljno opšt da omogući korisnicima da iskažu veoma različite vrste zahteva, i da bude primenljiv na institucije koje poseduju različitu internu organizaciju predmeta, studentskih grupa, modula i slično.

U ovom radu je formiran i predstavljen model problema za univerzalni sistem za automatsko generisanje rasporeda časova koji treba da obezbedi pouzdanost i efikasnost, ali i da bude lak za održavanje i proširljiv. Takođe, model je definisan na način da odgovara različitim algoritmima koji se koriste za pravljenje rasporeda, ili da omogući lako i brzo prevođenje u reprezentaciju koju koristi neki od matematičkih modela. Da bi se konstruisao takav sistem, izvršena je detaljna analiza postojećih rešenja. Na osnovu toga izdvojeni su relevantni entiteti iz realnog sveta, i definisan je model problema čiji elementi odgovaraju izdvojenim entitetima. Kod ovog modela postoji jasno preslikavanje između elemenata modela i entiteta iz realnog sveta. Zbog specifičnosti samog problema, i činjenice da različite institucije nameću veoma širok i raznovrstan spektar ograničenja koje je potrebno imati u vidu prilikom izrade rasporeda časova, model problema mora biti univerzalan, i treba da predstavlja jedinstvenu

reprezentaciju problema, ne specifičnu za konkretne primene i institucije. Model problema kreiranja rasporeda časova koristi se za predstavljanje svih entiteta koji su bitni za proces pravljenja rasporeda, uspostavljanja veza između entiteta i predstavljanje ograničenja.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom odeljku dat je pregled srodnih radova. U trećem odeljku su opisani izdvojeni entiteti i ograničenja iz domena rasporeda časova. Četvrti odeljak predstavlja opis BBT modela, peti odeljak predstavlja zaključak, a šesti sadrži spisak referenci.

## 2. SRODNI RADOVI

Kako bi se uočili kako okviri u kojima treba postaviti raspored časova tako i ograničenja detaljno su sagledana istraživanja iz sličnih ili istih oblasti kao i neka od predloženih rešenja drugih autora. U literaturi su predstavljene mnoge varijante problema, koji se međusobno razlikuju najpre zahvaljujući zahtevima koje nameću različite institucije, zatim prema tehnikama koje se koriste za generisanje rasporeda časova, ali i po načinu predstavljanja ograničenja. Širok spektar tehnika za rešavanje problema je opisan u literaturi i testiran na stvarnim podacima. U suštini, problem rasporeda časova je NP-težak, i za njegovo rešavanje koristi se veliki broj algoritama. Uprkos velikom broju radova, neki problemi nisu rešeni: teško je uporediti efikasnost tih algoritama, a većina njih su razvijani za konkretan problem. Da bi se rešili ovi problemi, najpre je neophodno definisati model problema. Do danas, za modelovanje problema rasporeda časova postoje tri pristupa: matematička formulacija problema, semantička formulacija i objektno-orijentisani pristup. Najčešće korišćena do sad je matematička formulacija problema, prvenstveno zbog svoje preciznosti i nivoa apstrakcije. Problem kod ove formulacije leži u njenoj nerazumljivosti i proširljivosti ili promeni u definiciji problema. Najčešći pristup je predstavljanje resursa i ograničenja pomoću skupova i različitih matematičkih funkcija. Matematički modeli rasporeda časova se zbog svoje preciznosti uglavnom izrađuju za konkretne primene [1-3]. U nekim radovima problem rasporeda časova predstavljen je semantički. Ovaj tip predstavljanja je razumljiv, ali često nedovoljno precizan. Može podrazumevati definisanje jezika za predstavljanje ograničenja, kao u radovima [4,5]. Problem rasporeda časova je podeljen na više podproblema, a zatim su za svaki od njih definisane komponente, odnosno reči kojima su predstavljeni entiteti iz tog poddomena [4]. Ove reči mogu biti sastavljene u rečenicu korišćenjem predefinisanih veznika, te je tako moguće definisati ograničenja. Autori u [5] su dali predlog formalne specifikacije problema - TTL. Ovaj jezik podrazumeva postojanje vremenskih grupa, set grupa resursa, i set veza. Vremenska grupa definiše slobodne termine, kao i njihovu distribuciju po danima u nedelji. Grupe resursa mogu da poseduju podgrupe. Veze su predstavljene slotovima koje treba dodeliti različitim elementima iz grupi resursa, pod nekim ograničenjima. Definisan je samo osnovni set ograničenja.

Objektno-orijentisani pristup je relativno nov način za predstavljanje rasporeda časova. Zasniva se na kreiranju okvira za predstavljanje rasporeda časova, ili razvoju jezika za specifikaciju ograničenja. Ovakav pristup unosi visok nivo razumljivosti, veliku preciznost i srednji nivo apstrakcije. Radovi koji koriste OO modelovanje uglavnom za cilj imaju izradu okvira za generisanje rasporeda časova. Koriste se različiti programski jezici i pristupi problemu. Na primer, u radu [6] je definisan model i implementirano je nekoliko tehnika lokalnog pretraživanja čime je pokazano da sa minimalnim promenama modela mogu biti implementirani različiti algoritmi. Većina radova zasnovana je na kreiranju modela za okvire koji su ograničeni za korišćenje u sprezi sa različitim heuristikama, kao i za njihovo upoređivanje. U radu [7] predstavljen je generalizovani model problema rasporeda časova. Najpre je opisana struktura problema rasporeda časova, zatim je konstruisan OO model koji je implementiran u Java programskom jeziku.

## 3. IZDVOJENI ENTITETI I OGRANIČENJA

U radovima iz domena rasporeda časova koji se bave kreiranjem modela za predstavljanje problema izdvojeni su sledeći entiteti: predavači, studenti, učionice i predmeti. Ovi entiteti obezbeđuju osnovni skup podataka koji bi trebalo da bude prisutan pre samog početka generisanja rasporeda. Studente je moguće klasifikovati u različite grupe, u zavisnosti od godine studija, modula, izbornih predmeta, grupa za različite nastavne blokove i slično. Svakom studentu neophodno je obezbediti pohađanje časova za sve predmete koje sluša. Predmeti mogu biti obavezni ili izborni za određene grupe studenata. Nastava se održava u sali koja mora ispunjavati sve zahteve kvalitetnog nastavnog procesa. U ovom radu izdvojen je i entitet nastavnog blok, koji reprezentuje različite tipove nastave. Razlog uvođenja entiteta nastavnog blok je potreba da se definiše tip nastave koja se izvodi za svaki predmet posebno. Prema uvedenom entitetu predavanja i vežbe predstavljaju različite nastavne blokove. Uvođenjem ovakvog entiteta moguće je definisati potrebe svakog nastavnog bloka nezavisno od drugih za isti predmet. Nastavne blokove za svaki predmet drže predavači koji su kvalifikovani za takav oblik nastave. Ovo praktično znači da profesori drže predavanja, dok asistenti izvode vežbe koje prate predavanja, ali mogu se uvesti i druga ograničenja. Svaka institucija definiše sopstveni set ograničenja koje raspored časova treba da ispuni. Sva ograničenja mogu da se svrstaju u dve grupe: obavezujuća i neobavezujuća. Kvalitet rasporeda časova raste sa smanjenjem broja neobavezujućih ograničenja koja su prekršena, ali raste i složenost problema.

Obavezujuća ograničenja odnose se na konflikte, kompletnost rasporeda časova, i dostupnost resursa. Predavači, studenti i učionice ne smeju se dodeliti većem broju časova u isto vreme. Svakom nastavnom bloku svakog predmeta za koje se drži nastava mora biti dodeljen tačan broj vremenskih slotova. Svaka početna (ne)dostupnost bilo kog resursa - predavača, studenata, učionica, mora biti uzeta u obzir.

Neobavezujuća ograničenja se mogu odnositi na raznovrstan spektar zahteva. U ova ograničenja spadaju zahtevi vezani za preferirane sale od strane predmeta, predavača ili studentskih grupa. Univerzalnost rasporeda časova obezbeđuje univerzalnu strukturu za sve studentske grupe i radne nedelje, zabranjene i zahtevane radne sate koje mogu definisati kako predavači tako i studenti. Može se zahtevati i određeno preklapanje grupa i predavača radi ispunjenja obaveza koje se ne uzimaju u obzir prilikom generisanja rasporeda časova, kao i preklapanja koja se odnose na zajedničke predmete dva različita modula. Neka ograničenja vezuju se za trajanje i broj nastavnih dana, kao i za broj i trajanje pauza u toku nastave. Takođe, mogu se odnositi na zahteve vezane za redosled nastavnih blokova, i zahtevane i zabranjene termine, menjanje smena i zgrada i ostalo.

#### 4. DEFINISANI MODEL

Na osnovu različitih radova na temu rešavanja problema optimizacije, u opštem i u smislu pravljenja rasporeda časova za potrebe različitih institucija, kao i na osnovu analize konkretnih problema iz prakse, prvenstveno na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, ali i drugim fakultetima u zemlji i svetu, moguće je napraviti univerzalni model za predstavljanje rasporeda časova. Vezama između klasa u modelu moguće je predstaviti sve vrste tvrdih i mekih ograničenja. Da bi se napravio efikasan model, neophodno je izdvojiti sve elemente i definisati sve veze između njih u cilju predstavljanja svih zahteva. Problem je kompleksan usled većeg broja entiteta u domenu rasporeda časova, njihove međusobne isprepletenosti, i činjenice da se većina obavezujućih ograničenja predstavlja parovima različitih entiteta. Predloženo je rešenje koje se zasniva na uvođenju novog entiteta koji nema preslikavanje na neki od entiteta iz domena rasporeda časova. Taj entitet treba biti povezan sa svim ostalim elementima modela, i sadržati kompletne informacije o predavačima, studentskim grupama, nastavi i učionicama. Takođe, model ovakvog entiteta mora imati strukturu koja omogućava efikasan obilazak u cilju provere kršenja ograničenja svih vrsta. Struktura mora da podrži efikasnu konstrukciju i izmenu elemenata, kako bi bio primenljiv u različitim algoritmima veštačke inteligencije koji se koriste za sam pronalazak rešenja.

Detaljnijom analizom svih entiteta zaključeno je da je najpogodnije, ali i najrazumljivije za centralni element uzeti deo rasporeda, koji korisniku predstavlja jedan nastavni blok, koju sluša određena grupa studenata, koju drže određeni predavači u nekoj od učionica u određeno vreme. Ovakav entitet nazvan je blob, a prema njemu predloženi model Blob Based Timetabling model ili skraćeno BBT model. Kako je blob jedinstveni entitet koji je povezan sa svim ostalim elementima, provere koje se odnose na kršenje ograničenja svode se na ispitivanje njegovih veza, a skup ovih elemenata raspoređenih u vremenu čini sam raspored časova. Dakle, blob je najbliži osnovnom elementu izlaza iz procesa generisanja rasporeda časova koji će koristiti studenti i profesori. U ovom slučaju pod izlazom se smatra grafički prikaz koji predstavlja tabelu po danima i satima, gde je

svaki element u tabeli čas sa nazivom predmeta i učionicom u kojoj se ovaj čas održava.

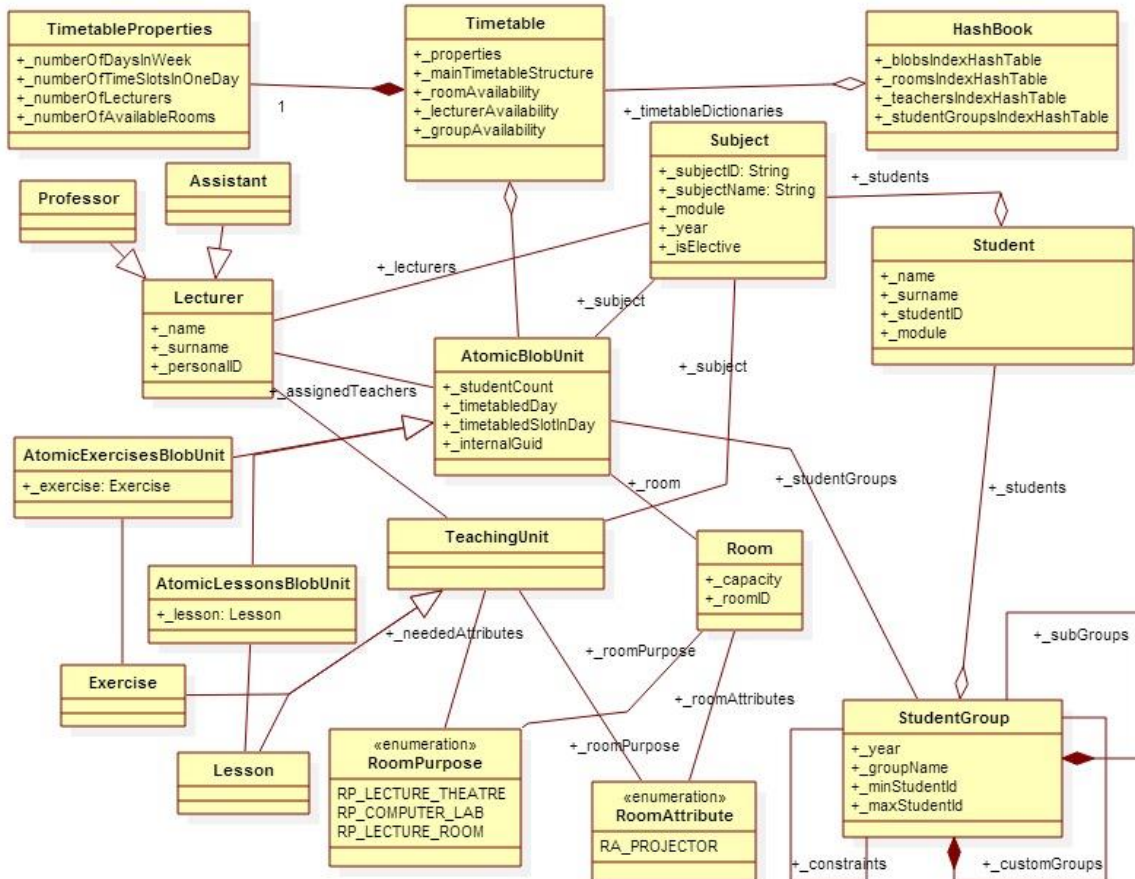
Raspored časova se može predstaviti kao četvorodimenzionalni prostor. Četiri dimenzije ovog prostora predstavljaju vreme, predavače, grupe studenata i učionice. Svaki blob, kada se rasporedi, zauzima neki deo tog prostora. Deo prostora koji zauzima ograničen je učionicom u kojoj se nastava održava, zatim skupom predavača koji drže nastavu, skupom studentskih grupa koje prisustvuju nastavi, i na kraju, vremenskom komponentom, odnosno vremenskim slotovima koji su dodeljeni nastavnom bloku. Provera dostupnosti nekog termina po svim kriterijumima svodi se na proveru da li je određeni deo prostora rasporeda časova prazan. Kao koordinate, navode se kriterijumi dostupnosti, odnosno učionica, profesori, grupe studenata, vreme. Potrebno je napomenuti da je dimenzija blob-a po učionicama uvek jedan, dok po drugim koordinatama nenulti pozitivan broj.

Za definisanje ovakvog modela upotrebljena je objektno-orijentisana paradigma, odnosno izdvojeni entiteti su predstavljeni klasama i definisane su odgovarajuće veze između njih. Objektno-orijentisani dizajn znatno olakšava razumevanje, održavanje i korišćenje modela, što predstavlja značajnu prednost kod obimnih alata koji se brzo razvijaju i često modifikuju. Sam model treba da obezbedi jasnu i eksplicitnu razdvojenost različitih hijerarhija klasa, i omogući koegzistenciju različitih tehnika (naročito heuristika) u cilju upoređivanja istih. Glavni razlog korišćenja objektno-orijentisane paradigme jeste kvalitetnije postavljanje temelja za buduće proširenje modela. Samo proširenje modela odnosi se na dodavanje novih podtipova entiteta, proširenje tipova zahteva koje je potrebno uzeti u obzir prilikom generisanja rasporeda časova, proširenje skupa operacija nad različitim klasama za potrebe različitih algoritama za što optimalnije raspoređivanje časova, testiranje tih algoritama kao i održavanje celokupnog sistema. Model je predstavljen na dovoljno apstraktnom nivou tako da se svaka promena u zahtevima, kao i svaki novi zahtev može lako implementirati.

U definisanom modelu jasno su izdvojene apstrakcije koje odgovaraju osnovnim entitetima iz problema rasporeda časova, pa je moguće dodati zahteve koje se odnose na svaku od klasa. Skup veza je definisan tako da omogućava dodavanje novih ograničenja koja se odnose na dva ili više entiteta. Zahvaljujući strukturi modela, kao i tačno definisanim i razdvojenim različitim hijerarhijama klasa i postojećim vezama između njih, model se može primeniti u sprezi sa različitim tehnikama za generisanje rasporeda časova u cilju pronalaska odgovarajuće za rešavanje konkretnog problema. Na slici 1 prikazana je uopštena arhitektura definisanog modela, sa svim hijerarhijama klasa koje su izdvojene kao relevantne za problem rasporeda časova, i bitnim vezama između klasa. Opis entiteta koji omogućavaju modelovanje problema rasporeda časova dat je u nastavku. Pošto je u domenu rasporeda časova moguće identifikovati više tipova predavača, čiji se angažmani razlikuju, samo modelovanje

predavača mora uzeti u obzir i njihove tipove. Dodavanjem različitih tipova predavača u model omogućava se predstavljanje zahteva koji su vezani za tip predavača koji drži nastavu. Svi predavači predstavljeni su hijerarhijom klasa Lecturer. Njom se modeluju svi tipovi predavača, kao što su asistenti i profesori na

primer. Proširivanjem ove hijerarhije moguće je dodati i nove tipove predavača, kao što je saradnik koji u nastavi drži samo laboratorijske vežbe. Glavne karakteristike svake sale su njen kapacitet, tip i atributi. Kapacitet sale odnosi se na broj mesta u sali.



Slika 1. BBT model

Tip sale definiše da li je sala ustvari amfiteatar, klasična učionica, računarska učionica ili neki drugi tip, i predstavljen je enumeracijom RoomPurposeEnum. Kako se sale razlikuju međusobno po tome da li u sali postoji projektor ili ne, da li postoji tabla, ili pametna tabla i slično, ove razlike moguće je predstaviti kao attribute sala. Atributi sala definišu sve specifičnosti jedne učionice koje su bitne za kvalitetno izvođenje nastave. Atributi se definišu enumeracijom RoomAttributeEnum. Ukoliko je potrebno dodati nove attribute potrebno je proširiti ovu enumeraciju novim elementima. Kako nastavni blokovi različitih predmeta imaju različite zahteve vezane za sale, jedna sala može biti pogodnija od druge za izvođenje nastave. Tip sale nije svrstan među ostale attribute, jer predstavlja glavni kriterijum prilikom pretrage sala u cilju pronalazjenja odgovarajuće za nastavni blok. Sale se predstavljaju klasom Room, koja sadrži osnovne informacije o sali, poput tipa, njenih atributa, kapaciteta, imena.

Klasa za modelovanje entiteta student (Student) sadrži osnovne informacije o studentu, kao što su ime, prezime, broj indeksa, izabrani predmeti, godina studija, smer i

slično. U zavisnosti od podataka koje je potrebno pamtiti, atributi studenata se mogu dodavati ili brisati. U zavisnosti od organizacije, mogu se definisati različiti tipovi studenata. Na primer, studenti koji imaju zaostale ispite, studenti koji pohađaju samo određeni tip nastavnih blokova iz nekog predmeta i drugo. U najvećem broju slučajeva, nije potrebno definisati različite tipove studenata.

Klasa za modelovanje predmeta čuva osnovne informacije o predmetu, kao što su identifikator predmeta, ime, godina i modul. Takođe, sadrži informaciju o tome da li je predmet izborni ili obavezan, koji studenti slušaju predmet, što je neophodno za izborne predmete, i koji predavači su angažovani na istom. Mogu se dodati i kriterijumi za dodavanje predavača i studenata na predmet.

Nastava iz jednog predmeta izvodi se uglavnom u više nastavnih blokova, kao što su na primer, predavanja i vežbe. Za svaki nastavni blok (klasa TeachingUnit) vezan je skup predavača koji su angažovani na predmetu za izvođenje nastave za taj nastavni blok, i skup informacija

o potrebama za izvođenje nastave. Ovaj skup predavača jeste podskup predavača koji su angažovani na predmetu. Nastavni blok definiše broj potrebnih vremenskih slotova za održavanje nastave i tip učionice u kojoj se održava nastavni blok. Na primer, neki časovi predavanja trebaju se održavati u amfiteatru, dok neke vežbe zahtevaju računarsku učionicu. Takođe, nastavni blok definiše attribute koje bi učionica trebalo da ima za izvođenje nastave i koji su podskup atributa definisanih enumeracijom RoomAttributeEnum. Unapred su definisana dva tipa nastavnih blokova - predavanja i vežbe. Dodavanje drugog tipa nastavnog bloka podrazumeva definisanje atributa novokreiranog bloka, i definisanje tipa predavača koji može držati časove vezane za definisani tip bloka. U opštem slučaju, za primer predavanja i vežbi, profesori drže predavanja, asistenti vežbe. Moguće je dozvoliti i druge kombinacije.

Jedinstveni sastavni elementi rasporeda časova - blobovi, predstavljeni su klasom AtomicBlobUnit. Blob poseduje direktne veze sa predavačima, predmetima, učionicama i studentskim grupama. Na ovaj način blob sadrži sve informacije koje su potrebne za njegovo raspoređivanje. Za jedan blob može biti vezano više predavača, više grupa studenata, jedna učionica, jedan predmet, i jedan nastavni blok za dati predmet. Kako blob predstavlja jedinstvenu, atomičnu jedinicu koju treba rasporediti u prostoru, a sama pozicija bloba u prostoru određuje vreme, predavače, učionice i studentske grupe koji su angažovani, ispunjenje tvrdih ograničenja rasporeda časova svodi se na raspoređivanje svih blobova u prostoru, tako da nema preklapanja. Vezama bloba sa ostalim elementima iz domena omogućena je laka provera kršenja obavezujućih ograničenja. Kako blob predstavlja atomičnu jedinicu koju treba rasporediti u prostoru, on mora sadržati sve informacije potrebne za raspoređivanje, kao što je na primer ukupan broj studenata za nastavu, kako bi bilo moguće izabrati odgovarajuću učionicu. Za svaki definisani tip nastavnog bloka, neophodno je definisati odgovarajući tip bloba u ovoj hijerarhiji koji će predstavljati delove rasporeda koji se odnose na taj tip nastavnog bloka. Na ovaj način kreira se više tipova blobova, koji odgovaraju tipovima nastave, odnosno nastavnim blokovima, što može biti korisno ako algoritam za raspoređivanje daje prioritete nastavnim blokovima, kao i prilikom iscrtavanja rasporeda. Studente je moguće klasifikovati u različite grupe. Same grupe se formiraju na osnovu različitih kriterijuma kao što su godina studija, modul, izborni predmeti, grupe za nastavne blokove i slično. Kako postoje različiti načini grupisanja studenata, postoje i različiti tipovi grupa. Uvođenjem različitih grupa, javlja se problem preklapanja grupa. Naime, postoje studenti koji se javljaju u više od jedne grupe, pa je za svaku grupu studenata neophodno definisati njene zavisnosti, odnosno grupe sa kojima ima zajedničkih studenata. Neophodno je definisati sva preklapanja između grupa, kako bi se modelovalo tvrdo ograničenje da student može biti na jednom mestu u jedno vreme. Klasa StudentGroup se koristi za modelovanje hijerarhije studentskih grupa. Osim osnovnih informacija o grupi, sadrži tri tipa veza ka drugim grupama koje su tipa jedanna više i predstavljene su listom studentskih grupa.

Pomoću ovih veza modeluje se hijerarhija i preklapanje grupa. Tačno značenje ovih listi zavisi od konkretne upotrebe. U opštem slučaju, lista `_subGroups` služi za definisanje osnovnih podgrupa, lista `_customGroups` za definisanje specifičnih grupa, kao što su grupe za izborne predmete. Lista grupa sa nazivom `_constraints` služi za modelovanje preklapanja studentskih grupa, odnosno zavisnosti između grupa. U ovoj listi bi trebalo da se nađu sve grupe koje sadrže studente koje sadrži i grupa za koju se lista definiše. Ova klasa u suštini predstavlja jedan čvor stabla, odnosno grafa, koje će biti korišćeno za predstavljanje svih veza između grupa studenata koje učestvuju u rasporedu časova. Radi uspešne manipulacije podataka smeštenih u strukture sačinjene od instanci ove klase, neophodno je definisati i funkcije za obilazak i traženje. Struktura i funkcije koje je potrebno implementirati zavise od organizacije studentskih grupa u instituciji za koju se pravi raspored časova, od ograničenja koja se uzimaju u obzir i drugih specifičnosti samog rasporeda časova.

Klasom `TimetableProperties` modeluju se svojstva rasporeda časova, poput broja radnih dana, broja vremenskih slotova u danu, broja predavača, učionica, studentskih grupa i slično. Raspored časova se najčešće pravi za pet dana u nedelji, ali to ne mora uvek biti tako. Kako različite institucije imaju različito trajanje časova, a pritom neke dozvoljavaju zakazivanje časova proizvoljne dužine, broj vremenskih slotova u danu može varirati. Trajanje časa u vremenskim slotovima zavisi od veličine slotova. Dodavanjem atributa ovoj klasi, dodaju se elementi kojima se sam raspored časova opisuje bolje. Klasa koja predstavlja sam raspored časova, sadrži četvorodimenzionalno polje za predstavljanje rasporeda časova, `mainTimetableStructure`. Četiri dimenzije odnose se na vreme, učionice, predavače i studentske grupe. Sama vrednost polja odnosi se na blobove. Uvođenjem pojma bloba, kreiranje rasporeda časova može se definisati kao raspoređivanje svih kreiranih blobova u datom prostoru rasporeda časova, pri čemu se pozicija bloba određuje pomoću skupa obavezujućih i neobavezujućih ograničenja. Raspoređivanjem svih blobova u prostoru rasporeda časova, ispunjuju se svi zahtevi koji su vezani za konflikte i kompletnost rasporeda časova. Jedna od dimenzija bloba odnosi se na studentske grupe koje su vezane za taj blob. Ograničenja vezana za konflikte studenata predstavljaju se preklapanjima studentskih grupa. Dimenzija predavača omogućava predstavljanje ograničenja koja su vezana za konflikte predavača, dok se konflikti vezani za sale modeluju dimenzijom sala. Kako se svi časovi mogu držati samo u jednoj sali, dimenzija sale je uvek jednaka jedinici. Ograničenja koja se odnose na dostupnost resursa mogu se predstaviti ograničavanjem pozicija koje blobovi mogu uzeti u tom prostoru. Ukoliko dva bloba dele isti prostor u domenu, javlja se konflikt, i raspored časova nije ispravan. Da bi se modelovala sva meka ograničenja, potrebno je kreirati posebnu hijerarhiju. Kako se većina ograničenja može predstaviti skupom veza između izdvojenih hijerarhija, radnih dana i vremenskih slotova, klasa za predstavljanje istih mora modelovati upravo te veze. Različitim kombinacijama

ovih veza, modeluju se različita ograničenja. Uvođenjem prioriteta ograničenjima, bilo automatski ili ručno, može se definisati koja će ograničenja, ukoliko zadovoljenje svih nije moguće, biti odbačena. Na slici 1 nije prikazana ova klasa zbog mnogobrojnih veza koje poseduje. Na primer, ukoliko je potrebno modelovati dostupnost nekog predavača u vremenu, koristiće se lista predavača, koja će sadržati jedan element, i liste dana i vremenskih slotova u kojima je predavač dostupan, ili u kojima predavač nije dostupan. Ukoliko treba modelovati želje predavača, klasa bi mogla imati sledeće osobine: listom učionica mogu se predstaviti one učionice koje dati predavač preferira, listama brojeva dani i vremenski slotovi koji najviše odgovaraju predavaču, dok će sam predavač biće jedini elementliste predavača. Da bi se obezbedilo što manje premeštanje studentskih grupa po učionicama, treba definisati i ovakav tip zahteva. Jedan od načina jeste da se studentskim grupama dodeli preferirana učionica. U ovom slučaju u klasi bi bile validne lista grupa studenata i lista učionica. Neophodno je imati u vidu da svako dodavanje novih ograničenja ima uticaja na samo generisanje rasporeda časova. Definisanjem velikog broja ograničenja povećava se kvalitet rešenja, ali se proces kojim se dolazi do istog usložnjava. Pošto je na ovaj način moguće uneti kontradiktornost u zahtevima, neka od ograničenja neće biti zadovoljena u cilju izrade rasporeda časova. Ako posmatramo primer proširenja dolazimo do toga da dodavanje novih tipova entiteta ne utiče na strukturu samog modela. Na primer, ukoliko je pored predavanja i vežbi potrebno ubaciti laboratorijske vežbe, neophodno je definisati novi nastavni blok koja će ih predstavljati. Pošto je za svaki nastavni blok neophodno definisati tip predavača koji može držati nastavu, nastavnom bloku se dodaju i predavači za lab vežbe. Ukoliko nastavu drži neki od već postojećih tipova predavača, definišu se samo veze između njih i nastavnog bloka. Ukoliko nastavu drži novi tip predavača, potrebno je definisati i njega, i uvesti potrebne veze. Kako za svaki blok mora postojati odgovarajući tip bloba, treba definisati tip bloba koji odgovara lab vežbama, i njegove veze.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je obrađivan problem pravljenja univerzalnog softverskog sistema za izradu rasporeda časova, koji osim validnosti u skladu sa zadatim obavezanim kriterijumima, treba da ispuni i druge, neobavezujuće zahteve. Detaljnom analizom entiteta i ograničenja među entitetima iz domena univerzitetskog rasporeda časova, a kako bi se definisao što generalniji model domena rasporeda časova izdvojeni su sledeći entiteti: student, predmet, nastavni blok, predavač i sala. Definisane su veze između ovih entiteta kako bi se predstavila sva ograničenja, kako obavezujuća, tako i neobavezujuća. Obavezujuća ograničenja odnose se na konflikte, kompletnost rasporeda i dostupnost resursa. U neobavezujuća ograničenja spadaju zahtevi koji su vezani za preferirane sale, za univerzalnost rasporeda časova, zabranjene i zahtevane radne sate, preklapanje grupa i predavača, trajanje i broj nastavnih dana, kao i za broj i

trajanje pauza u toku nastave, za redosled nastavnih blokova, i zahtevane i zabranjene termine, menjanje smena i zgrada i ostalo. Napravljen je model koji predstavlja jedinstvenu reprezentaciju problema rasporeda časova i nije specifičan za konkretnu instituciju, kako bi se postavio čvrst temelj daljem razvoju alata za generisanje rasporeda časova. U okviru modela, predložen je blob kao osnovni element koji omogućava dodavanje obavezujućih i neobavezujućih ograničenja. Zahvaljujući definisanoj arhitekturi, model se može proširiti dodatnim entitetima i ograničenjima, a da se pritom ne narušava sama struktura modela. Prednost ovog modela leži u njegovoj razumljivosti koja je posledica jasnog preslikavanja između elemenata modela i entiteta iz realnog sveta. Sam model obezbeđuje primenu različitih tehnika za generisanje rasporeda časova, pa može biti upotrebljen za upoređivanje efikasnosti istih.

Kao nastavak rada na predloženom modelu planiran je razvoj okvira koji implementira definisani model kako bi se on potvrdio za konkretne primene, a zatim analizirale mogućnosti primene modela za različite tehnike automatskog generisanja rasporeda časova. Akcenat u ovom delu biće stavljen na što kvalitetniji odabir i primenu optimizacionih tehnika kako bi se kao krajnji rezultat dobio što kvalitetniji raspored časova.

## LITERATURA

- [1] Kaviani, M., Shirouyehzad, H., and Sahadi, M., "A mathematical model for university course timetabling problems by considering multi functions", *International Journal Modelling in Operations Management*, Vol. 3, Nos. ¾, pp. 282-295, 2013.
- [2] Gunawan, A., Poh, K., and Ng, K., "A mathematical programming model for Timetabling Problem", *Proceedings of the 2006 International Conference on Scientific Computing*, Las Vegas, Nevada, USA, June 26-29, 2006.
- [3] Al-Yakoob, S., and Sherali, H., "Mathematical programming models and algorithms for a class-faculty assignment problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 173, Issue 2, pp. 488-507, 2006.
- [4] Reis, L., and Oliveira, E., "A Language for Specifying Complete Timetabling Problems", *Practice and Theory of Automated Timetabling III Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2079, pp. 322-341, 2001.
- [5] Cooper, T., and Kingston, "The Complexity of Timetable Construction Problems", *Technical Report Number 495*, The University of Sydney, Australia, 1995.
- [6] Tan, S., "The Complexity of Timetable Construction Problems", *International Journal of Information Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 31-46, 2003.
- [7] Zervoudakis, K., and Stamatopoulos, P., "A Generic Object-Oriented Constraint-Based Model for University Course Timetabling", *Third International Conference, PATAT*, Konstanz, Germany, pp. 28-47, 2000.

# ANALIZA PERFORMANSI AJAX APLIKACIJE U FUNKCIJI FORMATA RAZMENE PODATAKA

## PERFORMANCE ANALYSIS OF AJAX APPLICATIONS IN FUNCTION OF THE DATA EXCHANGE FORMAT

Zoran Veličković<sup>1</sup>, Anja Radović<sup>1</sup>  
*Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu su analizirane performanse RIA aplikacije koja koristi Ajax tehnologiju za asinhronu komunikaciju između klijenta i servera. Detaljno su razmatrani XML i JSON formati za razmenu podataka između klijentske i serverske strane aplikacije i date su preporuke za njihovo korišćenje. JSON format daje nešto bolji rezultat što je posledica njegove jednostavnije sintakse.

**Abstract** - The performances of RIA application that uses Ajax technology for asynchronous communication between the client and server are analyzed in this paper. Details are discussed of XML and JSON formats for data exchange between client and server side applications and some reference are provided. JSON format gives better result as a consequence of simpler syntax.

### 1. UVOD

U Web programiranju se RIA (engl. *Rich Internet Applications*) aplikacije smatraju akciono – orijentisanim, dok se klasične Web stranice smatraju informaciono – orijentisanim [1]. Kada se dostigne nivo interaktivnosti na Web-u sličan onom na desktop računaru, onda se Web stranica može smatrati Web (RIA) aplikacijom [2]. Ovo je razlog zbog koga se savremenim Web aplikacijama postavlja strogi zahtev za obezbeđivanjem besprekorne interaktivnosti korisnika sa Web sadržajem. Za razliku od desktop aplikacije koje ovaj zahtev lagano realizuju, Web aplikacije moraju rešiti čitav niz problema u ostvarivanju ovog cilja [3]. Izvoriste ovog problema leži u samim osnovama mrežnih Web tehnologija, odnosno, podeli Web aplikacije na klijentski i serverski deo. Iako se pomenuti delovi Web aplikacije nalaze na udaljenim računarima, oni treba da funkcionišu kao celina. Uspešna realizacija ovog zahteva podrazumeva multidisciplinarna znanja vezana za programiranje na klijentskoj i serverskoj strani Web aplikacije. Za ove potrebe razvijeni su specijalizovani skriptni programski jezici koji unapređuju interaktivnost i dinamiku Web aplikacije. Tako se na savremenim Web stranicama pored HTML koda koji predstavlja osnovne objekte Web stranice, mogu naći i programski kodovi koji podržavaju interaktivnost sa korisnikom i dinamički izgled Web stranice.

Serverska i klijentska strana RIA aplikacije uobičajeno komuniciraju putem formatiranih poruka koje se mogu razmenjivati na sinhroni ili asinhroni način u odnosu na korisničke interakcije [1]. Savremena realizacija asinhronog načina rada se zasniva na primeni Ajax tehnologije. Prednost primenjene Ajax tehnologije se ogleda u povremenoj razmeni podataka između klijenta

i servera u pozadini Web aplikacije, što će smanjiti vreme potrebno za učitavanja Web stranice i time popraviti utisak o interaktivnosti stranice. Jasno je da format i količina podataka koji se razmenjuju između klijenta i servera značajno utiču na brzinu odziva Web aplikacije. Za opis, formatiranje i razmenu podataka između klijentske i serverske strane najčešće se koristi nezavisni XML (engl. *eXtended Markup Language*) format [5]. Zbog svoje generičke prirode, XML format podataka nije podesan za razmenu podataka kod malih i srednjih Web aplikacija, tako da se za ove aplikacije preporučuje upotreba alternativnog JSON formata [6]. Sintaksa JSON-a je jednostavnija, tako da smanjuje količinu podataka za prenos.

U ovom radu su analizirane performanse Ajax tehnologije u cilju rešavanja problema interaktivnosti, odnosno brzog odgovora na zahtev klijenta za Web stranicom. Posebno je razmatran uticaj format razmene podataka između klijentske i serverske strane. Ajax tehnologije su testirane na primeru RIA aplikacije "Internet knjižara". Za analizu parametara stranice u ovom radu je korišćen softver otvorenog koda *YSlow* koji daje ocene Web stranicama na osnovu primenjenih komponenti [7].

U drugom poglavlju ovog rada je dat pregled tehnika ažuriranja Web stranica, dok je u trećem poglavlju prikazan skup tehnologija pod zajedničkim nazivom Ajax i opisani su formati podataka za sinhronu i asinhronu komunikaciju. U četvrtom poglavlju su prikazani dobijeni rezultati merenja brzine odziva primenjenih formata na RIA aplikaciji "Internet knjižara". U petom, zaključnom poglavlju, su date preporuke za primenu Ajax tehnologija kao i formata za razmenu podataka.

### 2. AŽURIRANJE WEB STRANICE

U ranim danima Interneta, većina Web aplikacija je koristila model prosleđivanja cele HTML stranice od servera prema klijenta bez obzira da li se pri tome menja sadržaj cele stranice ili samo jedan njen deo. Klik na link ili slanje podataka forme, predstavlja slanje HTTP zahteva serveru. Server obrađuje zahtev i korisniku vraća novu stranicu sa rezultatima obrade koji se prikazuju u Web čitaču. Sve aktivnosti korisnika su blokirane, javlja se *efekat praznog ekrana*, dok server ne odgovori na zahtev i pošalje novu stranicu. Ovo je osnovni vid ažuriranja Web stranice i predstavlja *sinhronu komunikaciju* između klijenta i servera. Zbog pomenutih problema vezanih za sinhronu komunikaciju, razvijen je *asinhroni* način komunikacije između klijenta i servera. Asinhrona komunikacija se zasniva na povremenoj

razmeni male količine podataka između Web aplikacije i servera skriveno od očiju korisnika (npr. prilikom validacije podataka forme). Na ovaj način je eliminisana potreba za ponovnim učitavanjem čitave Web stranice svaki put kada dođe do njene izmene što je bio osnovni problem kod tadašnjih Web aplikacija.

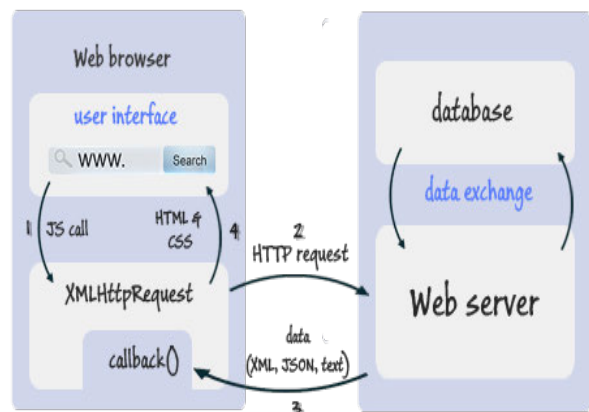
Danas se pod asinhronom komunikacijom često podrazumeva upotreba Ajax tehnologije (engl. „*Asynchronous JavaScript And XML*”), na šta ukazuje i prvo slovo ove tehnologije. Sam termin Ajax se prvi put pojavio 2005. godine [8]. U pomenutom eseju se navodi da postoje razlike između konvencionalnih desktop i Web aplikacija, ali da one svakim danom konvergiraju. Međutim, ideja za asinhronim učitavanjem Web sadržaja nije tada prvi put pomenuta, ali nije mogla biti realizovana zbog nedostatka podrške Web čitača ovom konceptu. Ono što je najviše pogodovalo razvoju Ajax-a jeste trenutak u kome se težilo da se upotreba računara prenese sa desktopa na Web stranice, za šta je bio potreban ovakav skup tehnologija.

Veliki napredak je ostvarila kompanija Google sa svojim Ajax Web aplikacijama (Google Groups, Google Suggest, Google Maps, Gmail) koje pružaju bogatiji korisnički interfejs i veću brzinu odgovora. Pored navedenih Ajax aplikacija, popularan je i Amazonov A9.com pretraživač. Broj aplikacija koji se zasnivaju na ovoj tehnologiji je i dalje u porastu.

### 3. AJAX TEHNOLOGIJA

Ajax ne predstavlja posebnu tehnologiju ili programski jezik, već predstavlja skup tehnologija namenjen dinamičkom kreiranju Web stranica. Ajax predstavlja i novi vid dinamičkog generisanja Web stranica, koji je danas široko prihvaćen i rasprostranjen. Web čitači na osnovu akcije korisnika, periodično šalju zahteve ka serveru, razmenjuje male količine podataka, pri čemu se menja samo deo stranice, i na taj način se prilikom ažuriranja informacija izbegava ponovno učitavanje cele stranice. U samom nazivu su date tehnologije koje predstavljaju osnovu Ajax-a: JavaScript [9] i XML [1], [9].

Skup tehnologija koje se danas koriste za Ajax aplikacije se ne ograničavaju samo na navedene tehnologije, već se koriste i druge tehnologije i formati, u cilju povećavanja efikasnosti Web aplikacija. Ajax tehnika se može koristiti samo u modernim web čitaču u kojima je implementirana podrška ovoj tehnologiji. U užem smisu, Ajax se odnosi na upotrebu *XMLHttpRequest* objekata za slanje asinhronih zahteva ka serveru. *XMLHttpRequest* objekat se realizuje u JavaScript-u, i obezbeđuje mu direktnu komunikaciju sa serverom bez ponovnog učitavanja stranice [1], [9]. Za razliku od klasične klijent-server tehnologije, Ajax aplikaciji rade na modifikovanom klijent-server principu. Prikaz tipične modifikovane Ajax interakcije je dat na slici 1, a može se opisati sledeći koracima:



Slika 1. Ajax asinhrona komunikacija.

1. Kada korisnik aktivira događaj na HTML stranici, poziva se funkcija JavaScript-a koja kreira i inicijalizuje *XMLHttpRequest* objekat sa definisanim URL-om, metodom HTTP zaheva i *callback* funkcijom.
2. *XMLHttpRequest* objekat upućuje poziv serveru, tako što poziva URL koji je definisan prilikom konfiguracije *XMLHttpRequest* objekta i zahtev šalje ka serveru. Kod koji se nalazi posle *XMLHttpRequest* objekata, nastavlja sa nezavisnim izvršavanjem, dok

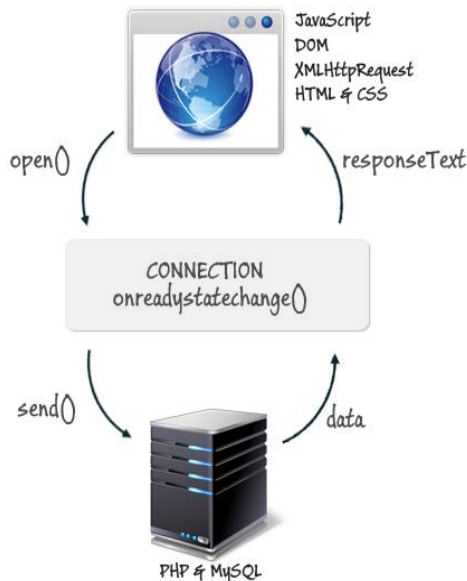
*XMLHttpRequest* objekat pravi asinhronu zahtev ka Web serveru.

3. Na Web serveru se obrađuje zahtev. Podaci se preuzimaju iz baze podataka, a odgovor je dat u nekom od forma (*XML*, *JSON*, *tekstualni dokument*).
4. *XMLHttpRequest* objekat poziva *callback* funkciju i obrađuje rezultate. *XMLHttpRequest* objekat proverava HTTP statusni kod kako bi utvrdio uspešnost komunikacije sa serverom. Nakon uspešne obrade zahteva, JavaScript menja sadržaj HTML stranice, bez ponovnog učitavanje cele stranice.

#### Skup tehnologija AJAX-a

Ime Ajax tehnologije danas više nije prikladno, jer ne objedinjuje sve tehnologije i formate koji se mogu implementirati pomoću Ajax-a. Ajax je sastavljen od skladno objedinjenih i kompatibilnih postojećih tehnologija kako bi obezbedili efikasniji Internet saobraćaj. Ajax aplikacije povećavaju funkcionalnost aplikacija, obezbeđuje brze odgovore sa servera oslanjajući se na asinhronu komunikaciju, dok se na strani servera obrađuje manja količina podataka. Na slici 2 je prikazan koncept Ajax tehnologije, tehnologije klijentske strane u interakciji sa tehnologijama servera koje su potrebne za dinamičko generisanje sadržaja bez ponovnog učitavanja cele strane. Kao što se vidi sa dijagrama, Ajax predstavlja uglavnom kombinaciju poznatih tehnologija klijenta, JavaScript, CSS, DOM, *XMLHttpRequest*. Na serveru se zahtev koji šalje Ajax aplikacija obrađuje





Slika 2. Dijagram operacija Ajax-a uključujući server.

pomoću serverskih skript jezika (PHP, ASP-a, Java, Perl), a traženi podaci se generišu iz baze.

Za sistem za upravljanje relacionim bazama podataka najčešće se koriste MySQL, PostgreSQL, dBase, Oracle, ODBC. jQuery, najpoznatija i najzastupljenija biblioteka JavaScript-a, ima podršku za Ajax funkcije pa se kreiranje i pozivanje XMLHttpRequest objekta može jednostavnije realizovati [10]. Primer realizacije asinhronih poziva pomoću jQuery-ja je dat na Sl 3.

```
$.ajax({
  async:true,           // asinhrona
  komunikacija
  type: "GET",         // HTTP metoda GET
  url: 'ajax/love_lists.php', // url
  skripta
  dataType: 'json',    // tip
  podataka odgovora
  error:
  function(request){alert(request)},
  success: function(response){
    //kod koji ispisuje podatke JSON
    formta
  }
});
```

Slika 3. Asinhroni poziv u jQuery-u.

Usled česte komunikacije između Web aplikacije i servera veliku ulogu imaju i formati podataka koji se koriste za razmenu podataka. Formati mogu da utiču na veličinu podataka koji se razmenjuju kao i na vreme prenosa i vreme obrade podataka. Podaci koji se

razmenjuju mogu da budu u vidu HTML-a, teksta, a najzastupljeniji formati su XML i JSON. XML format se najčešće koristio za prenos podataka što je bio dobar razlog da se nađe u samom nazivu tehnologije. XML predstavlja nezavisan format za razmenu dokumenta između različitih računarskih sistema, a koji je dovoljno fleksibilan da se može adaptirati najrazličitijim oblastima i sistemima.[5] XML je dobar za opisivanja složenog skupa podataka koji se razmenjuju između klijenta i servera i predstavlja standard za opis sadržaja i strukture (tekstualnih i multimedijalnih) dokumenata. XML definiše opštu sintaksu za označavanje podataka jednostavnim, svima razumljivim tekstualnim oznakama (engl. *tags*). Međutim, prilikom korišćenja XML-a neophodan je parser koji zahteva dodatne procesorske i memorijske resurse. Navedeni nedostaci se danas ne mogu smatrati ozbiljnim, sobzirom na pogodnosti koje nudi XML kroz platformsku nezavisnost. XML više nije obavezan format prilikom razmene podataka u Ajax-u pa se kao alternativa koristi JSON.

Za razliku od XML-a, sintaksa JSON-a je jednostavnija, što utiče na veličinu fajla (slika 4). Još jedan razlog za upotrebu JSON-a je što se podaci čuvaju u nizovima i zapisima, dok XML skladišti podatke u obliku stabla. JSON je čitljiviji i za ljude i mašine, pa je potrebno manje vremena za analiziranje JSON-a [6]. Organizacija podataka u strukture kod JSON formata olakšava rad u objektno-orientisanim jezicima, što je još jedna prednost JSON-a u odnosu na XML. Kod XML-a je najpre potrebno izvršiti transformisanje podataka pre nego što se uvezu u aplikaciju. Iz navedenih razloga, JSON često predstavlja bolje rešenje za Web aplikacije. JSON brže analizira podatke većih dimenzija u odnosu na XML. Za prenos manje količine XML ipak može biti bolja alternativa jer je već formatiran XHTML skup podataka koji se prosleđuje klijentu, pa odgovor može vrlo brže da se koristi, dok JSON mora da se formatira. Kada će se koji od navedenih formata primenjivati zavisi od količine i tipa podataka koji se prenose, ali i od afiniteta samog Web programera.

```
<root>
  <bookID>1</bookID>
  <Title_Book>Alhemičar</Title_Book>
  <Author>Paulo Koeljo</Author>
  <Book_Categories>Roman</Book_Categories>
</root>
```

**XML & JSON**

```
{
  "bookID" : 1,
  "Title_Book" : "Alhemičar",
  "Author" : "Paulo Koeljo",
  "Book_Categories" : "Roman",
}
```

Slika 4. Prikaz objekta u XML i JSON formatu.

#### 4. REZULTATI MERENJA PARAMETARA APLIKACIJE

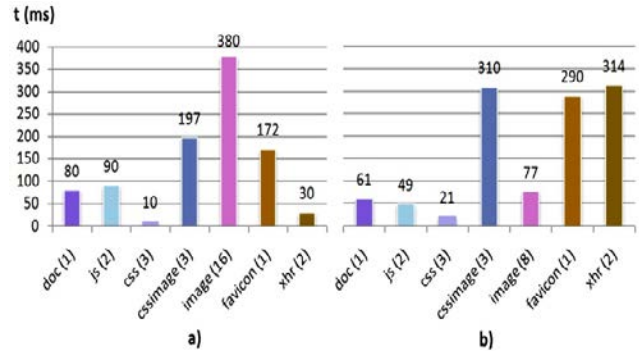
Integriranjem tehnologija servera i klijenta poboljšava se korisničko iskustvo QoE (engl. *Quality of Experience*) prilikom interakcije sa Web aplikacijama kao i efikasnost same aplikacije. Brojni su primeri spajanja Ajax-a i tehnologija servera koje omogućavaju realizaciju automatskog dovršavanja termina, validacije unosa, kaskadnih lista u formama, prikaz mape, trenutno dobijanje odgovora sa servera bez ponovnog učitavanja stranice.

Danas je razvijen veliki broj alata koji pomažu Web programerima prilikom analiziranja i otkrivanja činioca koji negativno utiču na performanse Web stranica. Za analizu parametara stranice u radu je primenjen *YSlow* alat koji daje ocene stranicama na osnovu analize njihovih komponenti [4]. *YSlow* alat ima 23 pravila na osnovu kojih generiše ocena stranice. Svaka ocena predstavlja link ka stranici sa detaljnim objašnjenjem konkretnog pravila. Kako nije uvek moguće ispoštovati sva *YSlow* pravila za optimizaciju, dozvoljeno je definisanje i korisničkog skupa pravila.

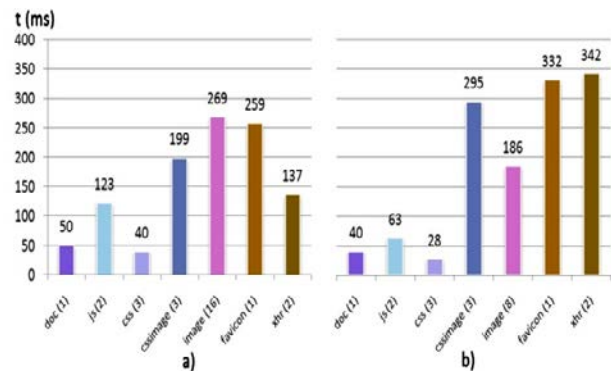
*YSlow* skenira aktivnu stranicu i prikuplja sve informacije o njenim komponentama (slike, skripte, style sheets, itd) i vrši procenu koliko je koje pravilo ispoštovano. *YSlow* koristi dva osnovna pristupa za pronalazjenje komponenti Web stranice: “*packet sniffer*” i “*DOM crawlers*”. *Packet sniffer* sakuplja informacije o stranici iz samog HTTP zahteva jer ima uvid u saobraćaj koji se odvija između računara na mrežnom segmentu. *DOM crawlers*, s druge strane, prijavljuje sve komponente koje se nalaze u DOM stablu tekuće stranice, bez obzira da li se one čitaju iz keš memorije ili se preuzimaju sa servera. Režim u kome radi aplikacija može drastično da utiče na performanse aplikacije.

U ovom radu je testiran rad Ajax aplikacije za oba formata za prenos informacija: JSON i XML. Za ove potrebe je realizovana Web aplikaciju *Internet knjižara*. *YSlow* alat meri uticaj pojedinačnih komponenti na performanse stranice. Na slikama od 5 do 8 su prikazani grafici sa kojih se može uočiti vreme potrebno za učitavanje pojedinih komponenti HTML stranice kada Web aplikacija radi u sinhronom, odnosno, asinhronom režimu, kao i kada se primenjuju različiti formati za razmenu poruka između klijenta i servera.

Na slikama 5 i 6 su prikazana vremena učitavanja pojedinih HTML objekata kada Web aplikacija radi u a) sinhronom i b) asinhronom režimu za oba tipa razmatranih formata. Sa grafika se može uočiti da je i prilikom primene asinhronne komunikacije pojedinim komponentama potrebno više vremena za učitavanje. Za XHR komponente se primenjuju različiti formati, tako da se sa grafika može uočiti manje vreme preuzimanja komponenti u JSON formatu.

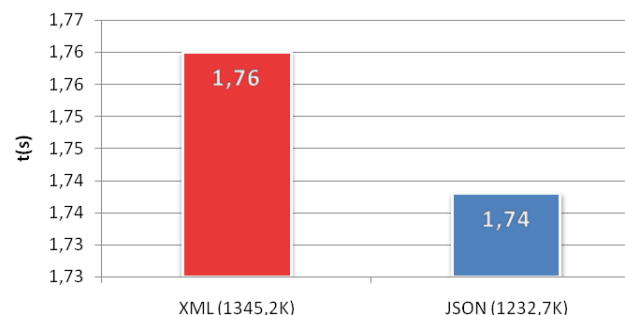


Slika 5. Vreme učitavanja HTML objekata u a) asinhronom i b) sinhronom režimu primenom JSON formata.

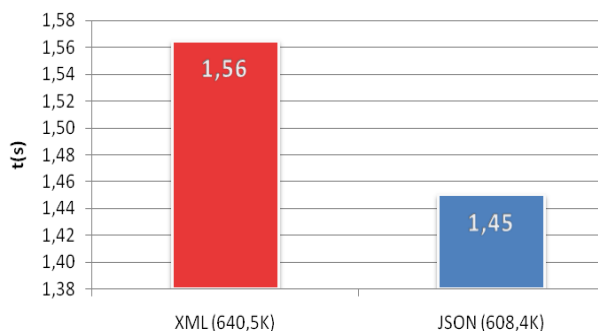


Slika 6. Vreme učitavanja HTML objekata u a) asinhronom i b) sinhronom režimu primenom XML formata.

Kako *YSlow* prikazuje vreme odziva pojedinačnih komponenti ali ne i cele stranice, ukupno vreme odziva se može pročitati iz *Net* kartice u Firebug-u. Sa grafika na slici 7 se može uočiti razilika u ukupnom vremenu odziva koja zavisi od primenjenog formata u asinhronom režimu rada aplikacije. Sa grafika na slici 7 se može zaključiti da je vreme preuzimanja podataka stranice koja ima podatke JSON formata, neznatno manje nego kod stranice sa podacima XML formata, kao i količina podataka koja se preuzima sa servera, kada aplikacija radi u sinhronom režimu.



Slika 7. Brzina odziva Web aplikacije „Internet knjižara“ za sinhronu komunikaciju primenom XML i JSON formata.



Slika 8. Brzina odziva Web aplikacije „Internet knjižara“ za asinhronu komunikaciju primenom XML i JSON formata.

Sličan zaključak se može izvesti prikazom podataka različitih formata prilikom rada Ajax aplikacije u asinhronom režimu (slika 8). Stranica koja preuzima sa servera podatke u JSON formatu ima manje vreme odziva i količinu podataka nego stranica sa XML podacima.

## 5. ZAKLJUČAK

Upoređivanjem rezultata merenja parametara Ajax aplikacije kada ona radi u sinhronom i asinhronom režimu, može se zaključiti da je količina podataka koju preuzima Ajax aplikacije prilikom asinhronne komunikacije manja nego količina podataka koju preuzima sa servera prilikom sinhronne komunikacije. Vreme odziva komponenti varira u zavisnosti od samog režima i načina implementacije Ajax tehnologije. U datim primerima, tokom merenja je dobijeno da je nekim komponentama potrebno više vremena da se učitaju tokom asinhronog režima nego u sinhronom, ali ukupno

vreme učitavanja komponenti stranica je manje prilikom asinhronog režima. Primena Ajax-a, ali i odgovarajućeg formata mogu se poboljšati performanse (što se vidi kroz rezultate merenje) samo ako se primenjuju u skladu sa odgovarajućim pravilima (prilikom razmene manje količine podataka između klijenta i servera), u suprotnom može negativno da utiču na samu efikasnost aplikacije.

## LITERATURA

- [1] P. Deitel, H. Deitel, „AJAX, Rich Internet Applications and Web Development for Programmers“, Deitel, 2008.
- [2] Z. Veličković, M. Jevtović, „Web programiranje i responsive Web dizajn u ASP .NET MVC 4“, Infoteh '14, pp. 939-944, Jahorina, 2014.
- [3] M. Jevtović, Z. Veličković, Komunikacioni protokoli prepletenih slojeva, Akademska misao, 2013.
- [4] S. Souders, High Performance Web Sites: Essential Knowledge for Front-End Engineers, O'Reilly, 2007.
- [5] E. R. Harold, *XML za programere*, Mikro knjiga, 2011.
- [6] [JSON.org](http://JSON.org), Zvanični sajt JSON formata.
- [7] [YSlow.org](http://YSlow.org), Zvanični sajt projekta.
- [8] Jesse James Garrett, *Ajax: Novi pristup razvoju web aplikacija*, Februar 18, 2005, <http://www.adaptivepath.com/ideas/ajax-new-approach-web-applications/>
- [9] Jeremy McPeak, *JavaScript 24-Hour Trainer*, John Wiley & Sons Inc, 2010.
- [10] <http://jquery.com/>

# MOBILE DISTANCE LEARNING SYSTEM DEVELOPMENT

Ivan Tot<sup>1</sup>, Andrija Karadžić<sup>2</sup>, Ognjen Letić<sup>2</sup>, Dušan Perišić<sup>2</sup>  
*Vojna akademija<sup>1</sup>*  
*Vojska Srbije<sup>2</sup>*

**Abstract** - Distance learning is a way of learning that doesn't require the student to be physically present at a certain place during the school year. There are many benefits to it, such as more time to complete tasks than a conventional class, a better approach to the problem, and a more visual way of understanding the matter at hand. Distance learning shows best results at language learning, and IT (Information Technology) related sciences, such as programming, and its applications in the military are more than necessary for the soldier of the future. Distance learning in the military includes topics like first aid, tactics, languages, law of conflict, war games and simulations. The goal of this paper is to solve the problem of accessing the learning platform on the move, e.g. from a mobile device. This paper presents the solution in the form of an Android application intended for distance learning in the military, specifically solving PBL (Problem Based Learning) problems in the Java programming language.

## 1. INTRODUCTION

Distance learning is a learning method, which has gained the greatest rise in popularity with the advance of modern computing technology. It is one of the new courses that education and learning techniques have taken in the later years, and it has proven to be a very effective way of gaining knowledge in areas such as languages, and information technologies. This success can be attributed to the fact that the students are no longer passive, simply attending classes from a lecturer, but they can take part, by solving online quizzes, reading additional study materials, and watching various video lectures. If the lecturer allows it, entire lectures can be recorded in order to be watched later, and even multiple times, which enables students a better grasp of the matter that is being studied. It has very good effect on teachers and students alike [1].

The latest step in the progress of distance learning is its shift towards mobile platforms. The ongoing development of mobile devices, such as phones and tablets, has given them a greater processing power, thus making them suitable for more advanced and resource-consuming uses, such as running distance learning applications.

## 2. DISTANCE LEARNING

Distance learning is usually conducted through study platforms and tools. Some of those platforms are the Moodle, WebCT and Blackboard. Even though the Blackboard and WebCT were created first, the Moodle has gained great popularity and is more widely used. These platforms are primarily used on colleges and high

level educational institutions worldwide, and since recently, they have seen the introduction into active use in schools and faculties in Serbia.

Standards in distance learning are a combination of specifications made by the accredited organizations such as the ISO (International Organization for Standardization). These standards enable us to:

- use different platforms
- exchange data on a global scale
- personalize the learning experience
- achieve better study results
- increase reliability and productivity
- use new tools and technologies

Educational institutions have decided to make such a move for many reasons. Via these platforms teachers can submit their lectures and have the option to provide more explanations and instructions than it would be possible in a physical lecture. Also, there is the option to set homework and problem questions. This kind of studying method is also beneficial for the students, since they can access lectures at any time in any place, and all the study materials would be available, so they can revisit previous lectures in case they missed out. This study method has proven to be efficient and convenient for both teachers and students, because it overcomes the monotony of the ordinary classroom, and enables students interactivity through computers. Most significant progress is noticeable in foreign languages and IT technologies studying.

Educational institutions value this method of learning because it allows for detailed monitoring of every students progress, and control and observe the lecturers work [1].

## 3. SYSTEM ARCHITECTURE

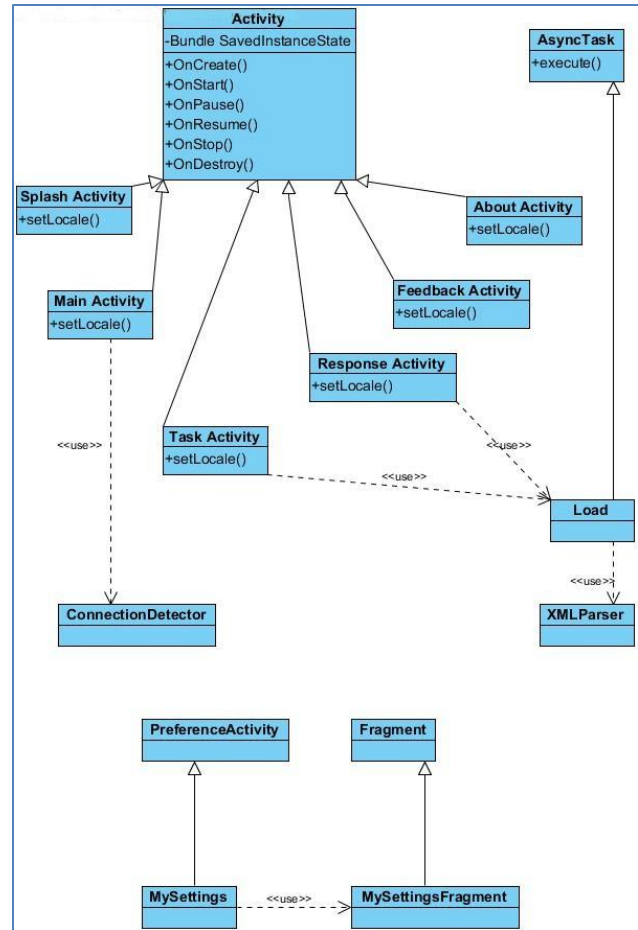
There are two main demands that must be complied with, from the aspect of the user. Those are - a very simple user interface, mainly meaning the simplicity of use, avoiding the need for complex tutorials, and instruction manuals, and a high level of availability - meaning that the user can access the study materials at any time, practically anywhere.

Taking into consideration the demands being placed from the user aspect, and a lot of other subtle demands not immediately visible from the beginning of the application development, such as the need to select a mobile platform that is widely used, and preferably open source, easy to modify and adjust to the users needs etc, the logical choice that comes to mind is the Android mobile

operating system. The advantages of this system are the fact that it is an open source system, which means it is free of charge, along with all the applications developed for it, that the application development itself is a relatively simple process, and mostly compatible with all the versions of the operating system, wide market availability, and simplicity of use [2].

The drawbacks of Android are mostly the system security, which is not tested to a satisfactory extent, but it only poses a problem with internal security breaches, where the attack comes from the applications that the user has already allowed access to his device. Also, considering that this is an educational application, and it does not perform sensitive or private information handling, which could in any way jeopardize the users safety, or in other way damage the device, it is safe to say security is not a critical factor. This does not go to say that Android has bad, or no security features, but just addresses the most common flaw of Android as seen by the user community [3].

The mobile learning application presented in this paper is developed as an extension of the desktop e-course version. The application itself relies on a Java web service to provide problem generation, and solution analysis. The idea behind it is to deliver almost the same functionality to the mobile clients. There are two challenges: one is keeping away unnecessary processing from the mobile client as much as possible in order to save the devices limited resources; other one is to relive the dedicated PBL application platform from the user data. The basic UML (Unified Modeling Language) class diagram of the application can be seen in Picture 1.



Picture 1. UML Class diagram

The client application sends several requests and receives XML (Extensible Markup Language) files as responses (Picture 2) from the server in a successful task solving session. The first request is made when the user selects a type of problem to solve from the main menu. The client sends a "GET" request, containing problem type, session identification number and desired language in the query string.

```

<root>
  <label>Solve the next problem</label>
  <sessionId>791EB42DABB41AB2D68B6999AE50F5E2</sessionId>
  <lang>english</lang>
  <action>report_xml.jsp</action>
  <problem id="32303" type="primitive_types">
    <ptext>Define float variable t and set t to 0.56857</ptext>
  </problem>
</root>
    
```

Picture 2. Example of an XML response

The client parses the XML file and fetches the problem text, displays it to the user, and inflates a textbox, which can be used to input the solution. Once the user has entered the solution, the client makes another request, this time containing all of the parts of the previous request, but also including the problem id, and users solution.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2
3
4
5 <root>
6 <semantic_analysis_review>![CDATA[Everything is correct
7
8 -----
9 GENERATED JavaPBL
10 SYSTEM SOLUTION is:
11 -----
12
13 float y = 0.25070;
14 ]]></semantic_analysis_review>
15 </root>
    
```

Picture 3. Example of an correct XML response

The response is different based on whether the user solution is correct (Picture 3) or not (Picture 4).

```

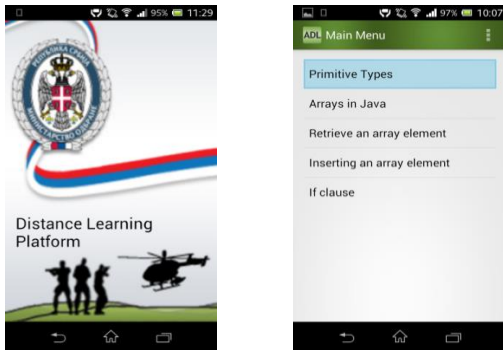
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2
3
4
5 <root>
6 <semantic_analysis_review><![CDATA[You made following errors
7 Wrong variable name is specified
8
9
10 -----
11 GENERATED JavaPBL
12 SYSTEM SOLUTION is:
13 -----
14
15 float y = 0.25070;
16 ]]></semantic_analysis_review>
17 </root>
    
```

Picture 4. Example of an incorrect XML response

Finally, the user gets the server response, and can see whether his solution was correct or not. Then, another attempt can be made at solving the same problem type, or the user can choose to move on to another type.

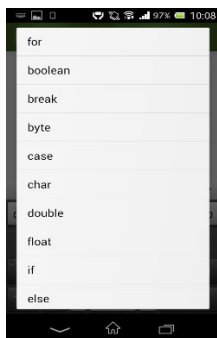
**4. EXAMPLE OF USE**

Upon application start, the user is presented with a splash screen, and then enters the main menu (Picture 5), with several options available. The main part contains a list of all the available problem types. By choosing one of the possible types, the user is transferred by the application to a new screen, which is the main working environment. This screen presents the user with the problem text, and a textbox to input solution.



Picture 5. Splash screen, and main menu

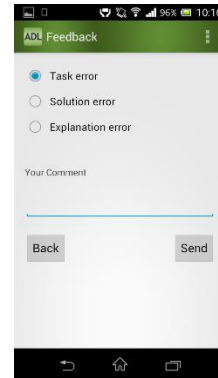
As an accessibility improvement, a context menu has been implemented in order to assist the user in inputting Java keywords. The context menu (Picture 6) contains all the Java keywords, and the user simply has to select a word to have it automatically placed in his solution.



Picture 6. Context menu containing Java keywords

When the user has finished entering his solution, he is passed to a new screen, where he can see the problem text, his solution, the solution analysis (whether he was right, or wrong, and where), and a system generated solution. From here, the user can either choose to try again, go back to main menu, or send feedback.

The feedback module is implemented as a new screen, that is an easy way to establish communication between the user community and the application development team (Picture 7).



Picture 7. Feedback screen

At any time the user can access a preference menu, where some options concerning the application can be adjusted. The most notable option is the language setting, which changes both the way that the application is displayed to the user, and the way the server handles the requests from the client.

**5. CONCLUSION**

The next step in distance learning is definitely moving on to mobile technologies. One of the most suitable platforms for such work is the Android. The combination of these methods and technologies is an unexplored area that has a great potential from both the IT and educational aspects. The application presented in this paper is ready for introduction into active service, and can even be improved further. The future work may include a more dynamic user interface, implementing the latest options that Android has to offer, and implementing some kind of study material aid, such as videos, or pdf files that the user can access via the application, and that would further promote his educational achievements.

**REFERENCES**

[1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Distance\\_education](http://en.wikipedia.org/wiki/Distance_education)  
 [2] <http://developer.android.com/guide/index.html>  
 [3] <https://source.android.com/devices/tech/security/>

# ANDROID APLIKACIJA ZA PRORAČUN PARAMETARA RADIO-RELEJNOG LINKA

## ANDROID APPLICATION FOR CALCULATING PARAMETERS OF RADIO-RELAY LINK

Boban Mihailov<sup>1</sup>, Ljubomir Reljin<sup>1</sup>, Sima Kerešević<sup>1</sup>, Danilo Lazović<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>1</sup>  
*Vojna akademija<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U radu je predstavljeno rešenje za proračun pojedinih parametara radio-relejnog linka posredstvom Android mobilne platforme. Osnovna zamisao je da ova aplikacija bude namenjena za oficire službe telekomunikacija koji su u Vojski Srbije zaduženi za projektovanje i implementaciju ovakvih sistema. Pored toga značajnu ulogu ova aplikacija ima i u edukaciji studenata Vojne akademije, koji uz upotrebu Android uređaja mogu na brz i jednostavan način da provere rezultate dobijene radom na papiru.

**Abstract** – This paper presents a solution for the calculation of certain parameters of radio-relay link through the Android mobile platform. The basic idea is that this application is intended for officers of telecommunications services which are in the Army of Serbia responsible for the design and implementation of such systems. In addition a significant role of this application is to educate students of the Military Academy, who by using Android devices can quick and easy check the results obtained from the work on paper.

### 1. UVOD

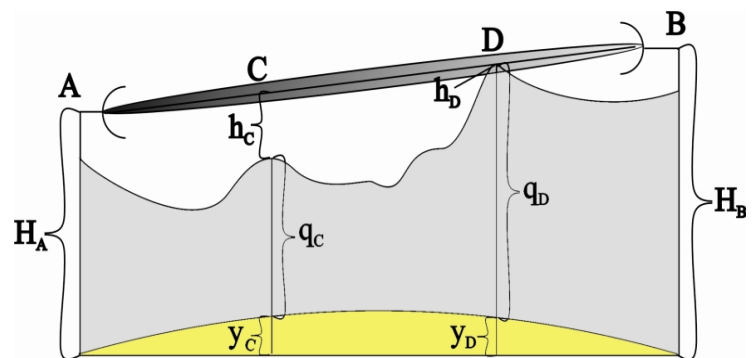
Radio-relejne veze predstavljaju nezaobilazni oblik prenosa signala vrlo širokog spektra. Radio-relejni komunikacioni sistemi spadaju u fiksne radio-komunikacione sisteme sa usmerenim zračenjem koji rade u frekvencijskim opsezima od 300 MHz do 100 GHz. Sistem radio-relejnih veza, u stvari, zamenjuje fizički vod sa repetitorima kao pojačavačima. Prema mestu gde se nalazi repetitor, oni se klasifikuju kao zemaljski i satelitski sistemi. Posebna vrsta ovih veza ostvaruje se korišćenjem slojeva u atmosferi, kao repetitorskih oblasti. U ovim slojevima atmosfere dolazi do raspršivanja elektromagnetske energije emitovane od strane radio-stanice na površini Zemlje, pri čemu se deo elektromagnetske energije vraća prema Zemlji i koristi za prenos signala. S obzirom na to da radio-relejni komunikacioni sistemi rade u mikrotalasnom frekvencijskom opsegu, oni se često u literaturi nazivaju mikrotalasni komunikacioni sistemi.

U radio-relejnim vezama najčešće se koristi direktan talas. Stoga, predajna i prijemna antena treba da se nalaze na liniji optičke vidljivosti koja vezuje tačke predaje i prijema, kao što je prikazano slici 1. S obzirom na konfiguraciju Zemljine površine, a imajući u vidu moguće prepreke i zakrivljenost Zemljine površine, razdaljine

koje mogu da se premoste direktnom vezom nisu velike [1].

Postupak proračuna radio-relejnog linka sastoji se iz sledećih faza:

- izbor trase
- određivanje lokacija za antene
- izrada profila trase
- određivanje prve Frenelove zone
- konfiguracija trase
- određivanje antena
- proračun kvaliteta radio-relejnog linka



Slika 1. Profil trase radio-relejnog linka

Izračunavanje svih potrebnih parametara za uspostavljanje radio-relejnog linka zahteva mnogo vremena i postoji velika mogućnost greške jer se u dosadašnjoj praksi svi parametri računaju ručno.

Zahtevi koji se postavljaju pred ovaj rad su:

- maksimalno skraćivanje vremena za proračunavanje
- pristupačnost u svim mogućim okolnostima
- eliminisanje mogućnosti greške korisnika prilikom proračuna
- implementacija relativno jednostavnog i vizuelno preglednog korisničkog interfejsa.

### 2. ANALIZA ZAHTEVA

Nakon razmatranja svih postavljenih zahteva i razmatranja mogućih 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. Aplikacije zasnovane na Android mobilnoj platformi omogućavaju relativno jednostavan i vizuelno pregledan korisnički interfejs.

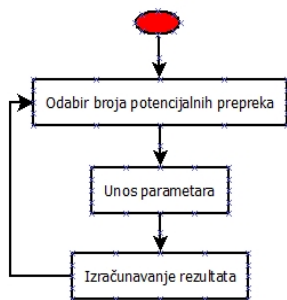
Mobilnost Android uređaja i njihova zastupljenost na tržištu dozvoljavaju korišćenje aplikacija na svakom mestu i u svako vreme. Zamena klasičnog izračunavanja parametara korišćenjem papira i olovke aplikacijom, greške korisnika koje bi nastale klasičnim načinom izračunavanja se smanjuju na minimum. Takođe to višestruko smanjuje brzinu za dobijanje rezultata.

### 3. DIZAJN I IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Za implementaciju aplikacije korišćeno je razvojno okruženje Eclipse, interfejs za programiranje API level 21 (API-Application Programming Interface) [2][3][4].

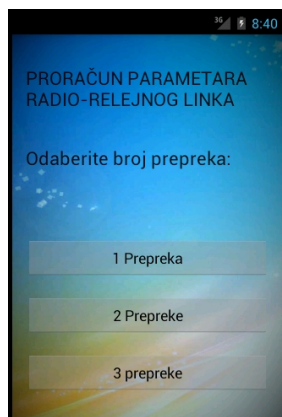
Korisnički interfejs dizajniran je tako da omogući što jednostavniji i vizuelno pregledniji pristup podacima od strane korisnika.

Aplikacija ima tri aktivnosti (eng. Activity) i kretanje između njih prikazano je dijagramom toka na slici 2.



Slika 2. Dijagram toka

Rešenje je realizovano tako da korisnik pristupa početnoj stranici aplikacije na kojoj bira za koliko potencijalnih prepreka želi da računa parametre, kao što je prikazano na slici 3, nakon čega prelazi na sledeću stranicu u aplikaciji, gde mu se izlistavaju parametri koje treba da unese.



Slika 3. Stranica za odabir broja prepreka

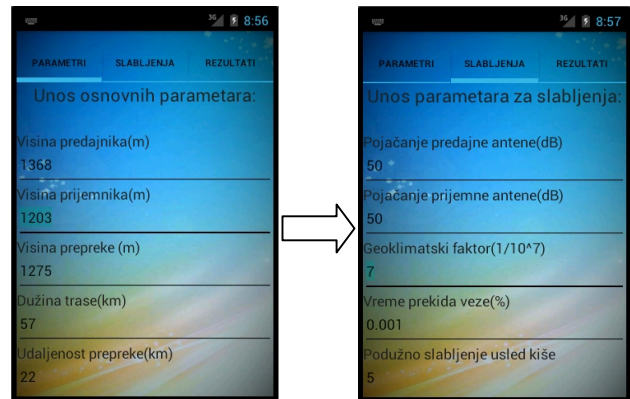
Stranica za unos i proračun parametara sadrži tri taba, kao što je prikazano na slici 4 i slici 5, pomoću kojih je omogućena korisniku bolja preglednost i lakše korišćenje.

U prvom tabu unose se osnovni parametri:

- Visina predajnika
- Visina prijemnika
- Visina mogućih prepreka
- Dužina trase
- Udaljenost mogućih prepreka
- Troposferski faktor
- Frekvencija nosioca signala

U sledećem tabu korisnik unosi neophodne parametre za izračunavanje mogućih slabljenja:

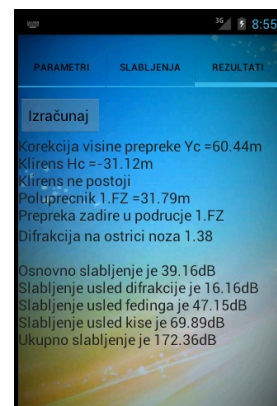
- Pojačanja predajne i prijemne antene
- Geoklimatski faktor
- Procenat vremena prekida veze



Slika 4. Stranica sa tabovima za unos parametara

Primenom padajućeg menija koji ograničava vrednost parametra i unosa uz pomoć odovogarujuće numeričke tastature, smanjena je verovatnoća unošenja neadekvatnih parametara. Korisnik u svakom trenutku ima mogućnost prelaska sa tekućeg na prethodne unose ukoliko je došlo do greške i želi da izmeni vrednosti.

Rezultati potrebni za uspostavljanje radio-relejnog linka prikazuju se nakon klika na dugme za izračunavanje na trećem tabu, što je prikazano na slici 5. Ukoliko nisu unešene sve potrebne vrednosti, prikazuje se prigodna poruka koja upozorava korisnika na nekompletnost ulaznih podataka.



Slika 5. Stranica za prikaz rezultata



Aplikacija je optimizovana za sve Android uređaje, pritom ne zauzima veliki memorijski prostor i minimalno koristi ostale hardverske resurse uređaja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Rezultat predložene mobilne aplikacije jeste najpre mogućnost bržeg, sigurnijeg i lakšeg izračunavanja potrebnih parametara za projektovanje radio-relejnih veza. Pored praktične primene ova aplikacija ima i edukativni karakter.

U predloženom rešenju direktno se unose parametri antena, koji su pre toga dobijeni proračunom, odnosno specifikacijom proizvođača antene. U daljem radu planirano je uvođenje baze podataka i grafičkog interfejsa za odabir antena koje se koriste u našoj vojsci čime bi krajnji korisnik automatski dobio potrebne specifikacije prijemne odnosno predajne antene, neophodnih za dati proračun. Sledeći korak bi bio poboljšanje bezbednosti celokupnog rešenja i razvoj za druge mobilne platforme.

#### LITERATURA

- [1] Šunjevarić M., Todorović B. "Radio-relejne i satelitske komunikacije", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2012.
- [2] Wei-Meng Lee: Android 4 razvoj aplikacija II izdanje, 2012. godine
- [3] <http://stackoverflow.com/>
- [4] <http://developer.android.com/training>

# DISTANCE LEARNING ANDROID APPLICATION: IP ADDRESSING TEST

Ljubomir Reljin<sup>1</sup>, Ognjen Letić<sup>2</sup>, Boban Mihailov<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>1</sup>  
*Vojna akademija<sup>1</sup>*  
*Vojska Srbije<sup>2</sup>*

**Abstract:** It is of the great importance for soldiers to continuous acquire and improve their knowledge so that the quality of the military is increased. Because of unpractical tradicional lectures and for freedom of choise time for learning, distance learning concept and platform are developed. Distance learning allows to acquire knowledge from diferent areas during whole career, from any place. With progress of information technolgy and their using in militay, there is a need for soldiers education. This paper presents an Android application for distance learning problems associated with IP addressing in military.

## 1. INTRODUCTION

Within Ministry of Defence of Republic of Serbia a platform for distance learning is developed. Basis of platform is distance learning support system – Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). Over last ten years moodle is the most popular LMS (Learning Management System). The reason for it's popularity lays in great adjusting possibilities for variety of demands and large base with already developed modules and tests.

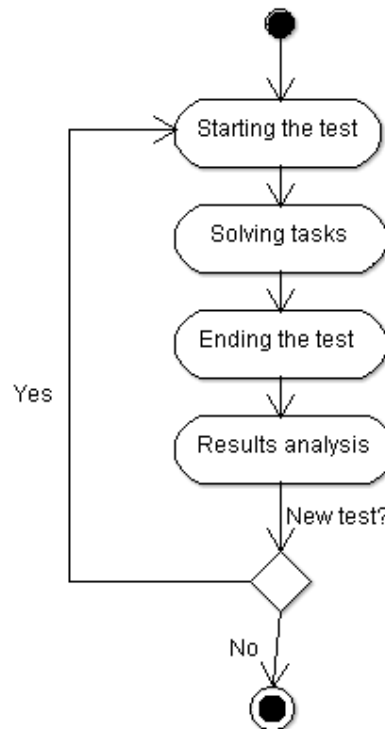
Because of distance learning practicality, and because of tendency for widening and expanding platform using, the need has imposed for tests adjusted for mobile devices. Teachers and students can benefit from these tests, especially when they are testing their level of knowledge.

In this paper a problem and solution for test associated with IP (Internet Protocol) addressing is described. This kind of test is very useful during process of adopting knowledge in computer network basics.

## 2. REQUESTS ANALYSIS

After looking at required users demands and taking in consideration necessary of quality and relatively attractive design, it has been approached to model making and sketch of application interface.

Wide range of Android mobile platform usage and availability of development tools, guided to developing application for IP adressing test in Eclipse programme tool adjusted for developing Android applications [1].



Picture 1. Activity diagram

Course of application run is shown at Picture 1, with activity diagram. As it is displayed in activity diagram, after application start it is possible to run test, solve test and after finishing test, to look at achieved score. New test is available after finishing the previous one.

Users requirement to have localized application is fulfilled. It means that is possible to solve test tasks in two different languages: Serbian and English. This is very useful for users who are not so familiar with Serbian language.

In order to run application on their device, users must download it from official web site for distance learning in Ministry of Defense.

## 3. IMPLEMENTATION OF SOLUTION

Application is developed in development environment Eclipse. Tasks and test solutions are imported from [www.problembasedlearning.org](http://www.problembasedlearning.org) site's service, and they are in textual form of JSON (JavaScript Object Notation). Customized JSON Parser is used for parsing imported data.

There are task texts, concrete subtasks and tasks solutions in imported textual data. Upon finishing the test,

comparison of user’s answers and correct ones is performed and calculation of achieved score.

Each test is divided in seven different tasks, and furthermore each task is consisted of defined number of subtasks.

**4. SOLUTION DESIGN AND WORKING DETAILS**

User interface design is created to allow as simple and clearer application use, as possible.

During the application startup splash screen with platform for distance learning’s logo appears on device screen. After that a list similar to one in the Picture 2 appears. It is available only to start a test and to choose language in which test will be solved [2]. Language is chosen from menu, and after that localization parameters are set to chosen option.

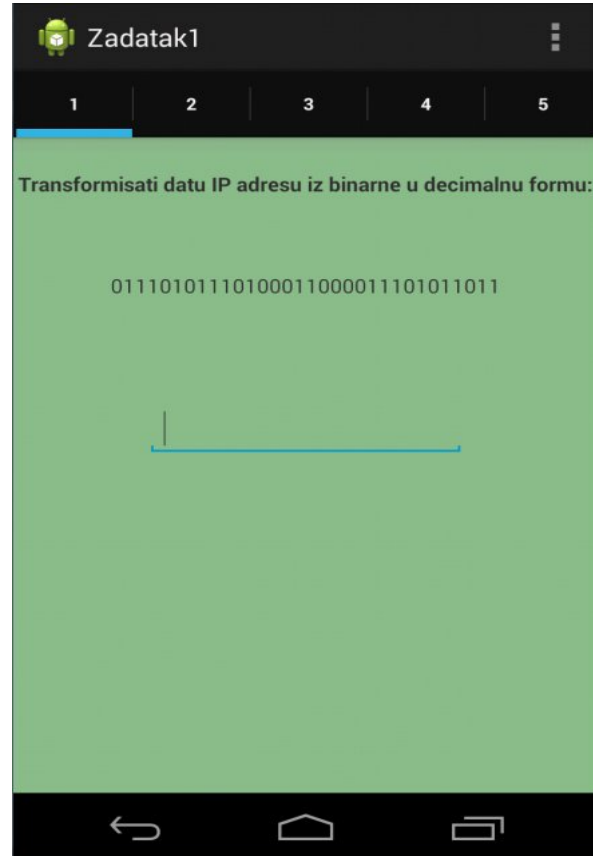
When the list option “Start test” is clicked, application is connecting with service by internet and downloads datas acquired for test. After data downloading is finished, use of other options from the list is available [3]. Option “Start test” is now unavailable.



Picture 2. Start list

User can solve tasks and subtasks in order which is the most comfortable for him. Task interface is appearing after clicking selected task and it looks like one on Picture 3.

For better overview and easier navigation during choosing subtask for solving, each task interface contains a group of tabs. Number of tabs is equal to number of subtasks in current task. It is possible to choose subtask, for solving, from tab menu line or to swipe between tasks by moving finger to left or to right over the screen. Tab menu line and swipe method are synchronized and instantly update request for another subtask [4].



Picture 3. Subtask interface

User then enters his answer in provided text field and moves to next task or subtask, which he wants to solve. The answer is going to be saved, but editable until user decides to end the test and click the “End test” option from the start list. Before that user is allowed to go back to each task or subtask and change his answer multiple times.

After clicking on option “End test”, all saved answers are compared to correct ones and achieved score is displayed in dialog box on the screen. Then application writes correct answer below user’s answer in each subtask interface. User is now allowed to overview all tasks and subtasks and correct answers to subtasks. List option “End test” is unallowed, but option “Start test” is allowed again, so user can perform another test. Until user clicks

option "Start test" again, he is able to look at all tasks, but not able to change anything. For easier overview, tabs of uncorrect answered tasks are colored red, so user can easily spot them and concentrate his attention to them.

Clicking on option "Start test" starts a new test with new data from service and previous test data are cleared.

## 5. CONCLUSION

In this paper an application is presented which goal is to make testing of acquired knowledge in field of IP addressing easier. Application is developed as Android application and internet access is necessary for its functioning.

Further work on this application implies adding user's logging option onto his distance learning platform account.

Also it will be usefull to add time limit for test solving. This application should be developed for other mobile platforms too.

## REFERENCES

- [1] Wei-Meng Lee: Android 4 razvoj aplikacija II izdanje, 2012. godine
- [2] <http://stackoverflow.com/>
- [3] <http://developer.android.com/training/>
- [4] <http://androidhive.info/>

# MOGUĆNOSTI OMETANJA SISTEMA ZA UPRAVLJANJE LETOM RADIO KONTROLISANIH MULTIKOPTERA POSSIBILITIES OF JAMMING FLIGHT CONTROL SYSTEM OF RADIO CONTROLLED MULTICOPTERS

Nikola Fejsov<sup>1</sup>, Ivan Tubin<sup>2</sup>

*Vojska Srbije<sup>1</sup>*

*Vojska Srbije<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu iznete su mogućnosti ometanja sistema za upravljanje letom na komercijalno dostupnim radio kontrolisanim multikopterima, u cilju zaštite određenog područja ili osoba od posebne važnosti.

**Abstract** - This paper presents possibilities of jamming flight control system of commercially available radio controlled multicopters, in order to protect certain areas or VIP personell .

## 1. UVOD

Vazduhoplovi su naprave koje se kreću u vazduhu i fizički su odvojene od zemljine površine. Na osnovu principa održavanja u vazduhu, vazduhoplovi se dele na vazduhoplove lakše od vazduha (aerostati) i vazduhoplove teže od vazduha (aerodini) [1].

Vazduhoplovi teži od vazduha se dele na tri grupacije: vazduhoplovi sa fiksnim krilima, vazduhoplovi sa rotacionim krilima i vazduhoplovi sa pomičnim krilima. U grupi vazduhoplova sa rotacionim krilima, pored helikoptera, žiroptera i žiroplana, nalaze se i multikopteri, koji se odlikuju brojem rotora koji je jednak ili veći od 2.

Brzi razvoj tehnologije, a naročito pametnih mobilnih telefona, doveo je do pojave velikog broja radio kontrolisanih multikoptera koji su dostupni širokom krugu korisnika. Komercijalno dostupni multikopteri prvenstveno su namenjeni za snimanje fotografija i video zapisa iz vazduha korišćenjem savremenih urađaja (npr. GoPro kamera). Međutim, događaji na fudbalskoj utakmici Srbija – Albanija koja je odigrana 14.10.2014. godine pokazuju da ove letelice mogu biti iskorišćene i u druge svrhe, koje uključuju i terorističke napade. Na sl. 1. prikazan je multirotor DJI Phantom I koji je korišćen na pomenutoj utakmici.



Slika 1. Multikopter DJI Phantom I

## 2. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE LETOM RADIO KONTROLISANIH MULTIKOPTERA

Glavni delovi multirotora su motori sa elisama, upravljački sklop, baterije i plastična ili metalna konstrukcija. U zavisnosti od cene i kvaliteta multirotora, upravljački sklop pored žiroskopa, radio prijemnika i mikroprocesora može da poseduje i druge dodatke, kao što su GPS, sonar, optički senzor protoka i drugi [2][3].

Stabilan let multirotora moguć je zahvaljujući velikoj procesorskoj moći mikroprocesora, koji na osnovu podataka iz različitih senzora (barometar, akcelerometri, GPS i drugi) i komandi koje izdaje korisnik generiše odgovarajuće signale i kontroliše rad motora.

Napredniji multirotori opremljeni sonarom imaju mogućnost preciznog održavanja zadate visine ispod visine od 10 m. Iznad ove visine, funkciju sonara preuzima ugrađeni barometar. Optički senzor protoka namenjen je za održavanje tačne pozicije multikoptera iznad određene tačke. Ovaj dodatak je izuzetno koristan ukoliko se planira upotreba multikoptera u oblastima u kojima ne postoji GPS signal, ili se on ometa. Dodavanjem GPS modula u multirotor dobijaju se dve izuzetno korisne funkcije. Prva funkcija je vraćanje multirotora na početnu lokaciju u slučaju da dođe do gubitka upravljačkog signala. Da bi ova funkcija radila pravilno, potrebno je pre poletanja multirotora kalibrirati GPS i snimiti koordinate trenutne lokacije. Druga funkcija je let multirotora po unapred određenim tačkama.

Upravljanje letom multikoptera može da se vrši pomoću radio predajnika u vidu džojstika ili pametnog mobilnog telefona sa odgovarajućom aplikacijom. Većina multikoptera u upotrebi koristi frekvencije iz opsega 2,400 – 2,484 GHz. U tabeli 1. dat je pregled snaga radio predajnika za više komercijalnih multikoptera [4][5][6].

Naziv multikoptera	Snaga radio predajnika
DJI Phantom I	100 mW
Parrot Bebop	400 mW
Walkera QR X800	100 mW
Carbon Fiber Mini C250	100 mW

Tabela 1. Pregled snaga radio predajnika

Kao što se vidi, snaga radio predajnika koji se koriste za kontrolu multirotora ne prelazi 0,4 W. Snaga koju mogu da izrače pametni mobilni telefoni najčešće ne prelazi 0,1 W. Osetljivost prijemnika na multirotoru kreće se od -100 do -80 dBm, što odgovara snagama signala od 0,1 do 10 pW. Sa navedenim snagama i osetljivostima, proizvođači

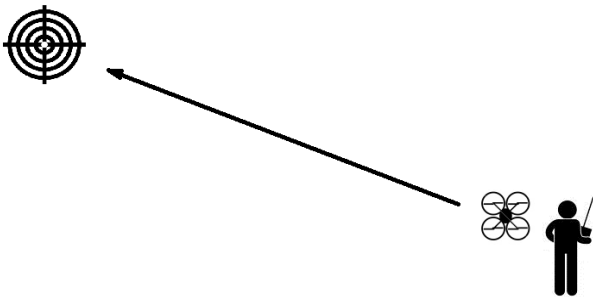
navode da je kontrolu multirotora moguće ostvariti na maksimalnim daljinama od 300 do 1000 m.

Na osnovu svega navedenog, dolazi se do zaključka da je ometanje sistema za upravljanje letom multikoptera moguće izvršiti na tri načina: ometanjem upravljačkog signala, ometanjem GPS signala i ometanjem upravljačkog i GPS signala.

### 3. OMETANJE UPRAVLJAČKOG SIGNALA

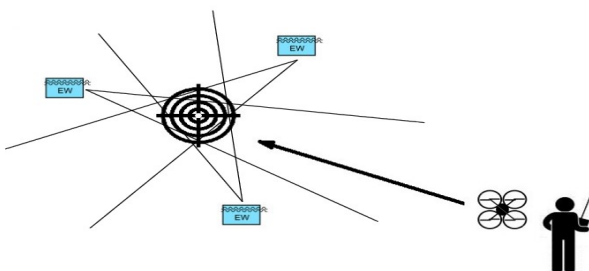
U slučaju da želimo da štitimo određenu oblast ili VIP osobu, a procene govore da je za izvođenje napada moguća upotreba multikoptera bez GPS modula, potrebno je izvršiti ometanje upravljačkog signala. U radu će biti obrađena dva moguća scenarija upotrebe multikoptera.

Prvi scenario pretpostavlja da će se napadač nalaziti pored multirotora u trenutku poletanja i vršiće njegovo upravljanje do mesta napada, kao što je prikazano na sl. 2.



Slika 2. Napadač i meta su razdvojeni

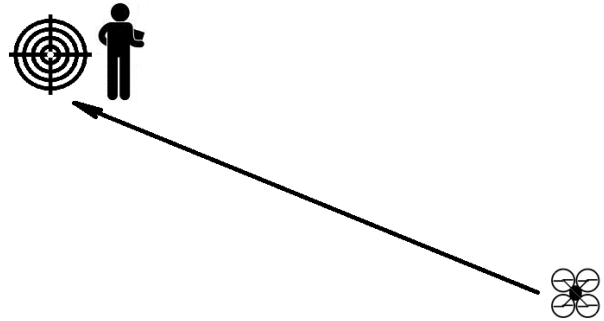
Budući da se nalazi na većoj udaljenosti od mete i mera obezbeđenja, napadač može da koristi radio predajnik, što mu omogućava kontrolu multikoptera do daljina od 1 km. U ovom slučaju, ometanje signala upravljanja je moguće izvršiti postavljanjem ometača sa usmerenom antenom koja će pokriti zonu u kojoj se nalazi objekat koji se štiti. S obzirom da su snage ometača znatno veće od snage radio predajnika, multirotor će izgubiti upravljački signal. U trenutku kada izgubi upravljački signal, multirotor će se srušiti, ukoliko nema programiranu funkciju automatskog prizemljenja. Pravilnim izborom broj ometača, njihovih lokacija i usmeravanja ostvaruje se da mesto pada odnosno spuštanja multirotora bude na bezbednoj udaljenosti od objekta koja se štiti. Idejna zamisao ometanja upravljačkog signala po prvom scenariju data je na sl. 3.



Slika 3. Raspored ometača prilikom zaštite objekta

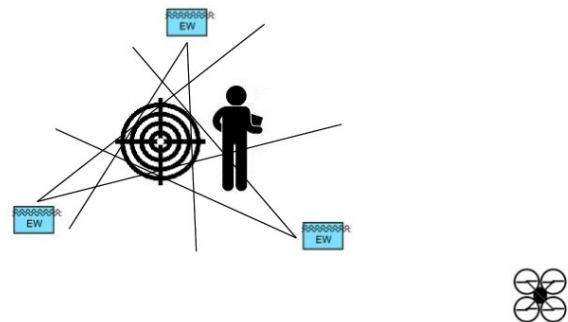
U zavisnosti od dijagrama zračenja antene ometača, variraće broj ometača koji je potreban da bi se pokrili svi mogući pravci doletanja multikoptera.

Prema drugom scenariju, napadač će se nalaziti na mestu napada i vršiće upravljanje multirotorom koji se nalazi na određenoj udaljenosti dovođenjem na mesto napada, što je prikazano na sl. 4.



Slika 4. Napadač i meta su na istom mestu

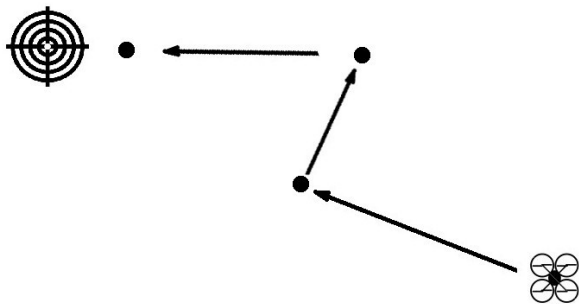
Bliže rastojanje od mete podrazumeva i prisustvo mera obezbeđenja što onemogućava korišćenje radio predajnika i uslovljava korišćenje mobilnog telefona za upravljanje multirotorom. Obzirom da mobilni telefon ima slabiji signal nego radio predajnik, multirotor se mora nalaziti bliže meti nego u prvom scenariju. Ukoliko se koristi više ometača koji su pravilno postavljeni i usmereni, do poletanja multirotora neće ni doći jer će upravljački signal biti potisnut mnogo većom snagom ometača. Idejna zamisao ometanja upravljačkog signala po prvom scenariju data je na sl. 5.



Slika 5. Raspored ometača sa zonama ometanja u zaštiti objekta

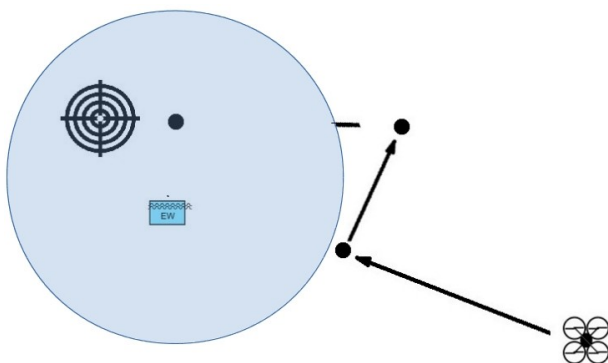
### 4. OMETANJE GPS SIGNALA

Multirotoze opremljene GPS modulom moguće je programirati tako da polete sa određene tačke i da prateći definisanu putanju dolete do mete napada, što je šematski dato na sl. 6. Multikopter DJI Phantom 2 ima maksimalnu brzinu leta od 15 m/s i može da leti oko 25 minuta, što u teoriji znači da sa GPS navođenjem može da preleti približno 22 km.



Slika 6. Let multikoptera po unapred određenim tačkama

Budući da nema izdajničkog EM zračenja radio kontrolera, kontrolom spektra ne može se ustanoviti prisustvo multikoptera u vazduhu. Način na koji se meta napada štiti od ove pretnje je ometanje GPS signala, što onemogućava prilaz multikoptera objektu koji se štiti. Ukoliko dođe do opstrukcije GPS signala u multirotoru, doći će do njegovog pada. Ovo može da bude opasno ukoliko se pad dogodi u naseljenom području. Šematski prikaz zaštite objekta od interesa ometanjem GPS signala dat je na sl. 7.



Slika 7. Zaštita objekta od interesa ometanjem GPS signala

Budući da je tipična snaga GPS signala oko 180 aW, potrebna je relativno mala snaga GPS ometača da bi se postigao željeni efekat. Upotrebom više GPS ometača moguće je stvoriti širu zonu zaštite objekta od interesa.

## 5. ISTOVREMENO OMETANJE UPRAVLJAČKOG I GPS SIGNALA

Najrealnija pretpostavka prilikom zaštite određenog područja ili VIP osobe jeste da će napadač raspolagati multikopterom sa naprednim opcijama, ugrađenim GPS modulom kao i kamerom radi upravljanja multikopterom na daljinama koje prevazilaze daljinu vidljivosti napadača. Da bi se meta zaštitila od napada potrebno je izvršiti istovremeno ometanje upravljačkog i GPS signala.

U slučaju istovremenog ometanja upravljačkog i GPS signala, a pod pretpostavkom da se multikopter kontroliše pomoću radio predajnika, multikopter bi leteo do ulaska u zonu u kojoj je signal ometača jači od signala radio predajnika. Usled gubitka upravljačkog signala, multikopter bi se nakon nekoliko sekundi prebacio u mod za povratak na početnu poziciju korišćenjem GPS-a. Budući da je GPS signal nedostupan, multikopter će se ili srušiti usled nemogućnosti kontrolisanog leta, ili će lebdeti u mestu dok se baterije ne isprazne, što će opet dovesti do pada.

U slučaju da se multikopter programira i pusti na izvršenje napada po unapred definisanoj putanji, prilikom ulaska u zonu ometanja GPS signala, doći će do pada multikoptera usled nemogućnosti nastavka kontrolisanog leta. Pod pretpostavkom da napadač na vreme uoči pad multikoptera i preuzme upravljanje, nakon dolaska multikoptera u zonu u kojoj je ometački signal jači od signala radio predajnika, došlo bi do pada multikoptera usled nedostatka i upravljačkog i GPS signala.

## 6. ZAKLJUČAK

Razvoj tehnike, naročito digitalne, donosi mnogo koristi ljudskoj zajednici. Međutim, kao i većina izuma koji su zamišljeni da služe za dobrobit čovečanstva, tako i multikopteri mogu postati oruđe za izvršenje loših stvari u rukama pogrešnih ljudi. Da bismo zaštitili objekte ili osobe od posebnog značaja od pretnji koje može da projektuje multikopter, moramo primenjivati preventivne mere koje će sprečiti prilazak multikoptera cilju i tako onemogućiti napad. Od tri istražena načina zaštite, treći način nudi najviši stepen zaštite, ali takođe zahteva angažovanje većeg broja ometača.

## LITERATURA

- [1] Branko Puharić, Mato Siladić, Miomir Raščanin, Vojni avioni, Kompanija Novosti, Beograd, 1996.
- [2] Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>
- [3] Arducopter, <http://www.arducopter.co.uk/what-do-i-need.html>
- [4] DJI, <http://www.dji.com/product/phantom/spec>
- [5] Parrot, <http://www.parrot.com/usa/products/bebop-drone/>
- [6] Helipal, <http://www.helipal.com/walkera-devof12e-12-channel-2-4ghz-digital-radio-system-wfpv-monitor.html>

# INFORMACIONA BEZBEDNOST I SAJBER ODBRANA U REPUBLICI SRBIJI

## INFORMATION SECURITY AND CYBER DEFENCE IN REPUBLIC OF SERBIA

Nenad Dimitrijević, Mario Stanković, Nebojša Petrović  
*Ministarstvo odbrane Republike Srbije*

**Sadržaj:** Informacione tehnologije (IT) u savremenom svetu prepoznate su kao glavni faktor uticaja na ekonomski rast, inovativnost i napredak u svim aspektima društva, pa i u oblasti bezbednosti i odbrane. Istovremeno sa razvojem IT povećavaju se rizici i pretnje njihovih zloupotreba, sa mogućim ozbiljnim posledicama. Zbog toga, informaciona bezbednost sve više dobija na značaju i postaje jedan od osnovnih preduslova razvoja informacionog društva.

*Abstract: In the modern world Information technology has been recognized as a major factor for the economic growth, innovation and progress in all aspects of society, especially in the field of security and defense. Simultaneously development of IT increases the risks to their abuse, with possible serious consequences. Therefore, information security is increasingly gaining in importance and is becoming one of the main prerequisites for information society development.*

### 1. UVOD

Informaciona bezbednost podrazumeva očuvanje tajnosti, integriteta i raspoloživosti informacija, a danas, u eri ekspanzije informaciono telekomunikacionih sistema (ITS), često je u upotrebi i termin informaciona sigurnost, koji podrazumeva očuvanje tajnosti, integriteta, dostupnosti, neporecivosti i autentifikacije informacija u sajber prostoru.

Inače, kada je reč o bezbednosti informacija, prvo je nastao pojam komunikacione bezbednosti (COMSEC – Communication Security), sa pojavom računara nastala je računarska bezbednost (COMPUSEC – Computer Security), a kasnije se ova dva pojma objedinjuju u informacionu bezbednost (INFOSEC - Information Security).

Još uvek ne postoji usaglašena definicija pojmova informaciona bezbednost, sajber prostor, sajber bezbednost, sajber kriminal, sajber terorizam, sajber špijunaža, sajber ratovanje. Polazište za definisanje ovih pojmova, najčešće je američka teorija informacionog ratovanja (information warfare).

**Informaciona bezbednost**, primarno podrazumeva bezbednost informacija u ITS, a sekundarno – bezbednost računara (računarskog sistema) i računarske mreže, čime se posredno štite informacije. Cilj informacione bezbednosti jeste zaštita informacione imovine, odnosno zaštita računara, računarskih sistema, računarskih

programa i računarskih mreža u cilju očuvanja poverljivosti, integriteta i raspoloživosti informacija.

**Sajber** se definiše kao sve što se odnosi na, ili uključuje, računare ili računarske mreže (kao što je Internet). **Sajber prostor** se često poistovećuje sa Internetom, međutim on je više od toga i podrazumeva informacionu imovinu i društvenu interakciju u okviru mreža. Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU) pod pojmom „sajber“ podrazumeva sisteme i servise povezane bilo direktno ili indirektno na Internet, telekomunikacione sisteme ili računarske mreže. Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) pod tim pojmom podrazumeva kompleksno okruženje koje je rezultat interakcije ljudi, softvera i servisa na Internetu i to posredstvom tehnoloških uređaja i mreža sa njima povezanim, koji ne postoji u bilo kom fizičkom obliku.

**Sajber bezbednost** ISO definiše kao očuvanje tajnosti, integriteta i dostupnosti informacija u sajber prostoru. ITU šire definiše sajber bezbednost kao kolekciju alata, pravilnika, bezbednosnih koncepata zaštite, smernica, pristupa u upravljanju rizicima, akcija, obuka, najboljih praksi, kao i tehnologija koje se mogu koristiti radi zaštite sajber okruženja, organizacija i korisničke imovine.

**Sajber odbrana** se kao pojam uglavnom koristi u vojnom kontekstu, ali može se odnositi i na kriminalne i špijunske aktivnosti. NATO definiše sajber odbranu kao „sposobnost da se osigura isporuka i upravljanje servisima u operativnim ITS kao odgovor na potencijalne, neposredne kao i stvarne maliciozne akcije koje potiču iz sajber prostora“.

**Sajber kriminal** je u domaćem zakonodavstvu poistovećen sa pojmom visokotehnoški kriminal i definisan kao vršenje krivičnih dela kod kojih se kao objekat ili sredstvo izvršenja krivičnih dela javljaju računari, računarske mreže, računarski podaci, kao i njihovi proizvodi u materijalnom ili elektronskom obliku.

**Sajber terorizam** – polje sajber terorizma se u mnogome poklapa sa visokotehnoškim kriminalom ili čak i sa običnim terorizmom. U užem smislu sajber terorizam predstavlja sa predumišljajem, politički motivisan napad na informacije, računare, računarske sisteme, računarske programe i računarske mreže čiji je rezultat nasilje nad neborbenim (civilnim) ciljevima od strane pojedinaca, grupa i/ili organizacija. U širem smislu, predstavlja izvođenje napadnih operacija, od strane pojedinaca, grupa ili organizacija u sajber prostoru iskorišćavanjem



njegovih svojstava, koje rezultiraju nasiljem ili pretnjom nasiljem radi stvaranja straha kod vlasti države i/ili njenih građana, a sve u cilju ostvarivanja političkih ili socijalnih ciljeva.

**Sajber špijunaža** – NATO definiše sajber špijunažu kao korišćenje računarskih sistema ili informacionih (informatičkih) tehnologija da se nelegalnim putem dođe do poverljivih informacija države, privatnog sektora ili neke druge organizacije.

**Sajber ratovanje** predstavlja oblik asimetričnog ratovanja za koji ne postoji zvanična ili generalno prihvaćena definicija. Ovaj pojam NATO definiše kao borbene operacije – obaveštajne, napadne, odbrambene, na visokotehnoškom bojištu u kojima suprotstavljene strane koriste visokotehnoška sredstva, opremu i sisteme u cilju sticanja prednosti za prikupljanje, kontrolu i korišćenje informacija. Više od 30 država je prihvatilo doktrinu i najavilo razvoj specijalnog programa ofanzivnih mehanizama sajber ratovanja. Prema nekim izveštajima NATO-a, oko 120 zemalja razvija sopstvene vojne sajber kapacitete.

## 2. STANJE U REPUBLICI SRBIJI

Informaciona bezbednost u Republici Srbiji nije na željenom nivou. Republika Srbija još uvek nije donela neophodna strategijska i normativna dokumenta u oblasti informacione i/ili sajber bezbednosti i jedna je od malog broja zemalja u Evropi koja nije formirala nacionalni tim za reagovanje na računarske incidente – CERT. Osim toga, problem zaštite informacione infrastrukture predstavlja i nedostatak stručnog kadra u toj oblasti, nedostatak neophodnih tehničkih alata za odgovor u slučaju napada, kao i nevezanost sa relevantnim institucijama u okruženju.

Posledica navedenog stanja je neadekvatna prevencija u ovoj oblasti. Sa druge strane, nešto značajniji napredak ostvaren je u represivnom delu.

Sa aspekta prevencije, značajno je to što je na nacionalnom nivou prepoznata važnost informacione bezbednosti, pa je u *Strategiji razvoja informacionog društva do 2020. godine* čitavo jedno poglavlje posvećeno tome.

Strategija posebno ističe neophodnost unapređenja pravnog i institucionalnog okvira, donošenjem propisa kojima će se urediti: standardi i područja informacione bezbednosti; nadležnosti i zadaci pojedinih institucija u ovoj oblasti; formiranje institucije za poslove verifikacije i sertifikacije metoda, softverskih aplikacija, uređaja i sistema; istraživanje i razvoj, kao i formiranje nacionalnog CERT-a, sa ciljem da preventivno deluje i koordinira rešavanje računarskih bezbednosnih incidenata.

Značajna pažnja posvećena je i borbi protiv visokotehnoškog kriminala, kao i naučno-istraživačkom i razvojnom radu u oblasti informacione bezbednosti, što

je, takođe, u funkciji unapređenja stanja informacione bezbednosti u zemlji.

U toku je izrada *Nacrta zakona o informacionoj bezbednosti*. Nositelj izrade je Ministarstvo za trgovinu turizam i telekomunikacije, a u Posebno radnoj grupi koja priprema taj nacrt, angažovana su i lica iz više državnih organa, akademske zajednice i privredne komore. Donošenjem navedenog zakona stvorio bi se normativni i institucionalni okvir za oblast informacione bezbednosti u Republici Srbiji. Taj zakon bi trebalo da definiše: akreditaciju informacionih sistema za rad sa tajnim podacima; mere zaštite informacionih sistema koji ne sadrže tajne podatke; formiranje nacionalne institucije za kriptozastitu; formiranje nacionalne institucije za prevenciju bezbednosnih incidenata u informacionim sistemima; inspekciju poštovanja primene mera informacione bezbednosti. Rešenja u tom zakonu biće u skladu sa rešenjima iz Direktive Evropske unije o zaštiti tajnih podataka u informacionim sistemima.

Oblast informacione bezbednosti delimično je uređena i *Zakonom o tajnosti podataka*, koji definiše posebne mere zaštite ITS. Na osnovu tog Zakona, doneta je *Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u ITS*, a u Kancelariji Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka, koja je ujedno i nacionalni bezbednosni autoritet za tajne podatke, formirana je organizaciona celina za informacionu bezbednost.

Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u ITS definisala je:

- 1) Organizacione i tehničke mere zaštite tajnih podataka u ITS;
- 2) Obavezu organa javne vlasti da odrede ovlašćena lica za upravljanje bezbednošću ITS;
- 3) Uslove koje ITS moraju da ispune;
- 4) Bezbednosni režimi rada ITS;
- 5) Potrebu procene rizika bezbednosti ITS;
- 6) ISO 27001 kao minimalni standard bezbednosti.

Kada se radi o represivnom delu, Izmenama i dopunama Krivičnog zakonika 2003. godine, napravljen je prvi značajan korak u krivično-pravnom uređenju borbe protiv visokotehnoškog kriminala. U Krivičnom zakoniku su uvršćena krivična dela iz oblasti bezbednosti računarskih podataka. Na bazi iskustava u primeni tog zakona, 2005. godine je donet Zakon o organizaciji i nadležnosti organa za borbu protiv visokotehnoškog kriminala, koji je predviđao formiranje posebnih državnih organa sa ovom funkcijom. Tim zakonom je po prvi put u domaćem zakonodavstvu definisan pojam visokotehnoškog kriminala kao vršenje krivičnih dela kod kojih se kao objekat ili sredstvo izvršenja krivičnih dela javljaju računari, računarske mreže, računarski podaci, kao i njihovi proizvodi u materijalnom ili elektronskom obliku.

Takođe, 2007. godine, izvršene su i odgovarajuće izmene u drugim propisima: Krivičnom zakoniku, Zakonu o krivičnom postupku, Zakonu o posebnim ovlašćenjima radi efikasne zaštite intelektualne svojine, kao i drugim

zakonskim i podzakonskim aktima u vezi visokotehnološkog kriminala.

Organi za borbu protiv visokotehnološkog kriminala obrazovani su 2007. godine, kada je u okviru MUP-a formirana posebna celina za borbu protiv visokotehnološkog kriminala.

Kada se radi o sajber odbrani bitno je napomenuti da je Kancelarija saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka krajem 2012. godine pokrenula inicijativu za izradu *koncepta i strategije sajber odbrane*. Nažalost rad na navedenoj strategiji još uvek nije otpočeo.

### 3. PREDLOZI ZA UNAPREĐENJE STANJA

U primeni mera informacione bezbednosti trebalo bi se isključivo oslanjati na sopstvene kapacitete za delovanje u sajber prostoru, odnosno zaštitu svoga sajber prostora, koje treba razvijati, proširiti i ojačati, uz istovremeno razvijanje saradnje u ovoj oblasti na regionalnom i globalnom nivou. S tim u vezi, smatramo da bi pristup u sajber odbrani trebalo da bude odbrambeni iz koga će proizići i sposobnosti za ofanzivni pristup.

Najznačajnije ljudske i materijalne resurse za sajber odbranu trebalo bi da imaju Ministarstvo odbrane, MUP i službe bezbednosti. Nakon definisanja normativnih okvira sajber odbrane i određivanja kritične informacione infrastrukture, resurse za sajber odbranu trebalo bi da imaju javne i privatne institucije (npr. Elektroprivreda, NIS, Telekom i drugi operatori elektronskih komunikacija, železnica, kontrola letenja, aerodromi, hitne službe, vodosnabdevanje, grejanje, zdravstvene ustanove, finansijske ustanove, industrija i slično), ali i akademske institucije i specijalizovani privredni subjekti iz oblasti informacionih tehnologija, posebno informacione bezbednosti. Istovremeno, izgradnja navedenog koncepta trebalo bi da utiče na podizanje nivoa svesti o sajber bezbednosti.

Jedan od najvažnijih preduslova za stvaranje održivog koncepta sajber odbrane je konstantno obrazovanje i usavršavanje kadra zbog čega bi trebalo predvideti mere za obrazovanje i unapređenje svesti, kako pripadnika sistema odbrane, tako i celokupnog društva. Istovremeno je neophodno inoviranje i proširenje nastavnih planova i programa u oblasti informacione i sajber bezbednosti i pokretanje naučnih projekata za izgradnju elektronskih sistema, tehnologija i rešenja u oblasti sajber bezbednosti.

Na osnovu navedenog, na nivou Republike Srbije trebalo bi preduzeti sledeće aktivnosti:

- doneti Nacionalnu strategiju informacione-bezbednosti i sajber odbrane;
- doneti Zakon o informacionoj bezbednosti i druga podzakonska akta, kojim regulisati postojanje potrebnih državnih tela i procedura u informacionoj bezbednosti;
- formirati nacionalno telo za koordinaciju poslova sajber odbrane Republike Srbije;
- definisati okvir za javno-privatno partnerstvo u sajber odbrani (ovu ulogu bi trebalo da ima ministarstvo zaduženo za informaciono društvo);
- formirati nacionalni CERT koji bi se bavio generalnom prevencijom;
- formirati nacionalni organ za kriptološku bezbednost i zaštitu od kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja;
- formirati Centralno telo za planiranje, implementaciju i prevenciju bezbednosti informaciona u državnim organima (CERT državnih organa);
- unapređivati nastavne programe na svim nivoima školovanja, sa temama iz informacione bezbednosti;
- unapređivati kadrovske i materijalne kapacitete postojećih institucija, pre svega za borbu protiv visokotehnološkog kriminala;
- dosledno primenjivati odredbe Zakona o tajnosti podataka i podzakonskih akata donetih na osnovu ovog Zakona i budućeg Zakona o informacionoj bezbednosti.

### LITERATURA

- [1] Službeni glasnik Republike Srbije, broj 53/11
- [2] Sinkovski S., Lučić B., „*Informaciona bezbednost*“, Ziteh, 2006.
- [3] Wamala F., „*The ITU National Cybersecurity Strategy Guide*“, ITU, 2011.
- [4] European Commission, „*Cyber Security Strategy of the European Union*“, 2013.
- [5] ITU „*Cyber security Guide for Developing countries*“, 2009.
- [6] Goodwin C.F., „*Developing National Strategy for Cyber Security*“, Microsoft, 2013.
- [7] ISO/IEC 27001:2005
- [8] ISO/IEC 27032:2012

# SIMULACIJA I MERENJE POJEDINIH PARAMETARA DVB-T2 SISTEMA NA 27. UHF KANALU

## SIMULATION AND MEASURING OF CERTAIN DVB-T2 SYSTEM PARAMETERS USING 27<sup>th</sup> UHF CHANNEL

Sima Kerešević<sup>1</sup>, Danilo Lazović<sup>1</sup>, Jovan Bajčetić<sup>1</sup>, Ljubomir Reljin<sup>1</sup>, Boban Mihailov<sup>1</sup>  
Vojna akademija<sup>1</sup>

**Sadržaj** – U radu su predstavljeni osnovni tehnički i emisioni podaci DVB-T2 sistema u Srbiji. Izvršeno je projektovanje datog sistema na 27. UHF kanalu u HTZ warfare softveru. Simulirana je pokrivenost terena digitalnim televizijskim signalom, i nivo snage kanala na prijemu. Podaci dobijeni simulacijom upoređeni su sa podacima koji su dobijeni merenjem snage signala u realnom vremenu na istim koordinatama.

**Abstract** – This paper presents the basic technical data and transmission DVB-T2 system in Serbia. Executed the design that system using 27<sup>th</sup> UHF channel in HTZ warfare software. Simulated coverage terrain of digital television signal, and the power channel level at the reception. Simulation data are compared with data obtained by measuring the signal strength in real time on the same coordinates.

### 1. UVOD

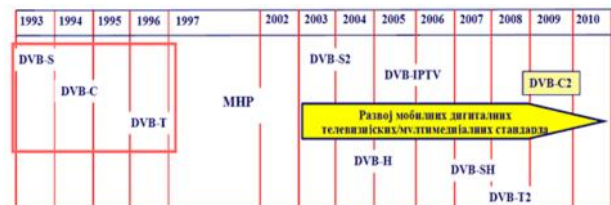
Pojam televizije podrazumeva prenos slike na daljinu. Tehnološki sistem koji to omogućava obuhvata više celina, od kojih su najznačajnije proizvodnja TV slike (programa), emitovanje i prijem.

Proizvodnja TV programa podrazumeva snimanje jednom ili sa više kamera nekog događaja, scene, osobe, objekta. Takva slika se ili direktno šalje u formi video signala do gledaoca ili se snimak obrađuje i arhivira za kasnije slanje (emitovanje).

Kompletan proces snimanja, obrade i arhiviranja TV programa je uglavnom digitalizovan, jer TV stanice odavno koriste digitalne kamere i ostalu studijsku opremu, ali sve do nedavno emitovanje TV slike (programa) nije bilo digitalno u našoj zemlji. U Americi i Zapadnoj Evropi proces digitalizacije TV mreže je započet još pre više od deset godina i danas većina razvijenih zemalja operativno koristi sisteme digitalne TV radio-difuzije. Evolucijom tehnologije tokom proteklog vremenskog perioda izdvojili su se različiti tehnički standardi za digitalnu zemaljsku televiziju (DTT – Digital Terrestrial Television). Danas se u svetu primenjuju četiri različita standarda za digitalno emitovanje TV slike i tona. Ti standardi su:

- DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting);
- ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial);
- ATSC (Advanced Television System Committee);
- DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial).

Kod nas je prihvaćen standard DVB-T2 (Digital Video Broadcasting-Terrestrial 2). Na grafikonu se može videti hronologija razvoja najvažnijih DVB standarda.



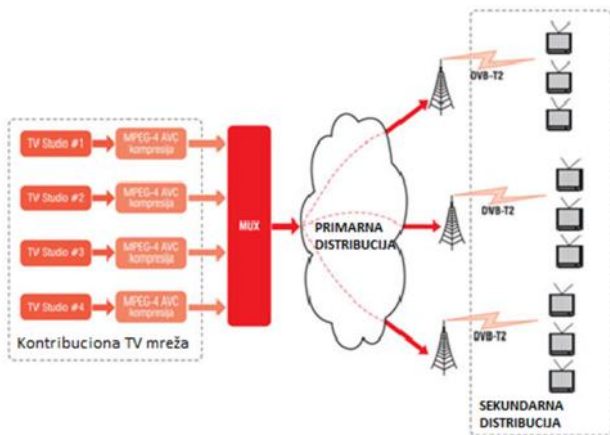
Slika 1. Hronologija razvoja najvažnijih DVB standarda

U našoj državi se strategijom utvrđuju osnovne strateške smernice za uvođenje digitalnog i gašenje analognog televizijskog i radio programa. Pri tome je u postupku utvrđivanja smernica postupano u skladu sa zaključcima Regionalne konferencije o radio-komunikacijama Međunarodne unije za telekomunikacije održane u maju i junu 2006. godine u Ženevi, po kojima je predviđeno da uvođenje digitalne i potpuno gašenje analogne televizije u Evropi bude okončano najkasnije do 17. juna 2015. Godine [1].

### 2. DVB-T2 STANDARD

Za razliku od analogne TV radio-difuzije u kojoj se difuzija određenog TV sadržaja obavlja zauzimanjem odgovarajućih resursa u radiofrekvencijskom spektru, te tako svaka TV stanica na određenom geografskom području ekskluzivno koristi sopstveni VHF/UHF radio kanal, u DTT (Digital Terrestrial Television) sistemima se emituje digitalni multipleks većeg broja TV kanala u okviru istog VHF/UHF radio kanala. U tehničkom smislu, u DTT lancu se izdvajaju sledeće četiri celine koje su predstavljene na slici 2. [2]:

- **Kontribuciona TV mreža**, kojom se prikupljaju TV sadržaji iz različitih produkcijskih kuća;
- **DVB multiplekseri**, oprema kojom se od prikupljenih TV sadržaja formira jedan ili više DVB multipleksa;
- **Mreža za primarnu TV distribuciju**, kojom se oformljeni multipleksi transportuju do geografski udaljenih lokacija sa digitalnim TV predajnicima;
- **Mreža za sekundarnu TV distribuciju**, sistem digitalnih TV predajnika posredstvom kojih se TV sadržaji emituju ka gledaocima, radiodifuznim putem, po nekom od DTT standarda.

Slika 2. DTT (*Digital Terrestrial Television*) lanac

DVB-T2 (Digital Video Broadcasting-Terrestrial 2) je standard koji predstavlja drugu generaciju sistema DVB-T standarda, osmišljen za prenos digitalne zemaljske televizije. Ovaj standard je standardizovan od strane ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Osnovni tehnički podaci DVB-T2 standarda predstavljeni su u Tabeli 1. [3]

Tabela 1. Osnovni tehnički podaci DVB-T2 standarda

PARAMETAR	DVB-T2	
Unutrašnje kodovanje (FEC)	LDPC + BCH	
Kodni količnici	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6	
Modulacione šeme	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	
Zaštitni interval	1/4=64/256 19/256 1/8=32/256 38/256 1/16=16/256 1/32=8/256 2/256	
FFT mod rada	Normalni	1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K
	Proširen	8K, 16K, 32K
VHF/UHF opsezi rada	III, IV, V, L	
Nominalna širina kanala	1M75, 5M, 6M, 7M, 8M, 10M	
Zauzeta širina kanala N	Normalni	1M54, 4M76, 5M71, 6M66, 7M61, 9M51
	Proširen	1M57, 4M86, 5M83, 6M8, 7M77, 9M71
Broj pilot šema OFDM nosilaca	8 (PP1 – PP8)	
Proširenje koda za korekciju grešaka	PP1 identična DVB-T Bitsko + Frekvencijsko + Vremensko + Čelijsko	
Diverziteti rad	SISO, SIMO, MISO, MIMO	
Maksimalni mogući bitski protok u kanalu 8MHz	50,3Mbit/s za 256-QAM, 32K+, k=5/6, 32K, $\bar{A}=1/128$ , PP7	
Konstelacije	Rotirane ili fiksne	
Maks. separacija TX (km)	159,6 <sub>32K</sub> , 134,4 <sub>16K/8MHz</sub>	

Od 21. marta 2012. Srbija se pridružila većini evropskih zemalja u kojima je započet proces prelaska sa analognog na digitalno emitovanje TV programa, jer je toga dana puštena u rad mreža digitalnih pilot predajnika i time zvanično započeo prelazak sa analognog na digitalno emitovanje TV programa. Trenutno u našoj zemlji postoji 13 pilot predajnika i 2 repetitora, koji čine inicijalnu mrežu i čiji se emisijski podaci mogu videti u Tabeli 2.[4]

Tabela 2. Emisioni podaci inicijalne mreže

R.B.	TX KANAL	Frekvencija kanala	LOKACIJA PILOT DVB-T2 PREDAJNIKA	ERP (kW)
1.	27	522 MHz	Avala	1,000
2.	31	554 MHz	Crveni Čot	3,000
3.	26	514 MHz	Kruševac - Goč	0,200
4.	27	522 MHz	Loznica - Gučevo	0,200
5.	21	474 MHz	Niš - Gorica (Apelovac)	0,500
6.	32	662 MHz	Novi Pazar - Šutenovac	0,200
7.	64	818 MHz	Ovčar	1,000
8.	27	522 MHz	Priboj - Bić	0,100
9.	47	682 MHz	Raška - Gradac	0,200
10.	47	682 MHz	Subotica – Crveno Selo	1,000
11.	57	762 MHz	Užice - Zabučje	0,200
12.	61	794 MHz	Valjevo - Pečina	0,200
13.	54	738 MHz	Vršac - Vršački Breg	0,200

R.B.	RX	TX	LOKACIJA GAP-FILLER-A	ERP (W)
	KANAL			
1.	27	27	Košutnjak - SFNAvala	50
2.	27	27	StojičinoBrdo-SFN Avala	50

### 3. SIMULACIJA

Simulacija inicijalne mreže pilot predajnika DVB-T2 sistema na 27. UHF kanalu je izvršena u HTZ warfare softveru. HTZ warfare je softver koji poseduje sveobuhvatne mogućnosti radio planiranja koje omogućavaju projektovanje i optimizaciju komunikacionih mreža u frekvencijskim opsezima od nekoliko kHz do 450 GHz. Sadrži kartografsku bazu podataka za ceo svet, uključujući slojeve digitalnog modela terena (DTM), klatera (pokrivke zemljišta) i geografske karte.

#### Glavne funkcije HTZ warfare

- **Elektronski rat** – omogućava funkcije za simulaciju ometača (uključujući frekvencijsko skakanje), detektora pravca, radare, prislušivanje uređaja. Ove funkcije su potpuno integrisane za sve zahteve današnjih tehnologija (Trunking, PMR, TETRA, WiFi). Ovim funkcijama korisnik može potpuno bezbedno da obavlja kritične zadatke (prijem poruke, čuvanje lokacije i korelaciju sa detektorima pravca).
- **Upravljanje spektrom** – ova funkcija automatski dodeljuje frekvencije i optimizuje zauzetost spektra. Omogućuje ponovnu upotrebu frekvencije kada je to moguće i minimizuje smetnje. Može biti direktno integrisan u kontrolu spektra sistema, da prati licenciranje, elektromagnetnu kompatibilnost, međunarodnu koordinaciju itd.
- **Taktičke komunikacije** – mogu da obezbede korisniku rad u dve ili tri dimenzije. Može da se simulira komunikacija na ravnima zemlja-zemlja, vazduh-zemlja, kosmos-zemlja.
- **Radio planiranje** – obuhvata proračun radio pokrivanja mreže, analizu interferencije, automatsko

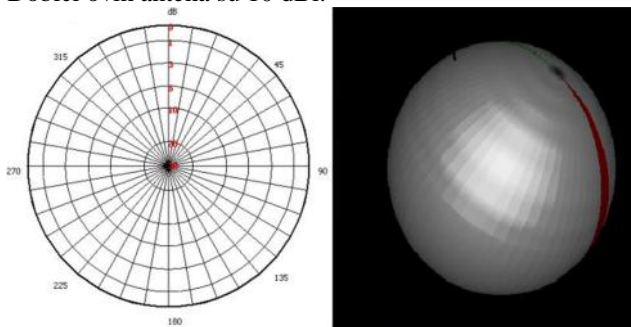
frekvencijsko planiranje, upravljanje frekvencijskim spektrom, optimizacija mreža, civilne tehnologije, digitalna kartografija i mnoge druge funkcije. [5]

Polazni elementi za formiranje projekta u HTZ warfare softveru su digitalna 3D karta terena (.geo datoteka), topografska ili geografska karta u digitalnom formatu (.img datoteka) i klateri odnosno pokrивke terena (.sol datoteka). Prilikom simuliranja pokrivenosti terena signalom u HTZ warfare softveru, korišćena je preporuka ITU-R P.1546-3. Preporuka je predviđena za point-to-multipoint predikciju u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 3000 MHz i za rastojanja od 1 km do 1000 km. Za analizu rada DVB-T2 sistema upotrebljen je inicijalno definisani scenario u HTZ warfare simulatoru. Definisani standard u okviru softvera podrazumeva frekvencijski opseg od 470 MHz do 862 MHz, sa širinom kanala od 8 MHz. U softveru je simuliran jedan predajnik i dva repetitora koja se nalaze na prostoru Beograda i čiji tehnički podaci emitovanja su predstavljeni u Tabeli 3.

Tabela 3. Tehnički podaci emitovanja

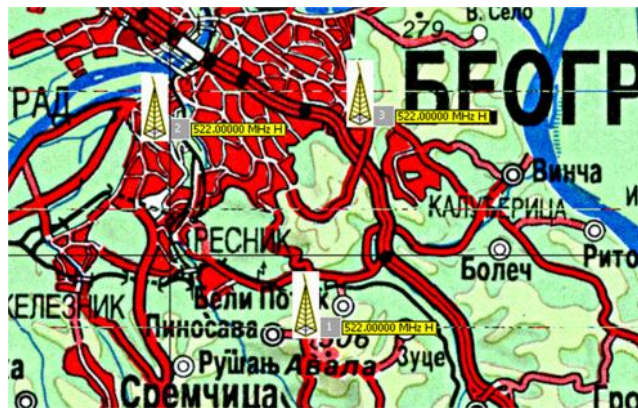
Modulaciona šema	64-QAM
Mod rada	32K
Nominalna širina kanala	8 MHz
Zaštitni interval	1/16
Kodni količnik	3/4
Pilot šema	PP4
Tip mreže	MFN/SFN
Vrsta prijema	Stacionarni
Ulazni mod	a
Antenski mod	SISO
PLP mod	Single
Frekvencijski mod	Normalni
Zauzeta širina opsega	7.61 MHz
Trajanje zaštitnog intervala	224 $\mu$ s
Procenjen bitski protok	40.58/41.43 Mbps

U simulaciji je korišćena omnidirekcionalna antena čiji su dijagrami zračenja u 2D-u i 3D-u predstavljeni na slici 3. Dobici ovih antena su 10 dBi.



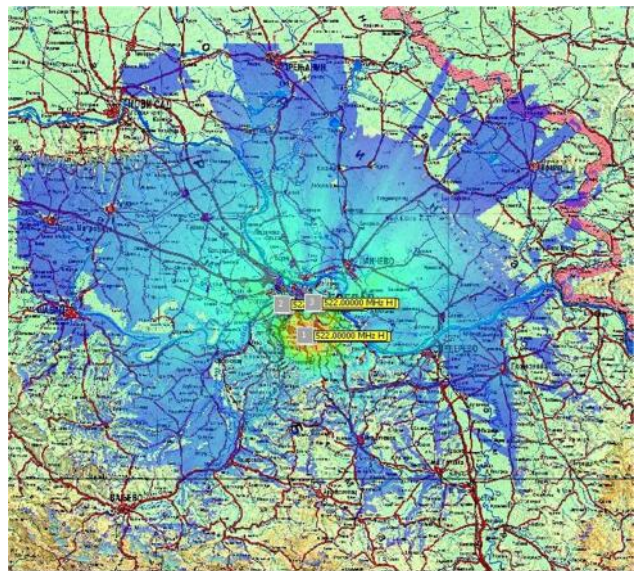
Slika 3. Dijagram zračenja u 2D-u i 3D-u

U simulatoru je postavljen jedan predajnik i dva repetitora sa svim prethodno navedenim podacima što je predstavljeno na slici 4. Sa brojem 1 je predstavljen je predajnik na Avali, sa brojem 2 repetitor na Košutnjaku, a sa brojem 3 repetitor na Stojećinom brdu.



Slika 4. Raspored predajnika i repetitora

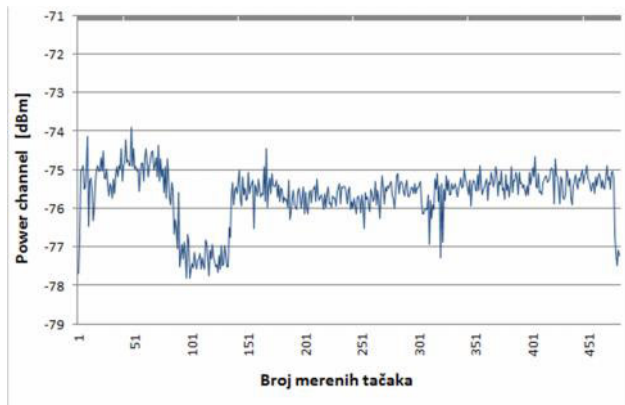
Nakon postavljanja predajnika i repetitora izvršena je simulacija pokrivenosti terena digitalnim televizijskim signalom što je prikazano na slici 5. Plavom bojom je prikazana pokrivenost terena signalom gde postoji dovoljan nivo signala za emitovanje televizijskog programa. Potreban nivo signala za adekvatnu obradu u procesu demodulacije televizijskog programa na mestu prijema je propisan u samom standardu i iznosi najmanje -137dBm.



Slika 5. Pokrivenost terena televizijskim signalom

Da bi se verifikovao rad softvera, simuliran je krajnji korisnik na prostoru Vojne, u Beogradu, i simuliralan je prijem digitalnog televizijskog signala sa predajnika i sa oba repetitora. Dobijene rezultate smo kasnije uporedili sa merenim vrednostima, što je predstavljeno u tabeli 4. Merenje je izvršeno na koordinatama koje se u potpunosti poklapaju sa koordinatama korisnika u simulatoru. Za sprovedeno merenje je korišćen Tektronix Spectrum Analyzer SA2600, kojim je meren nivo prijemnog signala na svakih 180 sekundi, u periodu od 24 časa. Na slici 6. je

grafički prikazana promena snage kanala u periodu od 24 časa. Na grafiku se jasno može uočiti da nivo snage kanala na prijemu nije konstantan u periodu od 24 časa. Kao relevantna veličina za korelaciju sa simuliranim vrednostima uzeta je srednja vrednost snage kanala u periodu od 24 časa.



Slika 6. Grafički prikaz promene snage kanala

U tabeli 4. su predstavljene vrednosti snage kanala na prijemu. Prvo su predstavljene snage kanala dobijene simulacijom. Pri simulaciji je moguće proceniti nivo snage kanala koju čini signal koji potiče sa svakog od predajnika, odnosno repetitora. Nakon toga je predstavljena srednja vrednost snage kanala dobijena merenjem snage kanala u realnom vremenu.

Tabela 4. Snaga kanala na prijemu

R.B.	Lokacija predajnika(prijemnika)	Snaga kanala na prijemu [dBm]
<b>Podaci dobijeni simulacijom</b>		
1.	Avala	<b>-77.85</b>
2.	Košutnjak	<b>-74.48</b>
3.	Stojčino brdo	<b>-101.23</b>
<b>Podaci dobijeni merenjem na mestu prijema</b>		
1.	Vojna akademija	<b>-75.64</b>

#### 4. ZAKLJUČAK

Prilikom korelacije, odnosno upoređivanja rezultata dobijenih simulacijom i rezultata dobijenih merenjem, može se uočiti da prijemnik koristi signal sa onog predajnika, odnosno repetitora sa kojeg u datom momentu potiče signal najvišeg inteziteta. Određene razlike između rezultata dobijenih merenjem i rezultata dobijenih simulacijom javljaju se jer se prijemna antena u toku sprovedenog merenja nalazila u zatvorenom prostoru, a prilikom simulacije nalazila se na otvorenom prostoru na visini od 10 m, tako da određena slabljenja unosi sama građevina. Kao preporuka JP Emisiona Tehnika i Veze, koje je sprovedo integraciju ovog sistema u našoj zemlji, navodi se da bi prijemna antena trebalo da se nalazi na visini od bar 10 m.

#### LITERATURA

- [1] Strategija za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u republici Srbiji ("Sl. glasnik RS", br. 52/2009, 18/2012 i 26/2013)
- [2] Mijatović M. "Prvo eksperimentalno DVB-T2 emitovanje u Srbiji", TELFOR, Beograd, 2009.
- [3] Časopis "Radio amater", br. 4, iz 2012. Godine
- [4] <http://www.etv.rs/televizija-1/digitalna/inicijalna-mreza>
- [5] Lazović D., Kerešević S., Bajčetić J., Pavlović B., "Simulacija i merenje pojedinih parametara radio komponente TETRA sistema", ETRAN 2014

# OKVIR ARHITEKTURA I POČETNI KONCEPTUALNI MODEL SISTEMA ODBRANE

## ARCHITECTURE FRAMEWORK AND INITIAL CONCEPTUAL MODEL FOR DEFENSE SYSTEMS

Veselin Gredić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vojska Srbije – Centar za Komandno Informacione Sisteme i Informatiku Podršku

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazan okvir arhitekture sistema odbrane (C4ISR) kao modernog polaznog koncepta za izgradnju i integraciju sistema koji su u funkciji odbrane i bezbednosti država i/ili vojnih saveza. Kratko su opisani procesi gradnje i integracija arhitekture. Izvršen je osvrt na predloženu kategorizaciju proizvoda. Dat je predlog početnog konceptualnog modela sa opisom osnovnih kategorija informacija i entiteta sistema.

**Abstract** - This article describe C4ISR Architecture Framework which is modern generic concept for building and integration of Defence system in state or military alliance. We give short outline of architecture descriptions process. We commented proposal for product categories. Also we introduce initial conceptual model with description of basic category of information and entities of the Defence system.

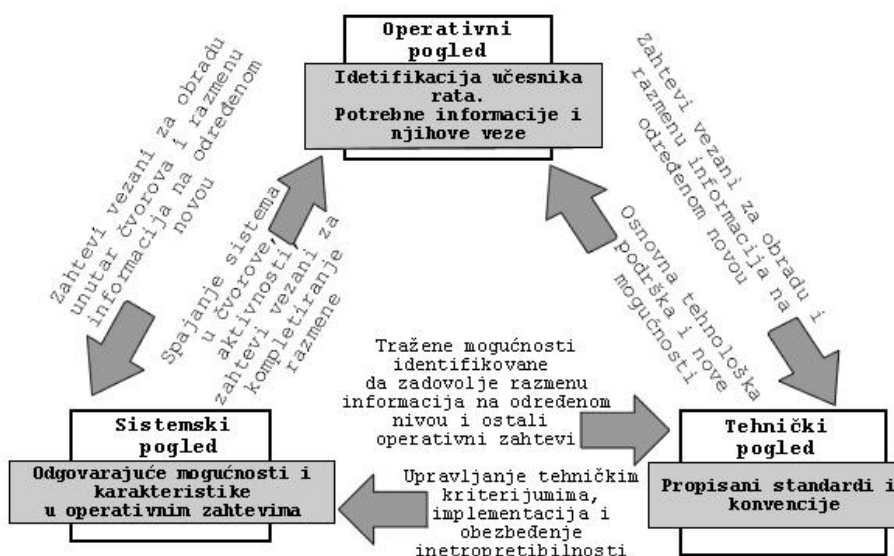
### 1. UVOD

Savremene oružane snage treba da se karakterišu fleksibilnošću, spremnošću, sposobnost da mogu biti brzo raspoložive uz kontrolisanu i preciznu upotrebu sile u cilju postizanja željenih efekata. U razvijenim sistemima odbrane najsloženiji proizvod razvoja i integracije su C4ISR sistemi, koje naša terminologija prepoznaje kao komandno-informacione sisteme najvišeg nivoa.

Kako bi se odgovorilo novim zahtevima, ubrzanom napretku tehnologija, potrebi da se uspostavi fleksibilna organizacija i povećanom broju misija opšte prihvaćen pristup razvijenih sistema odbrane je uspostavljanje i

formalizacija sveobuhvatnih i jedinstvenih smernica koje su formulisane u okvirima arhitekture (DoDAF i MODAF). Ovaj pristup je prvi put uspostavljen od strane naučnog tela pri sistemu odbrane USA u toku 1997. godine kroz publikaciju dokumenta C4ISR Architecture Framework (Version 2.0). Osnovi cilj je bio stvaranje zajedničkog jednobrazanog pristupa za komande, vojne servise i različite agencije koje su u sistemu odbrane. Važno je napomenuti da okvir arhitekture C4ISR sistema obezbeđuje smernice kako da se arhitektura opiše ali ne kako da se dizajnira i implementira. Uže posmatrano arhitektura softvera je aspekt softverskog inženjeringa usmerena na smanjivanje troškova razvoja aplikacija i povećanje mogućnosti saradnje između različitih učesnika sličnih softverskih proizvoda [1, 2]. Uopšteno, može se reći da arhitektura obezbeđuje mehanizme za bolje razumevanje sistema i upravljanje njegovom kompleksnošću. Obzirom da je softver najskuplji deo vojnih sistema postavljene smernice su postale deo softverskih alata, a okvir arhitekture je evoluirao u DoDAF Version 2.02. Uspostavljen je i UML profil za sisteme odbrane (UPDM).

U sastavu okvira arhitekture postoje tri glavne perspektive (pogleda) koje se logički kombinuju da bi se ona opisala. Tri glavna pogleda su **operativni, sistemski i tehnički** kojima su kasnije dodavani novi pogledi u skladu sa potrebama prakse. Da bi bio konzistentan i integrisan opis arhitekture mora obezbediti eksplicitnu vezu između navedenih različitih pogleda na sistem. Na slici 1 su prikazane osnovne veze između tih pogleda.



Slika 1. Osnovne veze između tri pogleda na sistem

## 2. PROIZVODI C4ISR ARHITEKTURE

Proizvodi arhitekture su oni grafički, tekstualni i tabelarni entiteti koji su razvijeni u smeru pravljenja datog opisa arhitekture, a koji opisuju njene karakteristike shodno predviđenoj namenu. Kreiranjem ovih proizvoda praktički se završava opis arhitekture. Potrebno je uočiti razliku između ovih proizvoda od onih koji dolaze iz prethodnog miljea različitih informatičkih izvora koji mogu biti iskorišćeni u pravljenju arhitekture ( npr. postojeći modeli arhitektura, leksikoni, liste za odabir i tehnički referentni modeli ). Kompletni proizvodi arhitekture su dati u [3].

Arhitekture koje se razvijaju od strane sistema odbrane su klasifikovale sve proizvode u dve kategorije :

**Suštinski** – Ovi proizvodi predstavljaju minimalni skup koji treba biti razvijen da bi se formirala arhitektura. Kroz skup ovih proizvoda arhitektura se potpuno razume u okviru sistema odbrane, njena ograničenja i uloga.

**Proizvodi podrške** – Ovi proizvodi obezbeđuju podatke koji će biti potrebni zavisno od namene arhitekture ili da obezbede podatke u cilju određenja određenih napora.

Svi proizvodi su prilagođene jednom od važnih ciljeva koji je upotrebljivost u združenim i multinacionalnim operacijama. Dva glavna tipa analize koje se odnose na ovoga pitanja su:

- analize koje se tiču sposobnosti ubrzanog kretanja u operaciju,
- i analize koje se odnose na donošenja odluka za investiranje.

Ove vrste analiza zahtevaju arhitekturu koja je komparativna i integrativna. Za svaku arhitekturu da bi bila komparativna potrebno je da poseduje skup standardnih produkata.

U Tabeli 1 su prikazani neki od proizvoda arhitekture. Alfanumerička identifikacija proizvoda je sledeća : AV-n predstavlja proizvod sa arhitekturom sva tri pogleda, OV-n predstavlja proizvod sa arhitekturom operativnog pogleda, SV-n predstavlja proizvod sa arhitekturom sistemskog pogleda, TV-n predstavlja proizvod sa arhitekturom tehničkog pogleda.

**Tabela 1**

Oz.	Proizvod	Kategor.	Opšti opis
AV-1	Pregled i sumarne informacije	Suštinski	Svrha, korisnici, okruženje, analitički nalazi ...
OV-5	Model aktivnosti	Podrška	Aktivnosti, odnosi između njih, ulazi/izlazi, razmatranja ...
OV-7	Logički model podataka	Podrška	Dokumentacija zahtevanih podataka i poslovnih pravila na Operativnom nivou

SV-2	Opis sistema komunikacije	Podrška	Fizički čvorovi i odgovarajuća komunikacijska infrastr.
SV-11	Fizički model podataka	Podrška	Implementacija logičkog modela, formati poruka, fajlova, DB šeme
TV-1	Profil tehničke arhitekture	Suštinski	Sažetak standarda koji će se primenjivati na datoj arhitekturi

## 3. PROCESI OPISA ARHITEKTURE

Na slici 2 su opisani koraci koji predstavljaju proces izgradnje arhitekture. U većini slučajeva nisu dovoljni vreme, novac i ostali resursi da bi se izgradila sveobuhvatna arhitektura sa pristupom od vrha na dole (*top-down*). Tako, pre početka opisa arhitekture, organizacija mora odgovoriti na što više pitanja koja će biti detaljno sagledana. Treba imati u vidu interese i perspektive kako korisnika tako i šireg auditorijuma. Takođe, moraju se razmotriti i tipovi analiza koje će se sprovesti, jer oni mogu imati značajan uticaj na strukturu proizvoda. Sva razmatranja se izvode sa ciljem da se napori razvoja arhitekture učine što efikasnijim i da sama arhitektura bude što uravnoteženija i korisnija.

Kada se ustanovi namena arhitekture sledi utvrđivanje očekivanog sadržaja. Stavke koje se razmatraju uključuju područje ( aktivnosti, funkcije, organizacije, vremenske okvire, itd.) sa odgovarajućim nivoom detalja koji se moraju pribaviti, konteksta u okviru "velike slike" (operativnog scenarija, geografskog područja, situacije, projektovane ekonomske situacije kao i projektovane dostupnosti i sposobnosti specifične tehnologije u toku datih vremenskih okvira).

Oni koji upravljaju projektom (koji predhodno navedeno imaju u vidu) obezbeđuju resurse za izgradnju arhitekture kao i odgovarajući nivo ekspertize (neophodno je da bude na visokom nivou kvaliteta).

Pažljivo treba odrediti karakteristike koje arhitektura treba da ima kako bi zadovoljila svoju namenu. Ako se izostave značajne karakteristike arhitektura neće biti korisna, a ako se ubace nepotrebne karakteristike može doći do neželjenog trošenja vremena i ostalih resursa ili zabune i zbrke uzrokovane nivoom detalja koji postoji. Karakteristike moraju biti usklađene i sa raspoloživim resursima, a arhitektura treba da omogućuje buduće opcije, proširenja i ponovno korišćenje.

Na osnovu datih karakteristika arhitekture određuje se i koji bi poglede arhitekture trebalo izgraditi i relevantne proizvode podrške. Na osnovu predhodna tri koraka može se ustanoviti da li treba graditi kompletan skup pogleda

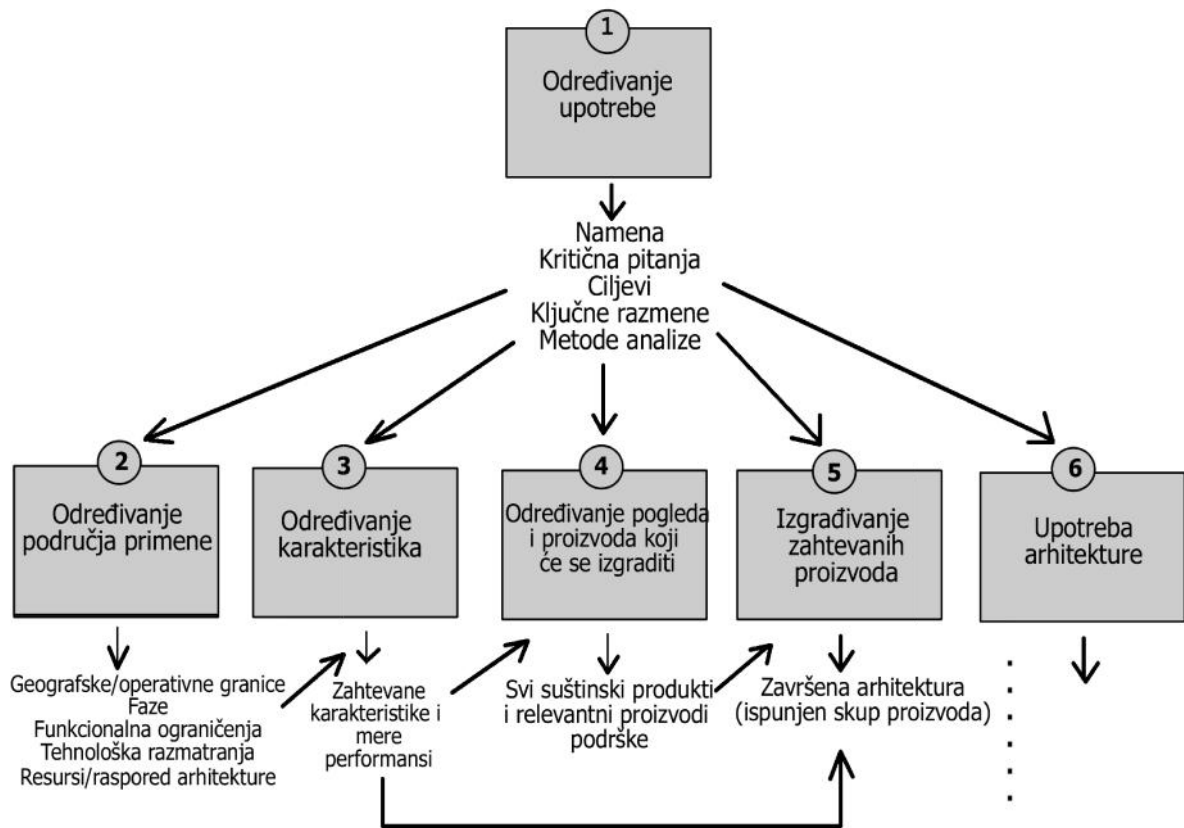


arhitekture i proizvoda podrške. Iza suštinskih proizvoda moraju biti napravljena sve arhitekture, a za proizvode podrške moraju postojati arhitekture koje predstavljaju zahtevane karakteristike.

Prirodan sledeći korak je izgradnja neophodnog skupa produkata arhitekture, koji se sastoji od suštinskih proizvoda, potrebnih proizvoda podrške i individualno definisanih proizvoda u zavisnosti od potreba arhitekture. Sredstva integracije sa ostalih arhitekturama je

neophodno uključiti naročito za sve multi-nacionalne i "združene" komponente.

Arhitektura se celo vreme gradi sa ciljanom namenom. Automatske ili analize od strane ljudi trebaju da postoje tokom upotrebe arhitekture. Ne postoje preporuke kako se te analize vrše, ali je jasno da treba promovisati arhitekture koje poseduju karakteristike kao što je kompletnost, razumljivost i integrativnost.



Slika 2. Šest procesa izgradnje arhitekture

**4. POČETNI KONCEPTUALNI MODEL SISTEMA ODBRANE**

Pokušaj stvaranja informacione strukture kojom će se predstaviti sve informacije vezane za sistem odbrane je složen posao.

Kao prvi korak nameće se potreba da se definišu opšte grupe informacija na kojima su pre svega bazirani savremeni C2 (Command-Control) sistemi. Modeli koji obuhvataju ove informacije treba da budu dovoljno opšti i fleksibilni kako bi se na njih mogli oslanjati svi postojeći i budući informacioni sistemi. Takođe na osnovu opštih grupa informacija biće određeni svi zahtevi za razmenu informacija.

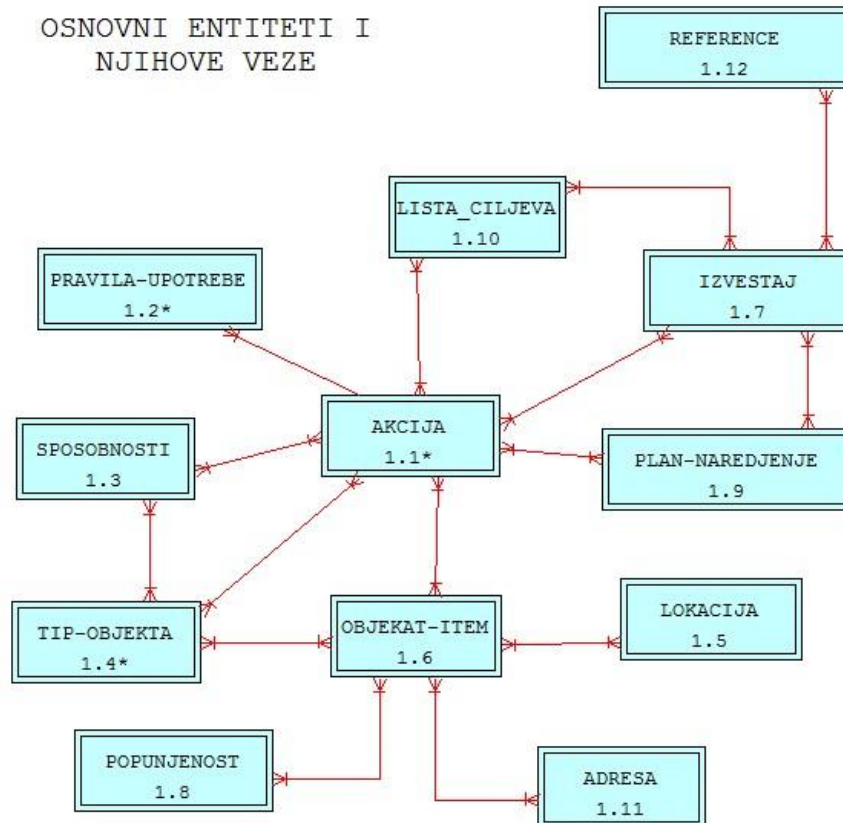
U tabeli 2 su prikazane opšte grupe informacija koje su od interesa u sistemu odbrane.

Tabela 2

Glavne grupe informacija	Kategorije informacija
<i>Snaga (sopstvene i protivničke)</i>	Raspoloživi vojni i civilni resursi. Lokacija snaga. Podrška snagama. Mobilnost i transport. Naoružanje i vojna oprema C4I i ostali informacioni sistemi.
<i>Okruženje (prostor)</i>	Zemlja. Vazduh. Akvatorijum. Svemir. Sajber prostor.
<i>Okruženje (geo-političko)</i>	Političko okruženje. Kulturološko.

	Ekonomsko.
<i>Situacija</i>	Misija. C3 podrška. Obaveštajni podaci. Ciljevi za dejstvo. Raspoređivanje, pokret i manevar. Zaštita snaga.
<i>Tekući kontekst operacije (dinamika)</i>	

Prikaz baziran na relacijama (slika 3) obezbeđuje sagledavanje povezanosti osnovnih entiteta ali je isti komplikovan za jednostavan opis svake pojedinačne komponente i celokupnog sistema. Ovaj prikaz sadrži veze više-više što nije u skladu sa potrebama relacionog modela ali je na konceptualnom modelu prihvatljivo.



Slika 3. Odnosi između osnovnih entiteta uključeni objekti

Kao najapstraktnija osnova modela koji je prikazan na slici 3, može poslužiti i meta-model koji načelno obuhvata sledeće :

- Objekte i njihova svojstva  
Potrebno je naglasiti da svaki objekat mora da bude kategorisan (da bude određene kategorije – tipa)
  - Prošlu, tekuću i buduću situaciju prikazanu kroz objekte (statusi i atributi)
- Prikazana situacija obuhvata široki skup informacija koje obuhvataju odnose između objekata, informacije o sposobnostima, informacije o popunjenosti, informacije o statusu, informacije o lokaciji, informacije o fizičkim i elektronskim adresama.
- Prošlu, tekuću i buduću aktivnosti u koje će biti

Aktivnosti se najgeneralnije mogu podeliti na planiranje operacija i izveštavanje o događajima. Kao nadogradnja aktivnosti u detaljima koriste se pravila upotrebe i kreiranje liste kandidata ciljeva.

- Mehanizme za grupisanje podataka u odgovarajuće pakete

Model sadrži i strukturisani entitet izveštaja (podaci izveštavanja) kroz kojeg se spoznaje dinamika sistema. Podaci se mogu grupisati u određeni kontekst koji će biti vezan za konkretne podatke i aktivnosti.

Osnovni deo specifikacije vezan za podatke dalje se formuliše se kroz prikazane entitete sistema koji konkretno mogu predstavljati ljude, mesta, stvari, događaje ili koncepte koji treba da sadrže informacije.

Karakteristike entiteta će se referencirati kao atributi. Preko atributa će se eksplicitno izraziti vrednost koju treba zapisati.

Centralni entitet sistema je AKCIJA za čije izvršenje se dodeljuju određeni resursi i funkcija. Akcija je ograničena vremenom u kome se žele postići određeni ciljevi ili efekti. Jedna akcija može biti kombinacija jednog ili više zadataka koji imaju planski karakter i/ili akcija može biti posledica događaja koji nije planskog karaktera (primer vremenske nepogode – poplave).

## 5. ZAKLJUČAK

Pred savremene oružane snage postavlja se zahtev podrške različitim misijama uz smanjenje troškova operacija. Jedna od glavnih prepreka da bi se ispunili svi postavljeni ciljevi je široka lepeza modela i pristupa razvoju i integraciji borbenih i ostalih sistema odbrane.

Sistemski pristup kod složenih sistema, kao što su sistemi odbrane, vodi ka uspostavljanju jednobraznosti kroz formirane okvire arhitektura, meta modele a zatim i samo arhitekturu na osnovu koje će se dalje modelirati sistemi odbrane.

## LITERATURA

- [1] D. E. Perry and A. L. Wolf. Foundations for the Study of Software Architectures. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 40-52, October 1992.
- [2] D. Garlan and M. Shaw. An Introduction to Software Architecture: Advances in Software Engineering and Knowledge Engineering, volume I. World Scientific Publishing, 1993.
- [3] C4ISR Architecture Working Group (AWG), *C4ISR Architecture Framework, Version 2*, 18 December 1997.

# UPOREDNA ANALIZA ESTIMACIJE TRENUTNIH FREKVENCIJA NA OSNOVU SPEKTOGRAMA PRIMENOM PARTIKAL FILTERA COMPARATIVE ANALYSIS OF INSTANTANEOUS FREQUENCY ESTIMATION BASED ON SPECTROGRAM USING PARTICLE FILTER

Davorin Mikluc, Dušan Glumac, Milenko Andrić, Stojadin Manojlović  
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Srbija

**Sadržaj** – U ovom radu su analizirane tri metode za estimaciju trenutnih frekvencija signala, koje se zasnivaju na spektrogramu upotrebom partikal filtera. Metode su primenjene su na složenom jednodimenzionalnom i na trodimenzionalnom signalu. Usvojeni kriterijum je koren srednje kvadratne greške estimacije, na osnovu koje je predložen optimalan broj partikala.

**Abstract** – Three methods for instantaneous frequency estimation of signals, based on spectrogram using particle filter, have been analysed in this paper. Methods are applied on complex onecomponent and multicomponent signal. Root mean square estimation error is taken as criterion, on the basis of which optimal number of particles has been suggested.

## 1. UVOD

Obrada signala podrazumeva diskretizaciju i procenu parametara signala. Izbor frekvencije odabiranja je vrlo bitan za obradu signala, odnosno mora biti zadovoljen uslov Nikvistovog područja. Takođe, potrebno je odabrati optimalni A/D konvertor, u cilju smanjenja troškova pri realizaciji sistema za akviziciju. Parametri diskretnog signala koji se mogu estimirati su amplituda, ispunjenost signala, trenutna frekvencija, spektralna entropija itd. Pomenuti parametri se mogu estimirati primenom odgovarajućih estimatora. Odabir estimatora zavisi ponajviše od vrste procesa koji se estimira. U dosadašnjim radovima je obradjeno i pokazano da su prednosti linearnih estimatora, na primer Kalmanov filter, u slučajevima kada je proces linearan i gausovski, dok partikal filter ima svoju primenu u nelinearnim i negausovskim procesima, [1-3]. Primena partikal filtera u estimaciji frekvencija dobija sve više na značaju. Upotreba partikal filtera u estimaciji trenutnih frekvencija je data u [4-7], gde su rezultati estimacije upoređeni sa rezultatima upotrebom klasičnih estimatora.

U ovom radu je iskorišćena ideja iz [8], u kojem je definisan model za estimaciju frekvencija po svim tačkama diskretne Furijeove transformacije (DFT). Model je upoređen sa spektrogramom izračunatim DFT-om i sa procenjenim pre-periodogramom.

## 2. MODELI ZA ESTIMACIJU TRENUTNE FREKVENCIJE

Estimacija trenutne frekvencije se može uraditi upotrebom različitih modela. Najpre je u radu analizirana procena trenutne frekvencije signala na osnovu modela zasnovanog na izračunatom i procenjenom spektrogramu

a zatim i na estimaciji na osnovu maksimuma spektralne gustine srednje snage. Sve tri metode su primenjene na složenom jednodimenzionalnom i na trodimenzionalnom signalu.

### 2.1 Estimacija frekvencije na osnovu spektrograma

Neka je poznat signal  $y(t)$  u vremenskom domenu, dužine  $N$  i usvojen prozor dužine  $W$  na signalu  $y(t)$ . Tada se može definisati vektor u diskretnom trenutku  $t$  kao skup odbiraka signala:

$$x_n = \begin{bmatrix} y(t - W/2), \\ y(t - W/2 + 1) \\ \vdots \\ y(t + W/2 - 1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Sada se mogu izračunati koeficijenti diskretne Furijeove transformacije (DFT) sledećim izrazom u  $N_{DFT}$  tačaka:

$$C(t, \omega) = \sum_{i=0}^{W-1} x_n(i) e^{-i\omega} \quad (1)$$

gde je  $\omega$  vektor dužine  $N_{DFT}$ , koji predstavljaju frekvencije u opsegu  $\{-\pi, \pi\}$ . Ukoliko se zbog simetričnosti posmatra samo polovina opsega frekvencija, tada se uz normiranje parametra  $\omega$ , dobija vektor frekvencija  $f$  koji sadrži vrednosti u opsegu  $\{0, 0.5\}$ , odnosno u opsegu u tačkama  $\{1, M\}$ , pri čemu je  $M = N_{DFT}/2$ .

Usled eksponencijalne funkcije u izrazu (1), oblik grafika koeficijenata u zavisnosti od tačaka u jednom određenom trenutku  $t$ , je vrlo sličan obliku funkcije Gausove raspodele. To je razlog na osnovu kog je formiran model za jedan vremenski bin spektrograma, odnosno pre-periodograma, u obliku Gausove raspodele, [8]. Model je opisan u sledećem izrazu:

$$F_{a, \omega_0, S}(t, \omega) = a e^{-\frac{(\omega - \omega_0)^2}{S}} \quad (2)$$

pri čemu  $a$  predstavlja vrednost koeficijenta u frekvenciji  $\omega_0$ , dok je  $S$  standardna devijacija raspodele spektralne gustine srednje snage.

Ukoliko je pretpostavka da se signal sastoji iz više komponenti, modela za estimaciju je dat izrazom:

$$F_{a,\omega_0,S}(t,\omega) = \sum_{k=1}^K a^{(k)} e^{-\frac{(\omega-\omega_0^{(k)})^2}{s^{(k)}}} \quad (3)$$

gde je  $K$  broj komponenti signala. Parametri u izrazu (3) su opisani Gausovom raspodelom:

$$a(t+1|t) = N(a(t), \sigma_a^2), \quad (4)$$

$$S(t+1|t) = N(S(t), \sigma_S^2), \quad (5)$$

$$\omega_0(t+1|t) = N(\omega_0(t), \sigma_{\omega_0}^2), \quad (6)$$

## 2.2 Estimacija frekvencije na osnovu procenjenog spektrograma

Drugi metod se zasniva na procenjenom spektrogramu. Proračunava se pre-periodogram koji se upoređuje sa modelom iz izraza (2), odnosno (3) u zavisnosti od broja komponenta signala. Prednost ovog pristupa je manja računaska zahtevnost jer je proračun pre-periodograma sa višestruko manjim prozorom u odnosu na prozor primenjen za proračun spektrograma. Algoritam kojim se računa pre-periodogram je dat sledećim izrazima:

$$\mu_{t+1} = \rho\mu_t + (1-\rho)x_{t+1} \quad (7)$$

$$\bar{x}_{t+1} = x_{t+1} + \mu_{t+1} \quad (8)$$

$$\Sigma_{t+1} = \rho\Sigma_t + (1-\rho)\bar{x}_{t+1}(\bar{x}_{t+1})^T \quad (9)$$

$$A_{t+1}^{\omega_j} = \rho A_t^{\omega_j} + (1-\rho)\bar{x}_{t+1}(B_t^{\omega_j})^T \quad (10)$$

$$B_{t+1}^{\omega_j} = \nu e^{-i\omega_j} (\bar{x}_{t+1} + B_t^{\omega_j}) \quad (11)$$

$$\tilde{I}(t+1, \omega_j) = (\Sigma_{t+1} + 2A_{t+1}^{\omega_j}) / (2\pi) \quad (12)$$

pri čemu je  $j$  redni broj frekvencije u opsegu  $\{1, M\}$  preslikano u skup  $\{0, \pi\}$ . Parametri  $\rho$  i  $\nu$  se koriste za pamćenje prethodnih vrednosti, [8].

## 2.3 Estimacija frekvencije na osnovu maksimuma spektralne gustine srednje snage

Treći pristup predstavlja klasično praćenje trajektorije, pri čemu se estimira frekvencija u kojoj je maksimalna spektralna gustina srednje snage spektrograma, [4-7]. Model za estimaciju trenutnih frekvencija se u ovom pristupu definiše na sledeći način:

$$\omega_e^{(p)}(t+1) = \omega_e(t) + \omega_n^{(p)}, \quad (13)$$

$$I_e^{(p)}(t+1) = H(\omega_e^{(p)}) = I(t, \omega_e^{(p)}). \quad (14)$$

gde je  $H$  matrica transformacija predikcije u observaciju, koja predstavlja spektralnu gustinu srednje snage u predikovanoj frekvenciji  $\omega_e$ . Sum procesa je definisan izrazom:

$$\omega_n(t+1|t) = N(0, \sigma_{\omega_n}^2), \quad (15)$$

## 2.4 Partikal filter

Modeli kojima se estimira trenutna frekvencija su opisani u prethodnim sekcijama. Partikal filter se sastoji od  $N_p$  partikala. Težinski koeficijent  $w_p$  za svaki  $p$ -ti partikal se izračunava u zavisnosti koji metod je primenjen. U sledećim izrazima je opisan proračun težinskih koeficijenata, prema redosled opisanih modela za estimaciju, repsektivno:

$$w_p(t+1) = e^{-\frac{1}{2M} \sum_{j=1}^M (c_{t+1, \omega_j} - F_{a, \omega_0, S}^{(p)}(\omega_j))^2} w_p(t), \quad (16)$$

$$w_p(t+1) = e^{-\frac{1}{2M} \sum_{j=1}^M (\tilde{I}(t+1, \omega_j) - F_{a, \omega_0, S}^{(p)}(\omega_j))^2} w_p(t), \quad (17)$$

$$w_p(t+1) = e^{-\frac{(I_{max} - I_e^{(p)})^2}{2\sigma_I^2}} w_p(t). \quad (18)$$

gde je  $I_{max}$  predstavlja maksimalnu spektralnu gustinu srednje snage u frekvencijama, u kojima su generisani partikli, a  $\sigma_I$  standardnu devijaciju snage. Nakon proračuna težinskih koeficijenata i normiranja, partikli se resempluju po SIR metodi. Procena frekvencija se izračunava izrazima po metodama respektivno:

$$f_{eS}(t+1) = M / \pi \sum_{j=1}^{N_p} w_j(t+1) \omega_0^{(p)}(t), \quad (19)$$

$$f_{eI}(t+1) = M / \pi \sum_{j=1}^{N_p} w_j(t+1) \omega_0^{(p)}(t), \quad (20)$$

$$f_{eM}(t+1) = M / \pi \sum_{j=1}^{N_p} w_j(t+1) \omega_e^{(p)}(t), \quad (21)$$

## 3. REZULTATI

Analiza je izvršena na dva različita signala. Prvi signal je jednokomponentan, ali složene zakonitosti promene frekvencije. Drugi signal je višekomponentni, ali su frekvencije komponenta razdvojene.

### 3.1 Analiza estimacije frekvencije složenog jednokomponentnog signala

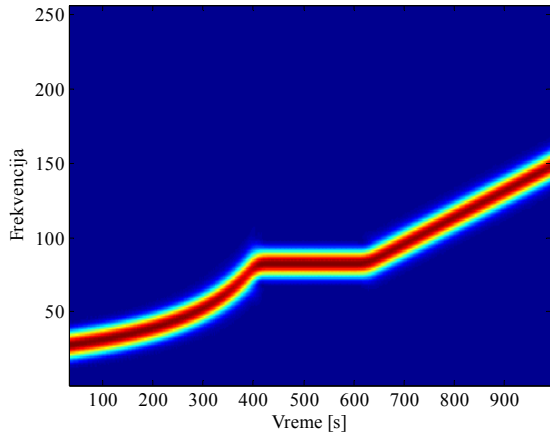
Formiran je složen jednokomponentni signal konstantne amplitude i dužine  $N=1024$ . Vrednost frekvencije je opisana na sledeći način:

$$f(t) = 0.05 / (1 - 0.017n), \quad n < 400, \quad (22)$$

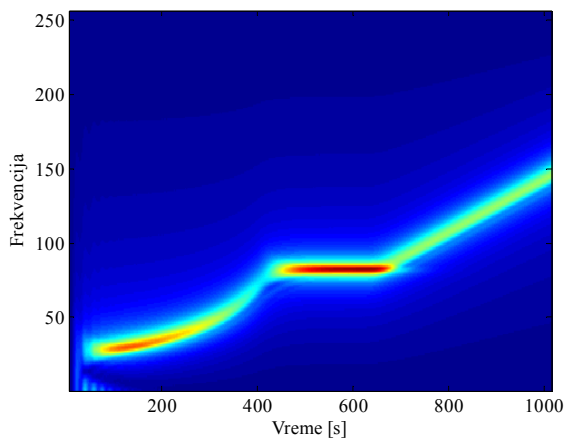
$$f(t) = 0.16, \quad 400 \leq n < 624, \quad (23)$$

$$f(t) = 0.16 + 0.00035n, \quad 624 \leq n \leq 1024 \quad (24)$$

Spektrogram na slici 1, je izračunat u 256 tačaka, pri čemu je usvojen prozor dužine 64 sa preklapanjem dok slika 2 predstavlja procenjeni spektrogram dobijen algoritmom, izrazi (7-12), kada je dužina prozora 16 sa preklapanjem od 15 odbiraka.

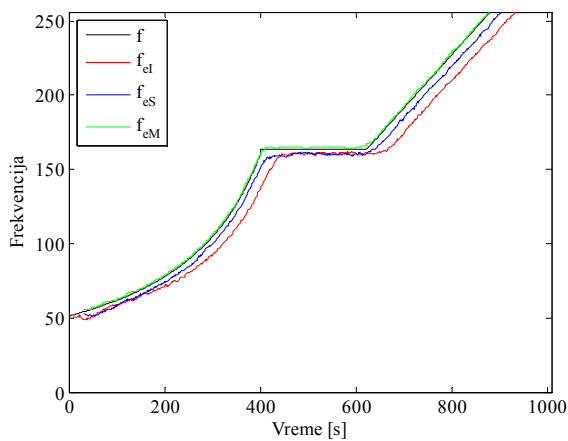


Slika 1. Spektrogram  $C(t, \omega)$  jednokomponentnog signala



Slika 2. Procenjeni spektrogram  $\tilde{I}(t, \omega)$  jednokomponentnog signala

Vrednosti parametara potrebnih za estimaciju su:  $\rho=0.97$ ,  $\nu=0.97$ ,  $\sigma_a=1$ ,  $\sigma_{\omega\theta}=10^{-3}$ ,  $\sigma_S=10^{-3}$ ,  $\sigma_f=1$ ,  $\sigma_{\omega n}=1$ .



Slika 3. Estimacija trenutne frekvencije jednokomponentnog signala sa 500 partikala

Primetno je da je treći metod optimalan od tri opisana metoda, a u određenim greškama estimacije, moguće je koristiti i druga dva metoda.

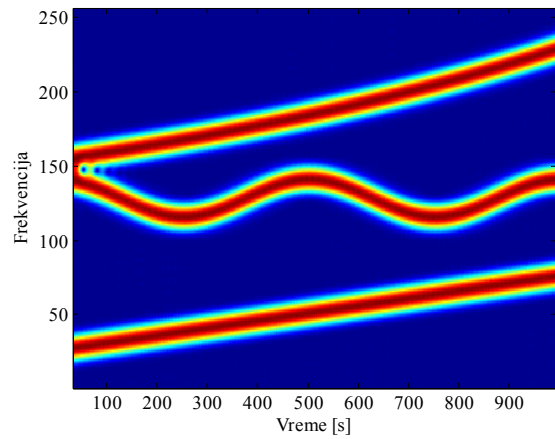
### 3.2 Analiza estimacije frekvencije trokomponentnog signala

Drugi deo analize se zasniva na višekomponentnom signalu. Generisani signal se sastoji od tri komponente koje su opisane sledećim izrazima:

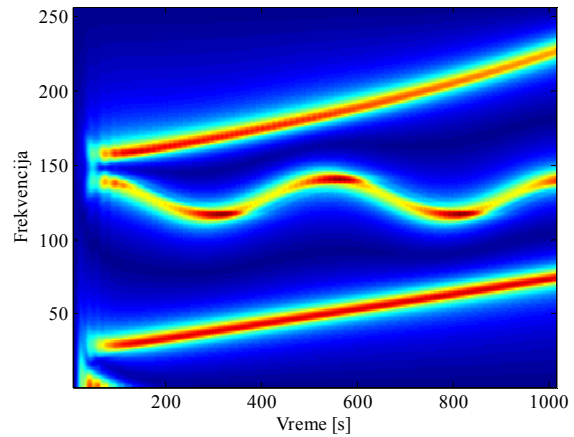
$$f_1(t) = 9.8 \cdot 10^{-5} n + 0.05, \quad (25)$$

$$f_2(t) = 0.25 + 12.5 \cdot 10^{-3} \cos(2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3} n), \quad (26)$$

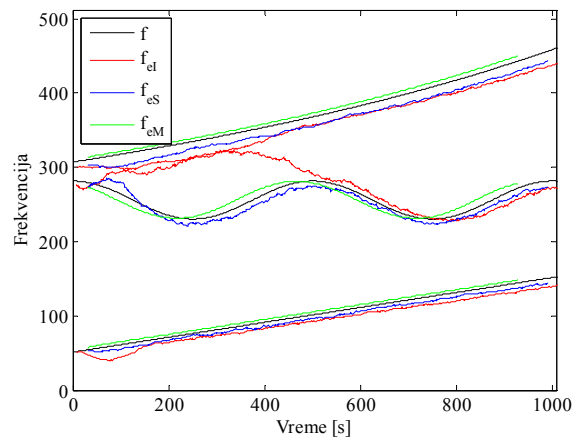
$$f_3(t) = 0.3 / (1 - 3.3 \cdot 10^{-4} n). \quad (27)$$



Slika 4. Spektrogram  $C(t, \omega)$  trokomponentnog signala



Slika 6. Procenjeni spektrogram  $\tilde{I}(t, \omega)$  trokomponentnog signala



Slika 6. Estimacije trenutnih frekvencija trokomponentnog signala sa 500 partikala

Optimalna estimacija trenutnih frekvencija je dobijena trećom metodom. U početnim trenucima signala dve komponente su vrlo bliske, što je prouzrokovalo lošu estimaciju, kada se upotrebio prva dva metoda opisana u ovom radu, za razliku od primene treće metode.

Kvalitet estimacija u ovom radu je prikazan kroz srednje kvadratnu grešku, koja se račina prema izrazu:

$$E = 1/K \sum_{k=1}^K \left( 1/N \sum_{t=1}^N (f_e^{(k)} - f^{(k)})^2 \right). \quad (28)$$

Rezultati greške u zavisnosti od broja partikala, dobijeni estimacijom trenutne frekvencije jednokomponentnog složenog signala su prikazani u tabeli 1, dok su greške estimacije frekvencije trokomponentnog signala date u tabeli 2.

Tabela 1 Greška estimacije  $E$  frekvencije jednokomponentnog signala

broj partikala	Metod I	Metod II	Metod III
50	6.6224	13.3274	1.4344
200	6.0085	12.9825	1.3707
500	5.9069	12.9302	1.2680
1000	6.0085	12.9931	1.3277

Tabela 2 Greška estimacije  $E$  frekvencije trokomponentnog signala

broj partikala	Metod I	Metod II	Metod III
50	11.6186	84.3042	5.7949
200	8.9062	17.9601	5.7947
500	8.4392	22.0385	5.7954
1000	8.9301	78.6118	5.7952

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu su primenjene tri metode za estimaciju trenutnih frekvencija jednokomponentnog i višekomponentnog signala zasnovanim na spektrogramu. Izvršena je uporedna analiza metoda kroz kriterijum srednje kvadratne greške. Najbolje rezultate od upotrebljenih metoda su dobijeni primenom estimacije frekvencije na osnovu maksimalne spektralne gustine srednje snage u frekvencijama, na kojima su raspoređeni partikli. Dodatna analiza je sprovedena u odabiru optimalnog broja partikala, gde je pokazano da je 500 partikala optimalno, kada se estimira na osnovu modela pre-periodograma, dok je za estimaciju na osnovu maksimuma spektralne gustine snage dovoljan daleko manji broj. U daljim istraživanjima je potrebno analizirati poboljšanje modela estimacije, kao i probleme kada su frekvencije signala bliske ili se ukrštaju.

#### LITERATURA

- [1] Doucet, A. and Johansen, A. M. "A tutorial on particle filtering and smoothing: fifteen years later", in Handbook of Nonlinear Filtering (eds D. Crisan and B. Rozovsky), Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- [2] Doucet, A., de Freitas, J. F. G. and Gordon, N. J., "Sequential Monte Carlo Methods in Practice", New York: Springer, 2001.
- [3] 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.
- [4] Mikluc D., Majstorović N., Andrić M., "Analysis of audio sequence using particle filter", YUINFO 2014, Kopaonik, mart 2014.
- [5] Mikluc D., Andrić M., Bondžulić B., Mitrović S., "Analiza primene Rao-Blackwell-izovanog partikal filtera u estimaciji frekvencija višekomponentnog audio signala", INFOTEH-JAHORINA Vol. 13, March 2014., pp 466-470.
- [6] Mikluc D., Andrić M., Mitrović S., „Partikal i klasični filteri za procenu trenutne frekvencije jednokomponentnog signala“, ETRAN 2014, Vrnjačka banja.
- [7] Mikluc D., Mitrović S., Andrić M., "Uporedna analiza estimacije trenutnih frekvencija višekomponentnog signala partikal filterom i IMM algoritmom" ETRAN 2014, Vrnjačka banja.
- [8] Geoffrey R. E., Andrieu C., and Davy M., "Online Bayesian Inference in Some Time-Frequency Representations of Non-Stationary Processes", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 61, no. 22, november 15, 2013. pp 5755-5766.

# Upotreba HTZ warfare softvera za planiranje TETRA radio mreže

## Use HTZ warfare softwer for planning TETRA radio networks

Danilo Lazović<sup>1</sup>, Sima Kerešević<sup>2</sup>, Jovan Bajčetić<sup>3</sup>, Boban Mihailov<sup>4</sup>, Ljubomir Reljin<sup>5</sup>

*Vojna akademija<sup>1</sup>*

*Vojna akademija<sup>2</sup>*

*Vojna akademija<sup>3</sup>*

*Vojna akademija<sup>4</sup>*

*Vojna akademija<sup>5</sup>*

**Sadržaj** – Upotreba softvera za planiranje radio mreža podstakla nas je da uradimo analizu HTZ warfare softveru prilikom projektovanja TETRA sistema. U ovom radu su predstavljene osnovne mogućnosti HTZ warfare softvera i način njegove upotrebe prilikom projektovanja radio sistema. Takođe su predstavljeni rezultati merenja radio parametara TETRA sistema, prednosti ovog sistema i njegova upotreba u službama javne bezbednosti..

**Abstract** - Using software for planning radio networks encourage us to do the analysis HTZ warfare software when designing TETRA system. In this paper present basic ability HTZ warfare software and the manner of its use during the design of radio systems. They also presentsd the results of measurements of radio parameters TETRA system, the advantages of this system and its use in public safety services..

### 1. UVOD

Radio veza je rešenje za sigurnu i fleksibilnu komunikaciju među jedinicama u najtežim prirodnim uslovima (poplave, požari, velike snežne padavine itd) na terenu. Radio prenos omogućava trenutnu komunikaciju među jedinicama. Osobina trenutne uspostave komunikacije osnovni je preduslov za korišćenje radio veze u službama bezbednosti, hitne pomoći, vatrogasnim jedinicama, vojsci itd.

Komunikacijske potrebe službi bezbednosti u zadnjih dvadeset godina prevazilaze mogućnosti klasičnih radio mreža zbog slobodnog kretanja ljudi i robe između većine zemalja, kao i povećane aktivnosti kriminalnih organizacija. Pored potrebe za komunikacijom više službi u jednoj državi javila se potreba i za komunikacijom različitih službi dve ili više zemalja. Ova potreba je posebno uočljiva na terenu prilikom izvođenja složenih zadataka, a naročito u graničnim područjima. Zbog ovog i mnogih drugih razloga (bezbednost, brzina, sigurnost, kvalitet prenesenih podataka), a i zbog brže, sigurnije i bezbednije komunikacije između jedinica na terenu nastala je TETRA (Terrestrial Trunked Radio).

Sigurnije, tačnije i bezbednije merenje radio signala dovelo je do nastanka raznih softvera koji olakšavaju planiranje telekomunikacionih sistema na određenom području i koji pružaju mogućnost da se sagledaju svi pozitivni i negativni uticaji na propagaciju radio signala. Zbog kompleksnosti zadataka koje izvršavaju sve vojske na svetu sigurno i bezbedno planiranje komunikacionih sistema je osnova zbog koga je nastao HTZ warfare softver kompanije ATDI.[1]

### 2. HTZ WARFARE

HTZ warfare je softver koji poseduje mogućnosti radio planiranja koje omogućava projektovanje i optimizaciju vojnih komunikacionih mreža u frekvenčijskim opsezima od nekoliko kHz do 450 GHz. Sadrži kartografsku bazu podataka za ceo svet, uključujući slojeve digitalnog modela terena (DTM), klatera (pokrivke zemljišta) i geografske karte.

Glavne funkcije HTZ warfare su:

- Elektronski rat – omogućava funkcije za simulaciju ometača (uključujući frekvenčijsko skakanje), detektora pravca, radare, prislušivanje uređaja. Ove funkcije su potpuno integrisane za sve zahteve današnjih tehnologija (Trunking, PMR, TETRA, WiFi). Ovim funkcijama korisnik može potpuno bezbedno da obavlja kritične zadatke (prijem poruke, čuvanje lokacije i korelaciju sa detektorima pravca).
- Upravljanje spektrom – ova funkcija automatski dodeljuje frekvencije i optimizuje zauzetost spektra. Omogućuje ponovnu upotrebu frekvencije kada je to moguće i minimizuje smetnje. Može biti direktno integrisan u kontrolu spektra sistema, da prati licenciranje, elektromagnetnu kompatibilnost, međunarodnu koordinaciju itd.
- Taktičke komunikacije – mogu da obezbede korisniku rad u dve ili tri dimenzije. Može da se simulira komunikacija na ravnima zemlja-zemlja, vazduh-zemlja, kosmos-zemlja.
- Radio planiranje – obuhvata proračun radio pokrivanja mreže, analizu interferencije, automatsko frekvenčijsko planiranje, upravljanje frekvenčijskim spektrom, optimizacija mreža, civilne tehnologije, digitalna kartografija i mnoge druge funkcije.

U toku projektovanja, HTZ warfare je sposoban da uključi stotine hiljada sajtova u okviru bilo kog projekta, i na taj način omogući veliki broj dodatnih informacija.

HTZ warfare omogućava modeliranje i simulaciju putanja za bilo koji pokretni uređaj u cilju obavljanja dinamične analize. Ovo uključuje kopnena vozila, vazduhoplove, uređaje za mobilno ometanje. Putanje se mogu uneti direktno u HTZ warfare ili se automatski unose iz raznih vektorskih formata na osnovu GPS podataka, tako da se merenje može kontrolisati u svakoj tački. HTZ warfare daje detaljne izveštaje o dinamičkoj analizi. Analiza rezultata u HTZ warfare softveru može biti prikazana u 2D-u ili 3D-u. U softveru je generisan prikaz rezultata u 2D-u. [2][3]



### 3. TETRA

ETSI (*European Telecommunications Standards Institut – ETSI*) je razvio i seriju standarda za PMR (EN300392) koji je nazvan Trans European Trunked Radio ili kako je kasnije preimenovan – TERrestrial Trunked Radio (TETRA).

Ciljevi koje je ETSI želeo da postigne razvojem TETRA standarda su:

- definisanje PMR (*PMR – Professional Mobile Radio*) standarda koji će zadovoljiti sadašnje i buduće potrebe korisnika profesionalnog radija širom Evrope,
- ujedinjenje iscepanih PMR tržišta u jedno jedinstveno tržište, da bi se na taj način harmonizovala upotreba frekvencija i
- ispunjenje zahteva evropskih vlasti u pogledu saradnje različitih službi da bi se na taj način, omogućavanjem komunikacije koja prevazilazi nacionalne granice, unapredili evropski integrativni procesi.

Frekvencije su ograničen prirodan resurs njihovo usklađivanje i korišćenje u mnogim zemalja prestavlja veoma težak zadatak. Ovo je takodje bio problem koji se morao prevazići da bi TETRA sistem mogao da se realizuje. Važan događaj u tom smislu odigrao se 1995. godine, kada je deo opsega od 380 MHz do 400 MHz koji je do tada tradicionalno koristio Severnoatlanski savez, poznatiji kao NATO (*North Atlantic Treaty Organisation*), dodeljen za upotrebu profesionalnim mobilnim radio sistemima službi javne bezbednosti Evrope. Ovim je znatno olakšana koordinacija frekvencija, tako da službe širom Evrope mogu da rade na istim frekvencijama u slučaju potrebe, što omogućava aktivnu saradnju.[4]

TETRA je prvi sistem nove digitalne bežične tehnologije koja obezbeđuje istovremeno prenos govora i podataka. Ovaj sistem optimizuje iskorišćenje radio spektra i redukuje troškove ovog sve oskudnijeg resursa. TETRA predstavlja digitalni standard profesionalnih mobilnih radio sistema, kao što GSM (*Global System for Mobile communication*) predstavlja javni digitalni ćelijski standard, a DECT (*Digital Enhanced Cordless Telephony*) digitalni bežični standard.[5]

TETRA standard je razvijen za potrebe profesionalnih korisnika kojima su potrebne sledeće mogućnosti:

- pozivanje drugog lica, slanje SMS poruka i eventualni prenos podataka, kao što su korišćenje interneta ili slanje slika i muzike (potrebe građana),
- vođenje grupnih razgovora i uključivanje velikog broja sagovornika bez preopterećenja mreže,
- rukovođenje različitim aktivnostima putem mreže,
- brzi i pouzdani prenos različitih podataka između kancelarija (centrala) i terena (na primer slanje geografskih koordinata, fotografija, fajlova, korišćenje interneta itd.),
- pouzdane komunikacije u slučaju kvara ili uništenja delova mreže usled velikih nepogoda i

katastrofa, kao i za područja nepokrivena mrežom,

- šifrovanje razgovora i prenosa podataka,
- komunikaciju sa drugim organizacijama sa kojima rade na istom poslu.

Standardima je definisano da TETRA sistemi moraju da poseduju značajnu otpornost i pouzdanost, tako da su definisani različiti režimi rada za slučaj problema sa infrastrukturom. Među njima su *lokalni trunking* (nezavisan rad u okviru jedne bazne stanice) i *direktni režim rada* (rad bez posredovanja infrastrukture).

Predviđeno je da TETRA sistemi moraju da podrže različite nivoe sigurnosti. Osnovne sigurnosne funkcije TETRE su:

- legitimisanje terminalne radio opreme
- enkripcija vazdušnog interfejsa – statički ili dinamički ključevi
- podržana enkripcija “s kraja na kraj”
- onesposobljavanje ukradene ili izgubljene terminalne radio opreme

Pored navedenog, TETRA standardima je predviđena i mogućnost različitih servisa za prenos podataka. Među njima su:

- statusne poruke,
- SDS - kratke tekstualne poruke (pandam SMS porukama u mobilnoj telefoniji),
- prenos podataka paketskom i/ili kanalskom komutacijom (brzine prenosa podataka u standardu TETRA ograničene su na oko 12 kb/s). [6]

### 4. SIMULACIJA

Pre pokretanja HTZ warfare softwera potrebno je imati pristupni ključ (USB na kome je instaliran HTZ) i lozinku.

Pokretanje se vrši klikom na ikonicu koja se nalazi na ekranu. Na ovaj način se otvara sistemski prozor koji predstavlja glavni prozor u HTZ-u. Iz sistemskog prozora se vrši formiranje novog projekta New project. U njemu se unose polazni elementi za formiranje simulacije u HTZ warfare software. Polazni elementi za formiranje projekta su digitalna 3D karta terena (.geo datoteka), topografska ili geografska karta u digitalnom formatu (.img datoteka) i klateri odnosno pokrivke terena (.sol datoteka) i izbor se potvrđuje sa Save project i Load .[7]

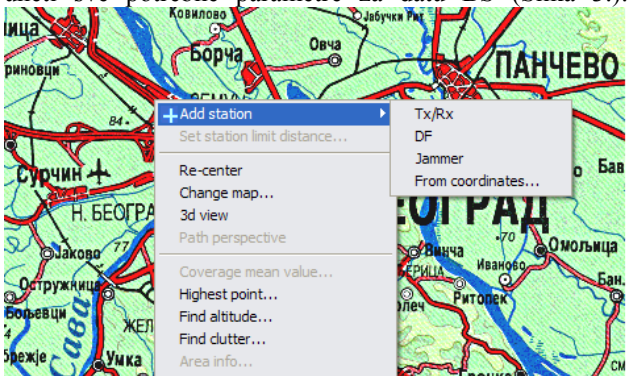
Editor projekta je glavni radni prozor koji se koristi za formiranje novih scenarija, izbor karakteristika, unos tačne pozicije baznih stanica, formiranja puta na kome se vrši analiza signala, pokretanje simulacije.

Formiran je projekat pod nazivom „YU-INFO“. U okviru projekta prikazana je mrežna topologija sa 5 BS (Slika 1).



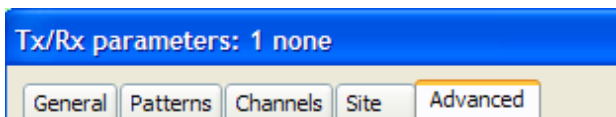
Slika 1. Raspored BS na terenu

Desnim klikom na kartu otvara se padajući meni u kome biramo Add station→Tx/Rx (Slika2.). Nakon ovoga otvara se novi meni (Tx/Rx parameters) u kome možemo uneti sve potrebne parametre za datu BS (Slika 3.).

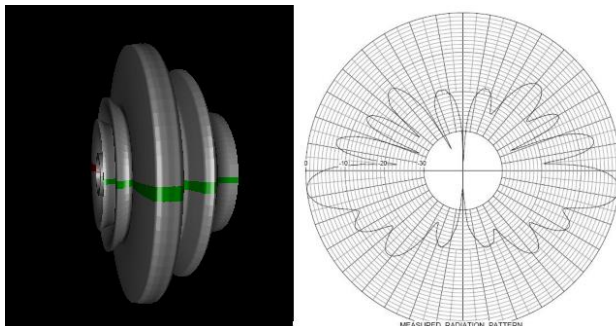


Slika 2. Postavljanje BS

- General- unosimo opste podatke (vrsta antene, signala, nominalna snaga antene, frekvencija za rad, visinu i propusni opseg antene) neophodne za rad stanice.
- Patterns- biramo antenu koju želimo da koristimo u projektu, azimut pod kojim antena zrači. Ako antena nije ponuđena u softveru možemo sami da je modelujemo, u ovom tabu možemo da vidimo diagram zračenja antene prikazan u 2D ili 3D ravni (Slika 4.).
- Channels- nam dozvoljava unos vise frekvencija ako se BS koristi kao primopredajnik.
- Site- unosimo tačnu poziciju antene na osnovu koordinata.
- Advanced- omogućava nam da jos jednom proverimo sve unesene podatke i unesemo dodatne ispravke. Takođe ovde možemo postaviti dodatne zahteve u našem projektu.



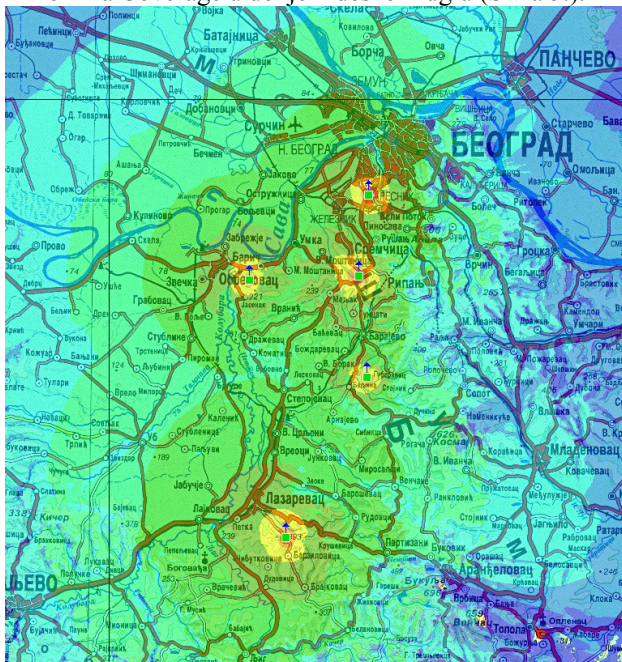
Slika 3. Prozor za unosenje parametara za rad BS



Slika 4. Vertikalni prikaz diagrama zračenja antene u 3D-u i 2D-u

U liniji menija izborom Tools→Propagation model biramo model koji najviše odgovara propagaciji signala u našoj zemlji. U našem slučaju prilikom simuliranja pokrivenosti terena signalom u HTZ warfare softveru, korišćena je preporuka ITU-R P.1546. Preporuka je predviđena za point-to-multipoint predikciju u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 3000 MHz i za rastojanja od 1 km do 1000 km.

Geografska pokrivenost signalom se može proveriti i klikom na Coverage u donjem desnom uglu (Slika 5.).



Slika 5. Pokrivenost terena

Putanju na kojoj vršimo analizu kvaliteta TETRA signala unosimo na osnovu GPS podataka koje smo dobili prilikom merenja duž Ibarske magistrale. Putanju unosimo klikom na Measure→Import→Generic(X,Y,E) u glavnom meniju i na ekranu imamo iscrtan put (slika). Proracun pokrivenosti (coverage) dobijamo klikom na Measure→Corelation→Generic(X,Y,E), otvara se novi prozor u kome je grafički dat prikaz signala i njegovog

kvaliteta i na kojem možemo videti delove kad je došlo do Handovera.[8]

## 5. MERENJE

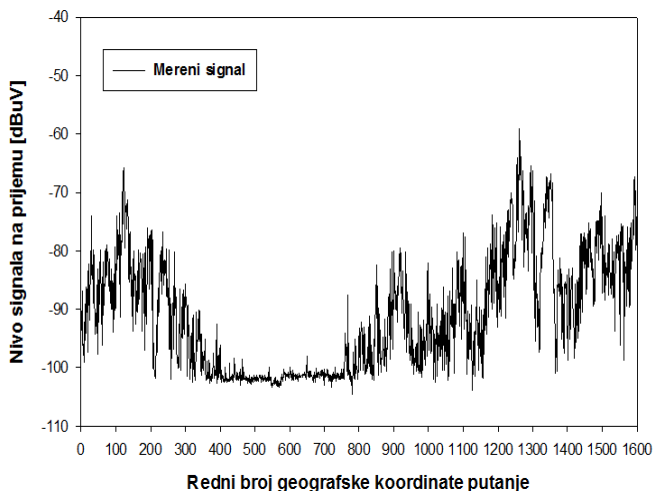
Merenje je vršeno na delu Ibarske magistrale od Vidikovca do Lazarevca, na deonici magistrale koja je tokom godine vrlo opterećena druskim saobraćajem. Na taj način je u realnim uslovima bilo moguće proveriti stvarne mogućnosti TETRA sistema sa aspekta ostvarivanja komunikacije između korisnika u pokretu. Tektronix Spectrum Analyzer SA2600 je uređaj kojim je meren nivo prijemnog signala na svakih 10 sekundi. Merenje je izvršeno iz automobila koji se kretao brzinom 60 km/h, gde god je to bilo moguće, duž deonice puta.

Merenje je vršeno na terenu koji je pokriven niskim rastinjem, šumom. Za merenje smo koristili mobilnu stanicu Motorola MTH 800 čije su karakteristike date u tabeli 1.

	Ručna	Prevozna	Bazna
Snaga	1 W	3 W	25 W
Frekvencija	380-430 MHz	380-430 MHz	380-430 MHz 380-385 MHz
Rastojanje pd/pm	10 MHz	10 MHz	10 MHz
Širina kanala	25 KHz	25 KHz	25 KHz
Napajanje	3,6V/1500 mAh	/	/

Tabela 1. Podaci o koišćenim stanicama

Pomoću MTH 800 pratili smo ID brojeva BS čiji je nivo signala meren na prijemu. Tektronix Spectrum Analyzer SA2600 ima integrisan GPS prijemnik koji je na svakih 1 s merio položaj našeg vozila. Za analizu je korišćeno ukupno 1463 geografskih tačaka u kojima je meren nivo prijemnog signala, a koje se nalaze na izabranoj deonici puta. Izmereni rezultati se mogu detaljnije obrađivati u HTZ warfare softveru. U ovom radu su predstavljani izmereni rezultati (Slika 6.). [9]



Slika 6. Prikaz izmerenih rezultata

## 6. ZAKLJUČAK

HTZ warfare softver omogućava jednostavno formiranje virtuelnih sistema koji sadrže odgovarajući hardver i aplikacione softvere. Tako projektovan sistem predstavlja softverski entitet koje se pokreće sa individualne radne jedinice.

Jednom kreirana mreža može da se upotrebi na različiti načine (dodavanjem ili uklanjanjem BS, zamena parametara neophodnih za rad).

Različite promene konfiguracija koriste se za kvalitativno ispitivanje i analizu TETRA sistema.

U radu je opisan postupak formiranja jednog relativno jednostavnog scenarij za TETRA sistem sa izborom objekata za simulaciju koji je dat u osnovnom mrežnem scenariju. U daljem radu cilj je obraditi mereni signal u HTZ softveru i na osnovu korelacije između merenog i simuliranog signala naći nedostatke i samim tim unaprediti sistem na terenu.

## LITERATURA

- [1] Danilo Lazović, Sima Kerešević, Jovan Bajčetić, Boban Pavlović, „Simulacija i merenje pojedinih parametara radio komponente TETRA sistema“ ETRAN 2014.
- [2] ATDI Training Resource- HTZ warfare nG
- [3] Sima Kerešević, Danilo Lazović, Jovan Bajčetić, „TETRA system propagation prediction and its comparasion with measured results“, OTEH 2014.
- [4] M. Vratonijević, „TETRA - evropski standard u profesionalnim radiokomunikacijama – korak ka efikasnijem i kvalitetnijem radu službi javne bezbednosti“ , *Telekomunikacije*, vol. 5, Jul, 2010.
- [5] Ž. Kujavić, M. Šuperina, F. Magušić, „Razvoj informacionih sustava radijskih komunikacija u policiji - digitalni radiokomunikacijski sustav TETRA“, *Polic. sigur.*, vol. 1, pp. 73-92, Zagreb, 2011.
- [6] M. Lazarević, „Organizacija sistema veza u državnoj zajednici Srbija i Crna gora“, pp. 66-70, Beograd, Srbija, 2006.
- [7] J. Bajčetić, M. Petrović, V. Suša, „Projektovanje privremene WiMAX mreže za vanredne uslove upotrebe“, Kopaonik, YUINFO 2012.
- [8] ATDI Training Resource- HTZ warfare: Main Functions.
- [9] D. Pijevčević, Z. Miličević, B. Jović, „Metodologija ispitivanja savremenih radio komunikacionih sistema“, Beograd, OTEH 2009.

# ПРОЦЕНА КВАЛИТЕТА СЛИКЕ АНАЛИЗОМ ПРОМЕНЕ КОНТРАСТА CONTRAST-BASED IMAGE QUALITY ASSESSMENT

Ненад Стојановић<sup>1</sup>, Бобан Бонцулић<sup>2</sup>, Даворин Миклуц<sup>2</sup>  
Војска Србије<sup>1</sup>

Универзитет одбране у Београду, Војна академија<sup>2</sup>

**Садржај** – У раду је предложена објективна мера за процену квалитета слике са потпуним референцирањем. Мера је заснована на поређењу контраста изворне слике и слике са деградацијом. За естимацију контраста користе се коефицијентни дискретне косинусне трансформације. Применом мере добија се скаларна вредност која одсликава квалитет тест слике. На једној од јавно доступних база слика постигнут је висок степен слагања објективних скорова квалитета са субјективним импресијама. Перформансе предложене мере су боље од перформанси вршног односа сигнал шум, а у рангу су перформанси индекса структурне сличности.

**Abstract** – This paper proposes an objective image quality measure with full-reference. The measure is based on comparing referent and distorted images contrasts. Coefficients of Discrete Cosine Transform are used for contrast estimation. The measure returns scalar value which represents quality of test image. High correlation level is achieved between objective and subjective image quality evaluation using one public image database. Performance of contrast-based measure is better than performance of peak signal to noise ratio, and in same rank with performance of structural similarity index.

## 1. УВОД

Последњих година дошло је до наглог развоја система за дигиталну обраду, пренос и приказ слике. Такође, количина размењеног видео саобраћаја наставља експоненцијално да расте, па је од посебног значаја, како за провајдере тако и за крајње кориснике, избор начина испоруке садржаја доброг квалитета. Напредак у области дигиталног видео поједини аутори називају "дигиталном видео револуцијом" [1].

Пре приказа посматрачу слика/видео пролази бројне фазе обраде, при чему свака од фаза може унети деградације које утичу на квалитет крајњег приказа. Деградације слике и видео у процесу аквизиције могу настати због карактеристика оптике, шума сензора, калибрације боје, времена експозиције, кретања камере и сл. Након аквизиције, слика или видео се најчешће кроз поступак компресије прилагођава пропусном опсегу система преноса. Током преноса кроз комуникациони канал или током архивирања, битске грешке такође могу довести до деградације. Коначно, уређаји за приказ крајњем кориснику могу утицати на субјективни утисак квалитета (лоша резолуција, лоша калибрација и сл.) [2].

Како је човек посматрач и корисник највећег броја система за обраду слике, субјективна процена је најпоузданији метод за евалуацију квалитета визуелних сигнала. Да би се добили статистички

релевантни резултати, потребан је репрезентативан узорак посматрача, експерименте треба спровести у контролисаним условима, потребно је спровести додатну обраду одговора посматрача, што све заједно чини субјективну процену временски дугом, напорном и скупом. Додатно, субјективна евалуација је непрактична за примену у реалним апликацијама [3].

Да би се избегла субјективна процена, потребна је процедура за аутоматску евалуацију квалитета слике/видео. Процедура аутоматске процене назива се објективна процена и корисна је у многим применама где је потребно евалуирати визуелне ефекте који се јављају на сликама током аквизиције, обраде, компресије, преноса и архивирања. Уз софтверску имплементацију време процене се смањује од дана и недеља, потребних за субјективне тестове, до рада у реалном времену.

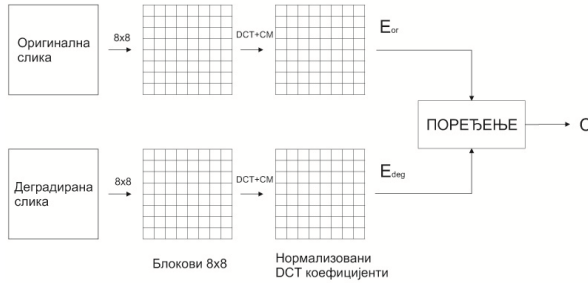
Најчешће коришћене објективне мере за процену квалитета/дисторзије су средња квадратна грешка (MSE), однос сигнал/шум (SNR) и вршни однос сигнал/шум (PSNR), али су ове мере често критиковане јер не дају резултате који су у потпуности у складу са субјективним проценама [4].

Индекс структурне сличности (SSIM) је померио процену квалитета са нивоа пиксела на ниво структуре [5,6]. Деградација слике посматра се као визуелно схваћени губитак информација о структури, за разлику од традиционалних приступа код којих се посматра разлика интензитета на нивоу пиксела (MSE, SNR, PSNR).

У овом раду је предложена објективна мера за процену квалитета слике са потпуним референцирањем. Мера је заснована на поређењу контраста изворне слике и слике са деградацијом. За одређивање контраста користи се дискретна косинусна трансформација (DCT – *Discrete Cosine Transform*). До идеје за алгоритам процене квалитета слике методом контраста дошло се на основу приступа описаних у [7,8], где се контраст који је срачунат у DCT домену користи у мултисензорском сједињавању слика и поправци квалитета слике.

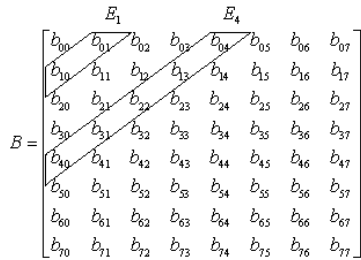
## 2. ОЧУВАЊЕ КОНТРАСТА У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА СЛИКЕ

Концепт процене квалитета слике кроз анализу очувања контраста приказан је блок шемом на слици 1. Изворна (оригинална) слика и слика са деградацијом се најпре поделе на блокове димензија 8x8 пиксела. Након тога се одреди DCT за сваки блок посебно. DCT разлаже блок у низове таласних облика, сваки са одређеном просторном фреквенцијом.



Слика 1 – Блок шема предложеног метода

DCT коефицијенти са упоредивом просторном фреквенцијом се групишу и користе за дефинисање контраста. Ради дефинисања нивоа контраста, потребно је поделити блокове у 15 различитих фреквенцијских опсега. Опсежи су илустровани на слици 2 (први и четврти опсег су наглашени) и њих чине коефицијенти дуж дијагонала матрице.



Слика 2– Блок DCT коефицијената

Матрица  $B$  представља DCT коефицијенте  $n$ тог блока слике, обележене са  $b_{i,j}$ ,  $0 \leq i, j \leq 7$ . За сваки од блокова одређује се средња вредност амплитуда  $k$ тог опсега као [7,8]:

$$E_k = \frac{\sum_{i+j=k} |b_{i,j}|}{N} \quad (1)$$

при чему  $N$  представља број чланова унутар сваког од опсега и он се може написати као:

$$N = \begin{cases} k + 1, & k < 8 \\ 14 - k + 1, & k \geq 8 \end{cases} \quad (2)$$

Из релације (1) се види да  $k$ ти опсег чине коефицијенти блока DCT коефицијената чији је збир једнак  $k$  ( $i+j=k$ ).

Контраст се дефинише на свакој позицији ( $i,j$ ) унутар матрице  $B$  као:

$$C_{i,j} = \frac{b_{i,j}}{\sum_{k=0}^{m-1} E_k} \quad (3)$$

где је  $m$  укупан број опсега (за поделу на блокове  $8 \times 8$  пиксела  $m=15$ ). На овај начин је извршена нормализација DCT коефицијената и нормализовани коефицијенти  $C_{i,j}$  имају вредности између 0 и 1.

Ако нормализоване DCT коефицијенте свих блокова изворне слике обележимо са  $E_{or}$ , нормализоване коефицијенте слике са деградацијом обележимо са  $E_{deg}$ , сличност две слике на глобалном плану (нивоу слика) може се одредити помоћу израза:

$$C = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left( \frac{2E_{or}(m,n)E_{deg}(m,n)+g}{E_{or}^2(m,n)+E_{deg}^2(m,n)+g} \right) \quad (4)$$

где је  $g$  константа ( $g=10^{16}$ ), а димензије слика су  $M \times N$  пиксела.

Након поређења (4) добија се вредност  $C$  која представља квалитет слике са деградацијом и она може бити између 0 и 1. Слика са већом вредношћу  $C$  је бољег квалитета (сличнија изворној слици). Ако је  $C=1$  слике које се пореде су идентичне. Константа  $g$  служи за стабилизацију мере  $C$  када су нормализовани коефицијенти једнаки нули.

Изразом:

$$C(m, n) = \frac{2E_{or}(m,n)E_{deg}(m,n)+g}{E_{or}^2(m,n)+E_{deg}^2(m,n)+g} \quad (5)$$

који представља део израза (4), добијају се вредности очувања контраста на позицији ( $m,n$ ) – ниво пиксела. Мера  $C$  се добија усредњавањем вредности очувања контраста на свим позицијама.

### 3. АНАЛИЗА ОЧУВАЊА КОНТРАСТА НА ЈЕДНОСТАВНОМ ПРИМЕРУ

За процену квалитета предложене мере процене квалитета слика кроз очување контраста посматране су модификације изворне слике са различитим типовима деградације. Коришћени су следећи типови деградације: замагљивање (блуриг), JPEG компресија, померај средње вредности нивоа сивог, развлачење контраста, додавање Гаусовог шума, импулсни шум и мултипликативни шум. Добијени резултати су упоређени са резултатима добијеним субјективним тестовима који су доступни у [5].

На слици 3 су дате оригинална слика LENA и њене модификације. Изворна слика је модификована тако да све слике са деградацијама имају исту вредност MSE (PSNR). Поред сваке слике са деградацијом налази се и одговарајућа слика која представља мапу очувања контраста. У табели 1 дати су упоредни резултати добијени субјективним тестовима и методом очувања контраста. Уочава се да је рангирање слика према квалитету коришћењем објективних скорова идентично рангирању добијеном кроз субјективне тестове (код субјективних тестова више вредности скорова одговарају већем степену деградације).

До оваквих резултата може се доћи и посматрањем мапа очувања контраста (слика 3). Светлије вредности нивоа сивог одговарају већем степену очувања контраста. На сликама 3(д) и 3(ј) преовлађује бела боја и може се закључити да слике са таквом мапом квалитета доста верно илуструју оригинал. То су слике које су настале кроз промену средње вредности нивоа сивог и развлачењем контраста и оне заузимају прва два места у рангирању датом у табели 1. Слика 3(е) представља мапу квалитета слике деградиране JPEG компресијом и на њој преовлађује црна боја. Мапа очувања контраста се такође подудара са рангирањем из табеле 1 где слика са JPEG компресијом заузима последње место.

Табела 1 – Очување контраста за различите типове деградације

Врста деградације	Средња субјективна процена	Очување контраста, C
Померај средњег нивоа сивог	1.59	0.9921
Развлачење контраста	1.64	0.8862
Импулсни шум	3.32	0.5130
Мултипликативни шум	4.18	0.1825
Гаусов шум	4.27	0.1443
Замагљивање	6.32	0.0471
JPEG компресија	6.68	0.0217

#### 4. АНАЛИЗА ОЧУВАЊА КОНТРАСТА НА LIVE БАЗИ СЛИКА

LIVE база слика (*Laboratory for Image and Video Engineering*) Тексас Универзитета (*University of Texas at Austin*) се састоји од 982 колор слике. База слика је изведена од 29 изворних колор слика доброг квалитета и високе резолуције (углавном 768x512 пиксела). Сlike базе су добијене тако што су изворне слике деградиране коришћењем пет типова дисторзије. Свака од изворних слика је деградирана са свим типовима дисторзије и то тако да квалитет добијених слика покрива потпуни опсег квалитета, тј. од слика лошег до слика доброг квалитета. Квалитет изворних слика је нарушен коришћењем JPEG2000 кодовања, JPEG кодовања, додавањем белог шума, Гаусовим блурингом (филтрирањем) и симулацијом грешака у преносу JPEG2000 поворке бита коришћењем Рејлијевог (*Rayleigh*) модела канала са брзим федингом. Поред изворних слика и слика са деградацијама, доступни су и субјективни скорови квалитета који су дати у форми диференцијалних MOS скорова (DMOS – *Differential Mean Opinion Score*), где ниже вредности представљају бољи субјективни квалитет [9,10].

Субјективне евалуације квалитета су упоређене са резултатима три објективне мере – PSNR, индекса

структурне сличности (SSIM) и предложене мере. Степени слагања субјективних и објективних евалуација приказани су у табелама 2 и 3 кроз корелацију скорова – линеарну корелацију (CC) и корелацију рангова (ROCC).

Табела 2 даје упоредни приказ коефицијената линеарне корелације субјективних и објективних скорова квалитета, по класама слика и на глобалном плану – нивоу комплетне базе. Слично, у табели 3 дат је упоредни приказ коефицијената корелације рангова. У табелама су осенчене мере које по класама слика и на глобалном плану дају најбоље резултате. Уочава се да је на глобалном плану највећи степен слагања субјективних и SSIM објективних скорова. Перформансе контрастне мере су по оба критеријума у нивоу перформанси PSNR. Анализа по класама слика указује да је за слике са JPEG2000 и JPEG компресијом најпогодније користити SSIM, код слика са Гаусовим шумом користити PSNR, сликама са блурингом одговара мера очувања контраста док су перформансе SSIM и предложене мере сличне на класи слика са брзим федингом. Степен слагања предложене мере са субјективним евалуацијама квалитета је већи од 90% на свим класама слика. На глобалном плану он је нешто нижи – око 87%.

Табела 2 – Коефицијенти линеарне корелације (*Pearson*ов коефицијент корелације)

CC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Гаусов блуринг	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8996	0.8879	<b>0.9875</b>	0.7835	0.8895	0.8701
SSIM	<b>0.9410</b>	<b>0.9504</b>	0.9695	0.8743	0.9428	<b>0.9014</b>
C	0.9169	0.8990	0.9441	<b>0.9515</b>	<b>0.9473</b>	0.8707

Табела 3 – Коефицијенти корелације рангова (*Spearman*ов коефицијент корелације)

ROCC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Гаусов блуринг	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8954	0.8809	<b>0.9854</b>	0.7823	0.8907	0.8756
SSIM	<b>0.9355</b>	<b>0.9449</b>	0.9629	0.8944	<b>0.9413</b>	<b>0.9104</b>
C	0.9082	0.9059	0.9211	<b>0.9538</b>	0.9410	0.8668

#### 5. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ДИМЕНЗИЈЕ БЛОКА НА МЕРУ ОЧУВАЊА КОНТРАСТА

LIVE база слика је искоришћена и за анализу утицаја димензије блока на меру очувања контраста. Блок је квадратног облика димензија од 4x4 до 16x16 пиксела. Променом димензија блока мења се и број опсега који се користи при нормализацији коефицијената DCT. Као квантитативни показатељи перформанси коришћени су коефицијент линеарне корелације и корелација рангова. Добијени резултати

су приказани у табелама 4 и 5. У табели 4 је дат *Pearson*ов коефицијент корелације, а у табели 5 *Spearman*ов коефицијент корелације. Поред резултата добијених кроз анализу очувања контраста, добијене вредности корелација су упоређене и са вредностима које се добијају применом PSNR и SSIM мера.

Из табела 4 и 5 се уочава да перформансе мере очувања контраста зависе од димензија блока. На глобалном плану, тј. на нивоу комплетне LIVE базе,

уочава се да се одговарајућим избором димензија блока могу достићи перформансе SSIM мере. У односу на перформансе презентоване за блок димензија 8x8 пиксела остварен је добитак од 3%,

односно степен слагања субјективних и објективних скорова је већи од 90%. На глобалном плану најлошије перформансе мере очувања контраста су за блок димензија 8x8 пиксела.

Табела 4 – Коefицијенти линеарне корелације (*Pearson*ов коefицијент корелације)

CC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Гаусов блуринг	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8996	0.8879	0.9857	0.7835	0.8895	0.8701
SSIM	0.9410	0.9504	0.9695	0.8743	0.9428	0.9014
4x4	0.9096	0.8854	<b>0.9451</b>	0.9381	0.9462	0.9002
5x5	0.9186	0.9181	0.9436	0.9474	0.9477	<b>0.9069</b>
6x6	0.9170	0.9166	0.9438	0.9474	0.9483	0.9051
7x7	<b>0.9198</b>	0.9230	0.9444	0.9520	<b>0.9495</b>	0.9061
8x8	0.9169	0.8990	0.9441	0.9515	0.9473	0.8707
9x9	0.9162	0.9237	0.9438	0.9520	0.9482	0.9030
10x10	0.9132	0.9206	0.9435	0.9508	0.9474	0.9015
11x11	0.9148	<b>0.9251</b>	0.9445	<b>0.9526</b>	0.9482	0.9026
12x12	0.9121	0.9200	0.9435	0.9512	0.9463	0.8995
13x13	0.9118	0.9242	0.9443	0.9519	0.9476	0.9007
14x14	0.9116	0.9242	0.9448	0.9517	0.9466	0.9009
15x15	0.9064	0.9195	0.9428	0.9491	0.9455	0.8966
16x16	0.9092	0.9233	0.9444	0.9509	0.9446	0.8964

Табела 5 – Коefицијенти корелације рангова (*Spearman*ов коefицијент корелације)

ROCC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Гаусов блуринг	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8954	0.8809	0.9854	0.7823	0.8907	0.8756
SSIM	0.9355	0.9449	0.9629	0.8944	0.9413	0.9104
4x4	0.9017	0.8935	<b>0.9228</b>	0.9417	0.9367	0.8950
5x5	0.9096	0.9240	0.9197	0.9489	0.9384	0.9033
6x6	0.9077	0.9218	0.9210	0.9500	0.9388	0.9020
7x7	<b>0.9103</b>	0.9272	0.9210	0.9539	0.9408	<b>0.9034</b>
8x8	0.9082	0.9059	0.9211	0.9538	<b>0.9410</b>	0.8668
9x9	0.9070	0.9275	0.9202	0.9534	0.9394	0.9016
10x10	0.9038	0.9243	0.9197	0.9528	0.9391	0.9003
11x11	0.9074	<b>0.9285</b>	0.9212	<b>0.9553</b>	0.9402	0.9019
12x12	0.9036	0.9222	0.9199	0.9535	0.9395	0.8983
13x13	0.9023	0.9279	0.9210	0.9541	0.9397	0.9007
14x14	0.9038	0.9271	0.9214	0.9545	0.9395	0.9008
15x15	0.8984	0.9220	0.9184	0.9514	0.9383	0.8972
16x16	0.9014	0.9271	0.9209	0.9531	0.9409	0.8957

Графичка илустрација утицаја димензија блока на перформансе мере очувања контраста, по класама слика и на глобалном плану, приказана је на слици 4. Сликама се представљају вредности линеарних корелација субјективних и објективних скорова квалитета дате у табели 4. Са слике се уочава да перформансе мере очувања контраста значајно зависе од избора димензија блока код JPEG класе слика. Најлошије перформансе на овој класи слика су добијене коришћењем блока димензија 4x4 и 8x8 пиксела. Овакви резултати се добијају јер се са димензијама блока од 4x4 и 8x8 не уочавају ефекти присутни на границама између блокова, а који имају пресудну улогу у субјективној евалуацији квалитета. Због тога се у радовима препоручује да се код процене квалитета слика избегава подела на блокове чије су димензије мултипл 4, 8 или 16 (код JPEG, MPEG12 или H.264 кодованих слика) [11]. На

преостале четири класе слика перформансе значајно не зависе од избора димензије блока.

Однос субјективних импресија квалитета (DMOS) и објективних скорова контрастне технике приказан је на слици 5 кроз дијаграме расипања. Илустровани су резултати добијени при обради слика са димензијама блока 4x4, 7x7, 8x8 и 16x16 пиксела. Генерално се може уочити да око интерполационе (логистик) криве постоји веће расипање скорова за слике бољег квалитета (ниже DMOS вредности, односно више вредности контрастне мере  $C$ ) него код слика лошијег квалитета. Највеће расипање скорова око интерполационе криве је за процену квалитета са поделом на блокове 8x8 пиксела, где се уочава значајно одступање скорова JPEG класе слика од скорова осталих класа.

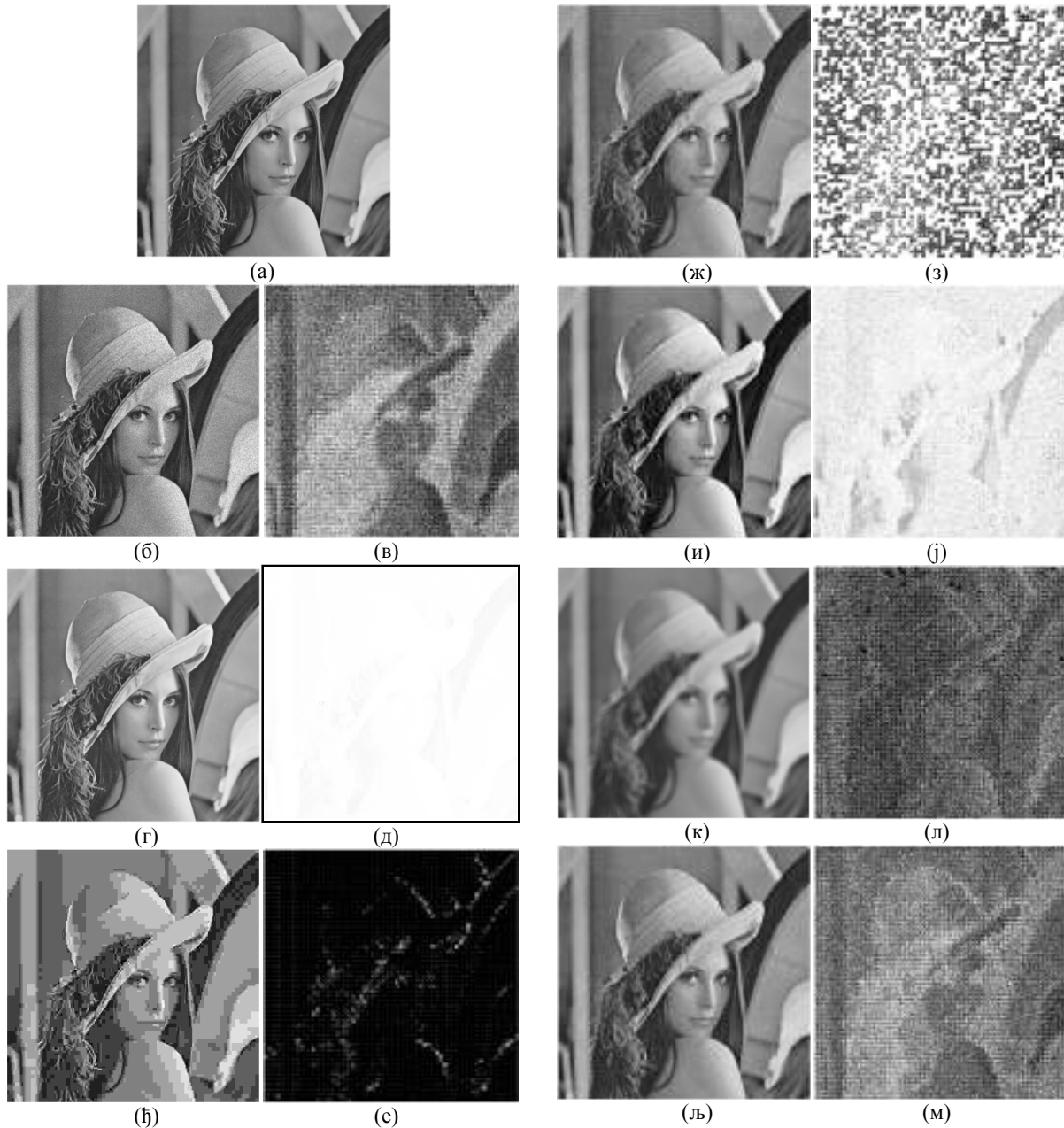
На основу спроведене анализе може се закључити да је код контрастне мере пожељно користити блокове димензија 5x5, 7x7 или 11x11 пиксела.

## 6. ЗАКЉУЧАК

У раду је предложена објективна мера процене квалитета слике са потпуним референцирањем. Мера је заснована на поређењу контраста изворне слике и слике са деградацијом. За одређивање контраста користе се коефицијенти дискретне косинусне трансформације. Предложени приступ представља проширење приступа који се користи код сједињавања слика и побољшања квалитета. Кроз поређење са субјективним импресијама квалитета на једној од јавно доступних база слика постигнути су

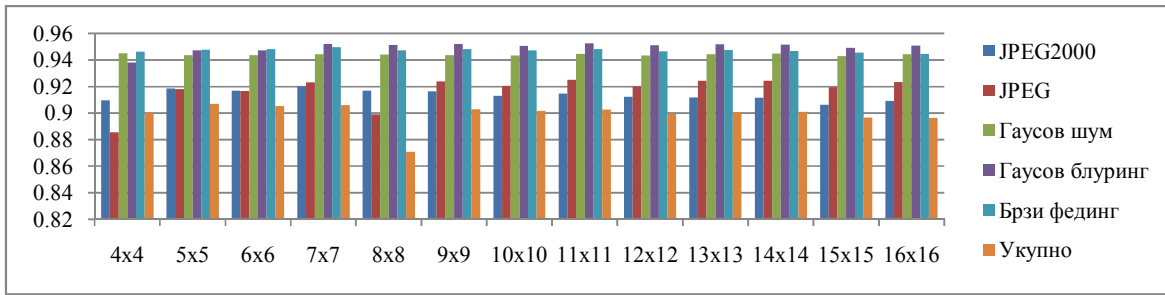
задовољавајући резултати. Степен слагања субјективних и објективних скорова квалитета је већи од 90%. Перформансе предложене мере су боље од перформанси вршног односа сигнал шум, а у рангу су перформанси индекса структурне сличности.

У даљем раду потребно је проширити предложени приступ како би се достигао виши степен слагања са субјективним импресијама квалитета. Неки од могућих правца су: увођење квантизације у поступку процене квалитета, увођење значаја коефицијената DCT трансформације, комбиновање са другим техникама процене квалитета и слично.

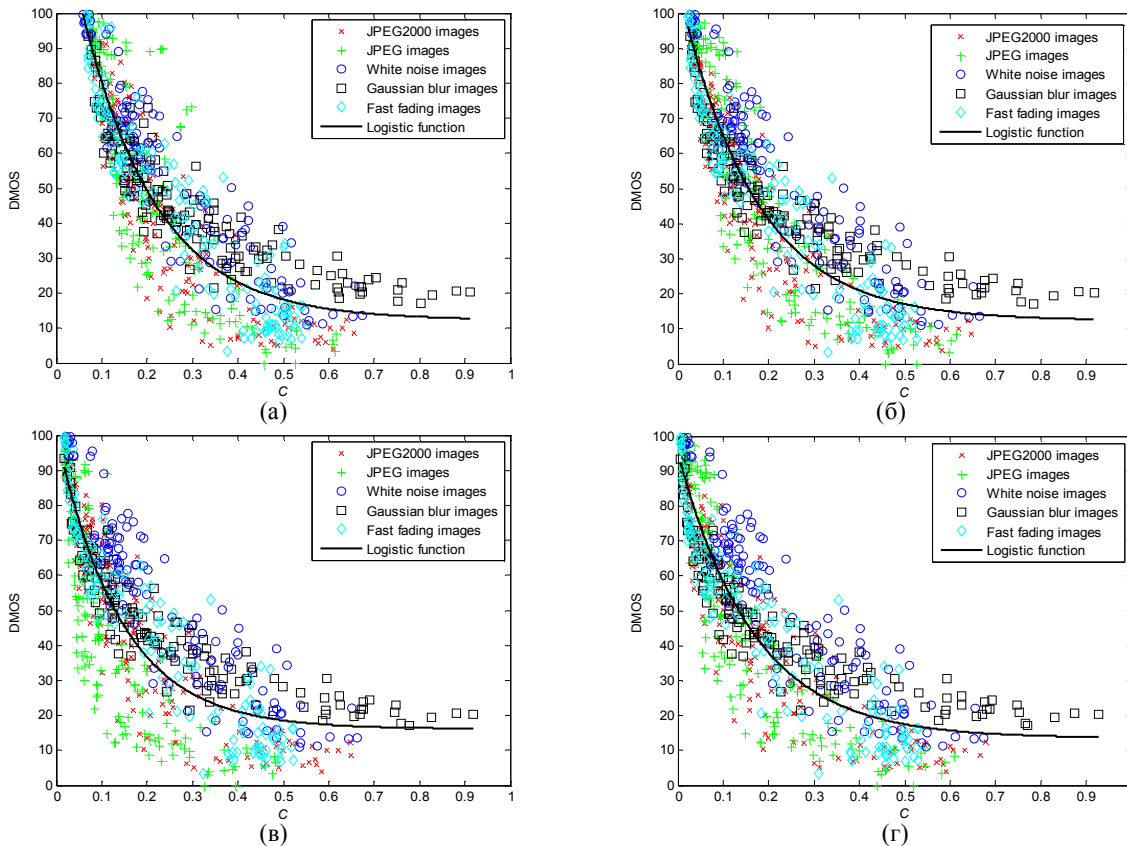


Слика 3 – (а) изворна слика; (б) (в) деградација мултипликативним шумом и мапа контраста; (г) (д) деградација средњег нивоа сивог и мапа контраста; (ђ) (е) деградација JPEG компресијом и мапа контраста; (ж) (з) деградација импулсним шумом и мапа контраста; (и) (ј) деградација развлачењем контраста и мапа контраста; (к) (л) деградација замагљивањем и мапа контраста и (љ) (м) деградација Гаусовим шумом и мапа контраста





Слика 4 – Утицај димензије блока на слагање субјективних и објективних скорова квалитета



Слика 5 – Дијаграми расипања за блокове димензија: (а) 4x4, (б) 7x7, (в) 8x8 и (г) 16x16 пиксела

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bovik A.C., "Perceptual Video Processing: Seeing the Future", Proceedings of the IEEE, Vol. 98, No. 11, pp. 1799-1803, November 2010.
- [2] Bovik A.C., "Automatic Prediction of Perceptual Image and Video Quality", Proceedings of the IEEE, Vol. 101, No. 9, pp. 2008-2024, September 2013.
- [3] Бонцулић Б., Петровић В., Антонић М., "Увод у објективну процену квалитета слике", конференција YUINFO 2011, Зборник радова, 2011.
- [4] Wang Z., Bovik A.C., "Mean Squared Error: Love It or Leave It? A new look at signal fidelity measures", IEEE Signal Processing Magazine, January 2009.
- [5] Wang Z., Bovik A.C., "A Universal Image Quality Index", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 9, No. 3, pp. 81-84, March 2002.
- [6] Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P., "Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity", IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 13, No. 4, 2004.
- [7] Tang J., "A contrast based image fusion technique in the DCT domain", Digital Signal Processing 14 (2004) 218-226.
- [8] Tang J., Peli E., Acton S., "Image Enhancement Using a Contrast Measure in the Compressed Domain", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 10, No. 10, October 2003.
- [9] Sheikh H.R., Sabir M.F., Bovik A.C., "A Statistical Evaluation of Recent Full Reference Image Quality Assessment Algorithms", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 15, No. 11, pp. 3440-3451, 2006.
- [10] Sheikh H.R., Wang Z., Cormack L., Bovik A.C., "LIVE Image Quality Assessment Database Release2", <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>.
- [11] Saad M.A., Bovik A.C., Charrier C., "A DCT Statistics Based Blind Image Quality Index", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 17, No. 6, pp. 583-586, June 2010.

# PRIMENA MODELA ZRELOSTI ZA UTVRĐIVANJE STANJA UPRAVLJANJA KORPORATIVNIM SADRŽAJEM

## APPLYING THE MATURITY MODEL TO ASSESSING THE STATE OF ENTERPRISE CONTENT MANAGEMENT

*doc. dr Dejan Milenković, dipl. inž.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Uprava za telekomunikacije i informatiku, Generalštab Vojske Srbije*

**Sadržaj** – Kako bi se donela bilo kakva odluka u vezi sa poboljšanjem prakse upravljanja sadržajem i započela implementacija novog ili unapređivanje postojećeg rešenja za njegovo upravljanje, potrebno je izvršiti analizu realnog stanja upravljanja sadržajem u organizaciji. Za procenu, predstavljanje i praćenje stanja i sposobnosti organizacije u obavljanju poslovnih procesa namenskih funkcionalnosti koriste se takozvani modeli zrelosti. U okviru ovog rada prikazane su dimenzije (elementi) modela zrelosti sistema za upravljanje sadržajem u kontekstu njegove implementacije u okviru velikih poslovnih organizacija. Svrha ovog rada je da stručnoj i široj javnosti približi koncept modela zrelosti organizacija na primeru modela zrelosti sistema za upravljanje sadržajem.

**Ključne reči** – Sistemi za upravljanje sadržajem, sistemi za upravljanje dokumentima, model zrelosti

**Abstract** – In order to make any decision in relation to practice improving of content management and began a new implementation or upgrading existing solutions for its management, it is necessary to analyze real situation of content management in an organization. For evaluation, presentation and monitoring of the status and capabilities of an organization in the execution of business processes used maturity models. This paper shows the dimensions (elements) of content management system maturity models in context of its implementation within large business organizations.

The purpose of this paper is convergence organizational maturity model concept, to professional and general public, in the case of content management system maturity model.

**Keywords** – Enterprise content management, document management system, maturity model

### 1. UVOD

Svaka poslovna organizacija (*enterprise*<sup>1</sup>) koristi nekakav sistem za upravljanje digitalnim sadržajem (dokumentacijom i ostalim elektronskim fajlovima). Taj sistem može biti u obliku nestrukturiranog smeštanja fajlova na lokalnim diskovima ili mrežnim uređajima, uređeno samo pravima pristupa korisnika, pa sve do visoko sofisticirane softverske komponente za upravljanje

korporativnim digitalnim sadržajima u svim segmentima poslovanja. Stepem upravljanja sadržajem kod većine poslovnih organizacija se nalazi između ove dve krajnosti.

Kako bi se donela bilo kakva odluka u vezi sa poboljšanjem prakse upravljanja sadržajem i započela implementacija novog ili unapređivanje postojećeg rešenja za njegovo upravljanje, potrebno je izvršiti analizu realnog stanja upravljanja sadržajem u organizaciji. To znači da je potrebno izvršiti procenu sadržaja po sledećem: utvrditi vrstu sadržaja kojom organizacija raspolaže u okvirima svojih poslovnih procesa, gde i na koji način je taj sadržaj skladišten unutar poslovnog sistema i da li se i na koji način istim upravlja? Odgovori na ova pitanja su ključna za određivanje „zrelosti“ korporativnog sadržaja. Imajući u vidu da se radi o složenom procesu za određivanje „zrelosti“ određenog poslovnog resursa, koji zahteva analizu više različitih parametara zavisnih i nezavisnih, razvijeni su posebni modeli, takozvani modeli zrelosti (*maturity models*).

Modeli zrelosti kao koncept uspostavljen je pre dvadesetak godina [1]. U početku su bili korišćeni za potrebe softverskog inženjerstva, a kasnije je primena proširena i na druge discipline, uključujući: analizu poslovnih procesa, servise javne uprave, upravljanje finansijama, upravljanje ljudskim resursima, zdravstveni sektor, upravljanje informacionim tehnologijama i upravljanje projektima. Modeli zrelosti se koriste za praćenje, procenu i predstavljanje trenutnog stanja korporacije, kao što je na primer stanje ili stepen „zrelosti“ korporativne sposobnosti za obavljanje namenskih funkcionalnosti.

U okviru oblasti upravljanja zapisima i informacijama razvijeno je nekoliko modela upravljanja u skladu sa principima modela zrelosti, među kojima je i model zrelosti upravljanja korporativnim sadržajem (*Enterprise Content Management Maturity Model*). U okviru ovog rada prikazane su dimenzije (elementi) modela zrelosti sistema za upravljanje sadržajem u kontekstu njegove implementacije u okviru velikih poslovnih organizacija.

### 2. DEFINISANJE OSNOVNIH POJMOVA

#### Pojam upravljanja korporativnim sadržajem

Organizacije koriste različite načine kako bi upravljali svojim digitalnim sadržajem, među kojima su mrežni i lokalni diskovi i specijalizovane poslovne aplikacije, kao što je sistem za upravljanje sadržajem (*Enterprise content management system*, ECM). U krajnje negativnom smislu,

<sup>1</sup> Misli se na celokupnu poslovnu organizaciju, nezavisno od tipa i veličine (javna, ne profitabilna ili komercijalna organizacija).

postoje slučajevi da se digitalnim sadržajem ni na koji način ne upravlja [2].

Sistemi za upravljanje sadržajem se često koriste kao sinonim za termine kao što su sistem za upravljanje elektronskim dokumentima (*Electronic Document Management Systems*, EDMS), sistem za upravljanje elektronskim zapisima (*Electronic Records Management Systems*, ERMS), integrisani sistem za upravljanje dokumentima i zapisima (*Integrated Document and Records Management Systems*, IDRMS) i sistem za upravljanje elektronskim dokumentima i zapisima (*Electronic Document and Records Management systems*, EDRMS) [3]. U kontekstu ovog rada, sistem za upravljanje sadržajem predstavlja najsofisticiraniji element procesa upravljanja digitalnim sadržajem.

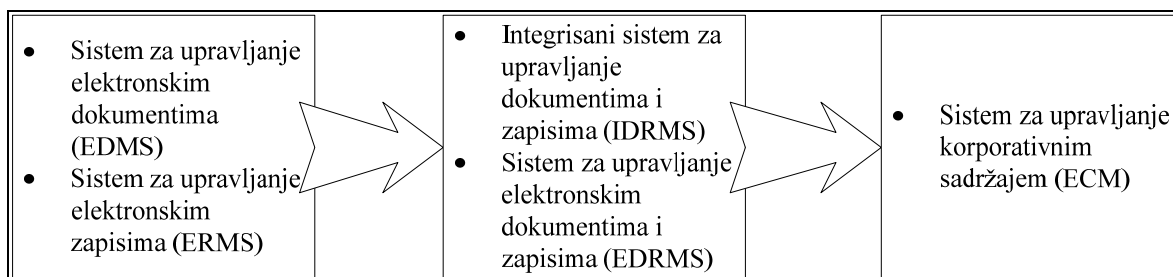
Ovu evolutivnu perspektivu koncepta sistema za upravljanje korporativnim sadržajem podržavaju i vodeće istraživačke organizacije u domenu upravljanja dokumentima i zapisima, kao što su *Gartner* i *Forrester* [4]. Evolucija razvoja koncepta sistema za upravljanje korporativnim sadržajem prikazan je na slici 1.

Sistem za upravljanje sadržajem se može definisati kao skup strategija, metoda i tehnika koje se koriste za kreiranje, smeštanje, obradu i distribuciju sadržaja i dokumenata koji su sastavni deo životnog ciklusa organizacionih procesa [5].

Postoji više razloga da organizacije investiraju u rešenja za upravljanje elektronskim sadržajima. Neki od tih razloga su [6]:

- Nestrukturirane podatke (naročito elektronske sadržaje, dokumenata), koji zauzimaju sve više skladišnih prostora, učiniti dostupnijim većem broju korisnika.
- Smanjenje skladišnih prostora, objedinjavanjem sadržaja tako da se isti sadržaj ne nalazi na više skladišnih medijuma.
- Omogućavanje lakšeg i pouzdanijeg deljenja sadržaja i efikasniju saradnju između zaposlenih.
- Omogućavanje ponovnog korišćenja već postojećih sadržaja.
- Smanjenje utroška kancelarijskog materijala unutar organizacije.
- Standardizacija načina razmene i izgleda informacija, korišćenjem predefinisanih formi.
- Unapređivanje poslovnih procesa kako bi postali efikasniji i optimalniji.
- Unapređivanje komunikacije i poslovnih odnosa sa eksternim ključnim korisnicima.
- Podrška strategiji upravljanja korporativnim znanjem.

Rezultati uvođenja sistema upravljanja elektronskom dokumentacijom su povećanje raspoloživosti dokumenata, lakša kontrola dokumentacije, kontrola pristupa informacijama, efikasnije poslovanje, ušteda materijalnih i ljudskih resursa, smanjenje troškova poslovanja [7].



Slika 1. Evolucija razvoja koncepta sistema za upravljanje sadržajem

### Pojam modela zrelosti

Model zrelosti je alat (za upravljanje) nastao s ciljem da pomogne implementaciju poslovnih procesa u organizacijama i to u konkretnim oblastima rada, odnosno pojedinim funkcijama koje su bitne za funkcionisanje organizacije. Model zrelosti je “kolekcija strukturiranih elemenata koji opisuju karakteristike efektivnih poslovnih procesa” kroz faze njegovih životnih ciklusa, procenjujući benefite u odnosu na prethodna iskustva i okvire za preduzimanje prioritarnih akcija, sve radi postizanja željenih poslovnih ciljeva u pojedinim oblastima rada organizacije [1].

Koncept modela zrelosti je najviše primenjivan u 1980-im i 1990-im godinama kroz softversko inženjerstvo, a od tada se proširio i na druge discipline: poslovna analitika, servisi javne uprave, upravljanje finansijama, upravljanje ljudskim resursima, zdravstveni sektor, upravljanje

informativnim tehnologijama i upravljanje projektima [8].

Modeli zrelosti su razvijani na osnovu iskustava onih organizacija koje nisu uspele da razviju svoje sposobnosti, do onih koje su svoje sposobnosti upravljanja sadržajima dovele na optimalan nivo.

### 3. MODEL ZRELOSTI SISTEMA ZA UPRAVLJANJE KORPORATIVNIM SADRŽAJEM

U ovom radu akcenat je stavljen na modele zrelosti koji se odnose na domen upravljanja elektronskim sadržajem u uslovima korporativnog okruženja. Da bi se pravilno odredio nivo zrelosti organizacije u smislu njenog odnosa prema korporativnom sadržaju, potrebno je definisati dimenzije i elemente zrelosti.

### Dimenzije sistema za upravljanje sadržajem

Upravljanje korporativnim sadržajem je predmet rasprave širom sveta. U daljem tekstu će biti opisani elementi modela zrelosti koji identifikuje zrelost sistema za upravljanje sadržajem i to posmatrajući ga kroz tri dimenzije, od kojih svaka ima neke specifične atribute. Te dimenzije su [1]:

- Skladištenje sadržaja (*Storage*),
- Efikasnost sistema (*Efficiency*) i
- Fleksibilnost sistema (*Flexibility*).

U procenjivanju potrebnih dimenzija skladišta podataka, a radi određivanja zrelosti sadržaja, potrebno je identifikovati sledeće atribute:

- *lokacije* na kojima je sadržaj razmešten (Da li su podaci skladišteni na lokalnim hard diskovima ili na mrežnim deljenim resursima? Da li su podaci u okviru nekog postojećeg rešenja za upravljanje sadržajem?) i
- *formati* u kojima se sadržaj nalazi (uključujući zastarele i specifične formate organizacije) ili u kojem formatu će se sadržaj čuvati u perspektivi.

Kada se razmatra prostor za skladištenje sadržaja, potrebno je ispitati procese koji se odnose na *pristup sadržaju (content audit)*. U načelu, to znači da je potrebno odgovoriti na sledeća pitanja: Koji sadržaji postoje? Da li je sadržaj trenutno dostupan korisnicima? Kako se vrši nadzor nad deljenim lokacijama sadržaja? Na koji način korisnici dele isti sadržaj?

Procena dimenzija za skladištenje podataka iz sistema za upravljanje sadržajem takođe podrazumeva i razmatranje plana iskorišćenja skladišnog prostora. U organizacijama sa niskim stepenom zrelosti, u maloj meri ili gotovo uopšte se ne vrši planiranje i razvoj strategije za upravljanje skladišnim kapacitetima. U tom slučaju se rešavanje problema kako maksimalno iskoristiti skladišne kapaciteta prepušta stručnjacima za informacione tehnologije (IT). IT stručnjaci kod organizacija sa višim nivoom zrelosti imaju mogućnosti dobijanja sistemskih *izveštaja* o upotrebi sistema i skladišnih prostora. Na taj način stručna i odgovorana lica organizacije mogu kvalitetnije i jednostavnije da uočavaju i razumeju efekte i trendove koje sistem za upravljanje sadržajem ima na celokupno poslovanje organizacije.

Sistem za upravljanje sadržajem treba da obuhvati ceo životni ciklus sadržaja, od njegovog kreiranja, preko distribucije i konačnog povlačenja iz operativne upotrebe (brisanje ili trajno arhiviranje) [6]. Kritična aktivnosti u izvršavanju procesa u organizaciji, jeste njihova *efikasnost*. Sistemi poslovnih organizacija koji koriste ručnu obradu podataka (usled čega se podaci multipliciraju ili su zastupljene nepotrebne aktivnosti unutar procesa) doprinose suvišnom trošenju resursa, kako vremenskih koje osoblje troši u procesima rada sa sadržajem (dokumentima), tako i tehnoloških resursa koji moraju biti kupljeni kao podrška upravljanju.

Prvi od kriterijuma za uspostavljanje efikasnosti organizacije jeste *automatizacija* poslovnih procesa. U organizacijama sa niskim stepenom zrelosti sistema za upravljanje sadržajem, procesi upravljanja sadržajem se uglavnom obavljaju ručno i zahtevaju više (suvišnih, neautomatizovanih) koraka u svim fazama njihovog životnog ciklusa. U organizacijama sa višim nivoom zrelosti sistema mnogi procesi su automatizovani, bez negativnih uticaja na kvalitet istih. Organizacije sa srednjim nivoom zrelosti najčešće su u fazi identifikacije uskih grla i propusta u ručnom obavljanju procesa upravljanja sadržajem i u početnoj fazi analiziranja dostupnih tehnologija koje mogu da pojednostave navedene procese. Krajnji rezultat automatizacije procesa upravljanja sadržajem jeste da se kompletan sadržaj može lakše identifikovati i brže pronaći u moru sadržaja kojim organizacija raspolaže.

Kod većine organizacija *prenos* sadržaja (u komunikacijskom smislu) predstavlja kritičan faktor u postizanju poslovnih ciljeva. U organizacijama sa niskim stepenom zrelosti sistema za upravljanje sadržajem, prenosom sadržaja se ni na koji način ne upravlja: elektronski fajlovi se višestruko razmenjuju; ne vodi se računa o verzijama sadržaja i kontroli upotrebe aktuelnih verzija; povećavaju se faktori rizika i troškovi prenosa. U organizacijama sa višim nivoom zrelosti sistema, procesi upravljanja sadržajima su integrisani sa informacionim tehnologijama unutar sistema za upravljanje sadržajima, što omogućava da se prenosom sadržaja upravlja na pouzdan i efikasan način, u okviru optimizovanih poslovnih procesa.

Konzistentan rad na *izgledu* elektronskih sadržaja (*branding*), koji se pre svega odnosi na standardizaciju formata dokumenata i njihovog dizajna, približava organizaciju najvišim nivoom zrelosti sistema za upravljanje sadržajem. U organizacijama sa nižim stepenom zrelosti sistema, postoje šabloni dokumenata ali se nekonzistentno upravlja formatima fajlova (u tehničkom). Implementacijom sistema za upravljanje sadržajem omogućava se upotreba alata kojim se na jednostavan način upravlja dizajnom i formatima elektronskih sadržaja, vodeći računa pri tom o standardima usvojenim od strane organizacije.

Spoj koncepta upravljanja sadržajem i informaciono-komunikacionih tehnologija predstavlja idealan sistem za upravljanje sadržajem kojim se postižu dva cilja: „kreiraj jednom-koristi bilo gde“ (eng. *Create Once - Publish Everywhere*) i „sadržaj po sopstvenoj želji na zahtev“ (*Custom Content on Demand*) [8]. Organizacija sa visokim nivoom zrelosti sistema ispunjava ove ciljeve izgradnjom alata i procesa maksimalne fleksibilnosti.

Kreiranje proizvoljnog sadržaja (po želji korisnika) u organizacijama sa niskim stepenom zrelosti sistema za upravljanje sadržajem je tipično težak i dugotrajan postupak. Korisnicima sadržaja je obično potrebno dosta vremena da lociraju već postojeći sadržaj koji im je potreban za formiranje nekog novog sadržaja

(dokumenta), kako bi ga iskopirali i prilagodili okvirima i formatu novog sadržaja. Još je lošija situacija kada postojeći korisni sadržaj ne može da se pronađe. Kako organizacije stižu više nivoa zrelosti u primeni sistema za upravljanje sadržajem, njihovi alati za upravljanje ciljnim sadržajima ne samo da čuvaju sadržaj u strukturiranim standardizovanim formama (kao što je XML), već ti alati omogućavaju jednostavnu i efikasnu izradu različitih tipova izlaznih elektronskih fajlova (izlaznih dokumenata) sa jednim sadržajem iskorišćenim u odgovarajućem i željenom kontekstu.

Upotreba metapodataka (*metadata*) u znatnoj meri može da unapredi kreiranje novih sadržaja i njihovu upotrebu kroz sve faze životnog ciklusa. U organizacijama sa niskim stepenom zrelosti sistema za upravljanje sadržajem, metapodaci predstavljaju samo vremenske markere nastanka i izmena dokumenata i osnovne podatke o njegovom autoru, a njihova upotreba je ograničena na dobru praksu i veštinu naprednijih korisnika. Sa dostizanjem viših nivoa zrelosti sistema za upravljanje sadržajem, organizacije postaju vešte u planiranju, organizovanju i uključivanju metapodataka u svim svojim sadržajima. Na taj način rad sa korporativnim sadržajima postaje efikasniji.

Primena konzistentnih poslovnih pravila (*business rules*) u kombinaciji sa efektivnim metapodacima, obezbeđuje optimalnu fleksibilnost i konzistentnost zahtevanih sadržaja. Konzistentno analiziranje zahteva organizacije, razvoja poslovnih pravila u vezi sa kreiranjem, skladištenjem i upotrebom sadržaja, i integrisanje svih tih procesa i pravila u okviru sistema za upravljanje

sadržajem, doprinosi organizaciji dostizanje najvećeg stepena zrelosti.

### Dimenzije modela zrelosti

Model poznat kao *model zrelosti sistema za upravljanje sadržajem (Enterprise Content Management Maturity Model, ECM3)* je jedan od najpoznatijih modela zrelosti korporativnog upravljanja sadržajima [1]. U ovom delu rada su istaknuti aspekti ovog modela zrelosti, odnosno elementi koji ga definišu. Sistem za upravljanje sadržajem je dovoljno širok da zadire u više oblasti poslovnih procesa organizacije. Kako bi sistemi upravljanja sadržajem bili efikasni, organizacija mora da raspolaže sa jasno definisanim strategijama poslovanja, usvojenim alatima, tehnologijama razvoja i dobrom praksom.

Postoji mnogo načina da se ustanovi zrelost sistema za upravljanje sadržajem u okviru organizacije. Na „zrelost“ se, između ostalog, odražava:

- zastupljenost sistema za upravljanje sadržajem na svim nivoima organizacije;
- potpunost upravljanja životnim ciklusom kritične poslovne dokumentacije;
- organizacijska svest o poslovnoj vrednosti upravljanja nestrukturiranim informacijama;
- količina sadržaja kojim se uspešno upravlja.

Ovaj model je opisan kroz trinaest dimenzija zrelosti, koje utiču na sistem za upravljanje sadržajem, razvrstane u okviru tri kategorije: kadrovi (*Human*), informacije (*Information*) i sistemi (*Systems*) [1].

Tabela 1. Prikaz kategorija i dimenzija zrelosti modela u okviru ECM3

Kategorija	Kadrovi (Human)	Informacija (Information)	Sistemi (Systems)
Dimenzije zrelosti	Poslovna osposobljenost	Sadržaj/Metapodaci	Obim
	IT osposobljenost	Dubina	Širina
	Procesna dimenzija	Upravljanje	Bezbednost
	Poravnanje	Ponovna upotrebu	Upotrebljivosti
		Mogućnost pronalaženja	

Kategorija Kadrovi ima četiri dimenzije:

- Poslovna osposobljenost (*Business Expertise*), odnosi se na zaposlene i podrazumeva njihovu sposobnost razumevanja koncepta sistema za upravljanje sadržajem,
- IT osposobljenost (*IT Expertise*), podrazumeva sposobnost zaposlenih da pravilno upotrebljavaju postojeće i nove informacione sisteme,
- Procesna dimenzija (*Process*) podrazumeva meru u kojoj je organizacija izvršila analizu svojih poslovnih procesa sa aspekta upravljanja sadržajem, i
- Poravnanje (*Alignment*), podrazumeva meru efikasnosti poslovne i IT saradnje u okviru organizacije, odnosno njihovog međusobnog razumevanja i sinhronizacije.

Kategorija Informacija ima pet dimenzija:

- Sadržaj/Metapodaci (*Content/Metadata*) predstavlja meru izvršene analize sadržaja i njihovih metapodataka u okviru organizacije, odnosno njenih poslovnih procesa,
- Dubina (*Depth*), se odnosi na kompletnost upravljanja životnim ciklusom sadržaja,
- Upravljanje (*Governance*) se odnosi na zastupljenost (stepen izrađenih i usvojenih) pravila i procedura upravljanja poslovnim informacijama,
- Ponovna upotrebu (*Re-use*), podrazumeva u kojoj meri sadržaj unutar sistema može ponovo koristiti za druge svrhe osim za svrhu koja je prvobitno planirana i
- Mogućnost pronalaženja (*Findability*) pravog sadržaja u pravo vreme.

Poslednja kategorija je Sistem i ima četiri dimenzije:

- Obim (*Scope*) predstavlja skup funkcionalnosti (poslovnih procesa) organizacije obuhvaćenih sistemom za upravljanje sadržajem (na primer: upravljanje dokumentima, upravljanje poslovnim procesima i drugo),
- Širina (*Breadth*) predstavlja stepen obuhvata delova organizacijske strukture po vertikali i po horizontali, u skladu sa poslovnim potrebama,
- Bezbednost (*Security*), predstavlja u kojoj meri pristup poslovnim sadržajima može da se, u bezbednosno smislu, odrazi na poslovanje organizacije i
- Upotrebljivosti (*Usability*), predstavlja meru u kojoj implementirani sistem odgovara stvarnim poslovnim procesima, odnosno potrebama.

Dimenzije zrelosti navedene u Tabeli 1 treba obuhvatiti u bilo kojoj organizaciji bez obzira na delatnost, veličinu, postavljene poslovne ciljeve, implementiranu proizvodnu i drugu poslovnu tehnologiju i alate. Podrazumeva se da nabrojane dimenzije nisu podjednako važne za poslovne funkcije organizacije, ali su svakako bitne za definisanje zrelosti organizacije u primeni sistema za upravljanje sadržajem.

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu akcenat je stavljen na modele zrelosti koji se odnose na domen upravljanja elektronskim sadržajem u uslovima korporativnog okruženja. Da bi se pravilno odredio nivo zrelosti organizacije u smislu njenog odnosa prema korporativnom sadržaju ili bilo kojoj drugoj komponenti koja prožima njene poslovne procese, potrebno je definisati dimenzije i elemente zrelosti.

Dimenzije zrelosti se razlikuju shodno delatnosti kojom se organizacija bavi. Bez obzira na delatnost kojom se organizacija bavi, kod definisanja dimenzije zrelosti treba obuhvatiti veličinu organizacije, postavljene poslovne ciljeve, implementiranu proizvodnu i drugu poslovnu tehnologiju i alate.

Podrazumeva se da sve dimenzije, obrađene u ovom radu, nisu podjednako važne za poslovne funkcije organizacije, ali svakako predstavljaju osnovu za definisanje zrelosti organizacije u primeni sistema za upravljanje sadržajem.

#### 5. LITERATURA

- [1.] ECM Maturity Model, About. 2010.
- [2.] Cameron, S. A. „Enterprise content management - a business and technical guide“. The Chartered Institute for IT, Swindon, UK, 2011.
- [3.] Milenković, D. „Opravdanost i mogućnosti primene sistema upravljanja elektronskom dokumentacijom“ – magistarska teza, FON, Beograd, 2006.
- [4.] <http://www.gartner.com>
- [5.] Milenković D., Jovanović Milenković M., Radojičić Z., „Sistemi upravljanja sadržajem – pojam i karakteristike“, Vojnotehnički glasnik 2010 - 1 (januar - mart), Vol. 58, No. 1, str. 166-184, 2010
- [6.] Milenković D., „Statističko upravljanje repozitorijumima elektronskih dokumenata primenom koeficijena preferencije“, doktorska disertacija, Beograd, Fakultet organizacionih nauka, 2013.
- [7.] Milenković D., Jovanović Milenković M., „Karakteristike sistema upravljanja elektronskom dokumentacijom“, X međunarodni simpozijum SymOrg 2006, Zlatibor 2006
- [8.] Liu, R. Y. L. „Capability maturity model integration: origins and applications“. California State University, Long Beach, 2002.

# UTICAJ DINAMIČKIH PROMENA NA SJEDINJAVANJE VIDEO SEKVENCI

## THE IMPACT OF DYNAMIC CHANGES TO THE FUSION OF VIDEO SEQUENCES

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 radu su dati različiti pristupi sjedinjavanja video sekvenci i njihovi rezultati na bazi ulaznih sekvenci. Prvo je izvršena analiza postojećih algoritama za sjedinjavanje mirnih slika i izabrano najefikasnije rešenje, koje je kasnije primenjeno na sjedinjavanje video sekvenci. Za određivanje uspešnosti sjedinjavanja korišćene su standardne mere za dinamičku procenu koristeći zajedničke informacije i gradijentne informacije. Pri tome su uzeti i rezultati subjektivnih testova, kako bi se uzeo u obzir i uticaj krajnjih korisnika. Metode su testirane na većem broju različitih scenarija.

**Abstract** - This paper presents different approaches of video sequences fusion and the results based on the input sequence. The first is an analysis of the existing algorithms for still images fusion is given and selected the most efficient solution, which was later applied to the fusion of video sequences. To determine the success of fusion the standard measures are used for dynamic assessment using mutual information and gradient information. In doing so, they take the results of subjective tests, in order to take into account the impact of end users. The methods are tested on several different scenarios.

**Ključne reči**— multisenzorsko sjedinjavanje; video sjedinjavanje, laplasova piramida, vejtlet transformacija.

### 1. UVOD

Poslednjih godina došlo je do masovnije upotrebe više senzora za praćenje i analizu scene. Pod scenom se podrazumeva prostor ograničen vidnim poljem optike senzora, od optike senzora do beskonačnosti. Scenu predstavljaju objekti, njihova okolina (pozadina) i atmosfera. Vidljivi spektar je veoma ograničen (talasne dužine u opsegu 0,4-0,7 $\mu$ m) pa su iskorišćeni delom mikrotalasi (1mm-30cm) i delom infracrveni opsezi spektra (700nm-1mm) za vizuelizaciju scene. Potreba za proširenjem saznanja o sceni dovela je do proširenja spektralnog opsega vizuelizacije.

Ostvaren je izuzetan tehnološki napredak u oblasti senzora. Postojeći senzori napredovali su u pogledu kvaliteta informacija, dizajna i lakoće rukovanja, a novi senzori pokrili su do sada nekoristićene delove elektromagnetskog spektra. Pojavom boljih, preciznijih a pri tom jeftinijih senzora sve veći broj sistema oslanja se na grupe senzora kojim simultano osmatraju svoju okolinu. Ovakva multisenzorska polja pokrivaju sve veći deo elektromagnetskog spektra i predstavljaju izvore velike količine informacija o predmetima koje osmatraju.

Efikasno povezivanje ovakvih izvora informacija sa centrima obrade podataka omogućilo je pojavu multisenzorskih sistema.

Sjedinjavanje slika dobijenih sa više senzora prevazilazi ograničenja pojedinačnih senzora, kombinujući sve izvorne slike u jednu kompozitnu sliku. U tom cilju, krajem prošlog veka razvijen je veliki broj metoda za sjedinjavanje monohromatskih slika od kojih su najzastupljenije multirezolucione i multivelećinske [1-6].

Od osnovnog značaja je primena sjedinjavanja slika u realnom vremenu kao na primer u vojsci, civilnoj avijaciji ili medicini. To znači da se video sekvenca od 30 i više slika iz različitih senzora sjedinjuje u jednu izlaznu sekvencu svake sekunde. Većina algoritama za sjedinjavanje 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 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 o sjedinjavanju u realnom vremenu. Iz ovih razloga uzima se kompromis između računarske zahtevnosti i rezultata koje daju algoritmi za sjedinjavanje.

### 2. METODE ZA SJEDINJAVANJE MIRNIH SLIKA

Aritmetičko sjedinjavanje (AS) 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.

Multirezoluciona analiza, koja predstavlja bolje rešenje u smislu uspešnosti sjedinjavanja slika, transformiše signal

slike u piramidalnu predstavu sastavljenu od pod-opsežnih signala opadajuće rezolucije od kojih svaki predstavlja jedan deo originalnog spektra [3-6]. Veće strukture su u pod-opsezima nižih, a finiji detalji u pod-opsezima 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. Sjedinjavanje Laplasovom piramidom (LP) je jedno od najzastupljenijih u realnim primenama [3].

Diskretna vejevlet transformacija (DVT) je veoma rasprostranjena tehnika u oblasti digitalne obrade slike i sjedinjavanja slika sa istih ili različitih senzora (PAN i MS sjedinjavanje, 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 [5,6]:

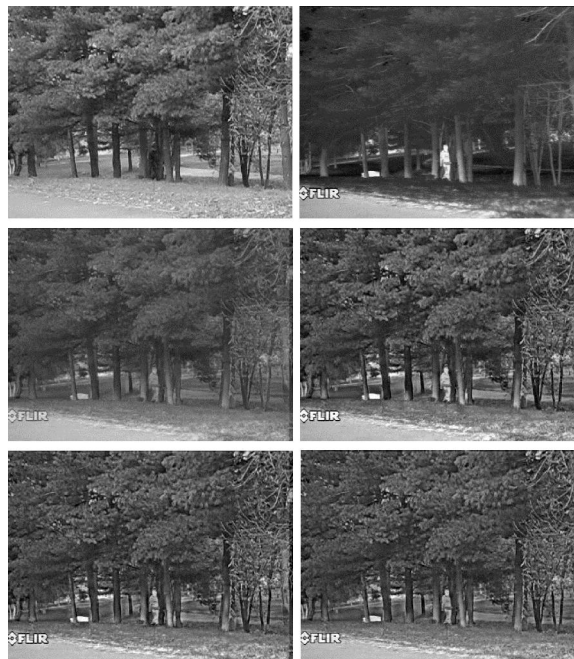
- nedostatak otpornosti na promene signala (shift invariance), tj. male promene u ulaznom signalu izazivaju značajne varijacije u distribuciji energije između koeficijenata u DVT i
- loše selektivnosti po pravcima, koja je posledica razdvajanja filtera i maksimalne osetljivosti na ivice po horizontalnom, vertikalnom i dijagonalnom pravcu.

Poboljšanje otpornosti na promene signala mogu se postići korišćenjem kompleksne vejevlet transformacije sa dvostrukim stablom ( DS KVT ) [5,6]. Multirezoluciona predstava ulazne slike pomoću DS KVT dobija se filtriranjem pomoću dva filtra podešena da daju realnu i imaginarnu predstavu podopsega. Na taj način kompleksni vejevleti razdvajaju ulaznu sliku na podopsege koje koji imaju maksimalnu osetljivost u 6 pravaca ( $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ , i  $\pm 75^\circ$ ), za razliku od DVT koja postiže maksimalne osetljivosti u horizontalnom, vertikalnom i dijagonalnom pravcu.

Rezultati sjedinjavanja navedenim metodama za sjedinjavanje još jednog frejma iz sekvence VAI prikazani su na slici 1. 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.

### 3. METODE ZA PROCENU USPEŠNOSTI SJEDINJAVANJA VIDEO SEKVENCI

Kao osnovni nivo proračuna uspešnosti sjedinjavanja sekvence slika može se videti kao nastavak sjedinjavanja slika gde su vremenske informacije obuhvaćene prenosom u sjedinjenu sekvencu sjedinjavajući svaki frejm posebno. Najjednostavniji prilaz za proračun mera za uspešnost sjedinjavanja sekvenci onda bi mogao da se primeni mera uspešnosti sjedinjavanja slika za svaki frejm posebno. Međutim, ove metode uzimaju u obzir samo prostorne informacije i mogu da daju dobre rezultate iako u sekvenci postoje značajne promene između frejmova koje nisu prikazane u sjedinjenim slikama.



Slika 1. Rezultati sjedinjavanja televizijske i termovizijske slike (prvi red) različitim metodama respektivno: aritmetičko, Laplasovom piramidom, DVT i DS KVT.

Zajedničke informacije mogu se koristiti za proračun uspešnosti sjedinjavanja sekvence slika. Oliver Rockinger i Thomas Fechner [8] pedložili su meru za sjedinjavanje sekvence slika koja se bazira na proračunu zajedničkih informacija razlika dva frejma ulaznih slika i sjedinjene slike - DMI. Jedan od glavnih ciljeva sjedinjavanja sekvence slika je vremenska stabilnost i saglasnost sjedinjene sekvence. Vremenska stabilnost podrazumeva da promene vrednosti nivoa sivog u sjedinjenoj sekvenci mogu biti prouzrokovane samo promenama nivoa sivog u ulaznim sekvencama ili bar jednoj ulaznoj sekvenci, tj. da ove promene ne smeju biti prouzrokovane samim algoritmima za sjedinjavanje. Vremenska postojanost sjedinjene sekvence podrazumeva da promene u ulaznim sekvencama moraju biti predstavljene u sjedinjenoj sekvenci bez kašnjenja ili promene kontrasta. Autori u ovom radu porede razlike između frejmova *IFD* (*inter-frame-differences*) ulaznih sekvenci i sjedinjene sekvence.

Drugi prisup za procenu je dinamička, gradijentna mera za proračun uspešnosti sjedinjavanja sekvence slika DQ [9]. Ova mera daje prenesene informacije iz ulaznih sekvenci u sjedinjenu sekvencu [10]. 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.

Za analizu metoda za video fuziju prvo su analizirane metode za mirne slike kako bi se našla najoptimalnija metoda i kasnije primenjena za video. Od metoda koje su uzete u razmatranje su već pomenute u prethodnom poglavlju i to su: aritmetičko sjedinjavanje, sjedinjavanje Laplasovom piramidom, sjedinjavanje diskretnom vejevlet transformacijom i kompleksni vejevleti sa dvostrukim stablom. Analiza je izvršena pomoću objektivnih testova (DQ i DMI sa razlikom sukcesivnih frejmova) i subjektivnih testova od strane polu iskusnih posmatrača (ukupno 12). Za testove je uzeto 7 ulaznih videa koji su napravljeni na urbanim i ruralnim scenarijima. Rezultati su rangirani po metodama od prve do četvrte i dati su u tabeli 1, gde manja vrednost znači uspešnije sjedinjavanje.

TABELA 1. REZULTATI SUBJEKTIVNIH I OBJEKTIVNIH TESTOVA NA METODAMA ZA SJEDINJAVANJE MIRNIH SLIKA.

	AS	LP	DVT	DS KVT
DQ	4	1	3	2
DMI	4	1	3	2
Subjekt	3	1	4	2
Ukupno	11	3	10	6

Prema svim testovima sjedinjavanje Laplasovom piramidom daje najbolje rezultate i rađirano je kao prvo u sva tri slučaja. Sjedinjavanje DS KVT daje nešto lošije rezultate od Laplasove piramide zbog pojave većih treperenja koje je vidljivo u video signalu. Jedina razlika između subjektivnih testova i objektivnih su aritmetičko i DVT sjedinjavanje, koje zbog pojave većih treperenja smeta subjektima i dobija najniže ocene.

#### 4. VIDEO SJEDINJAVANJE

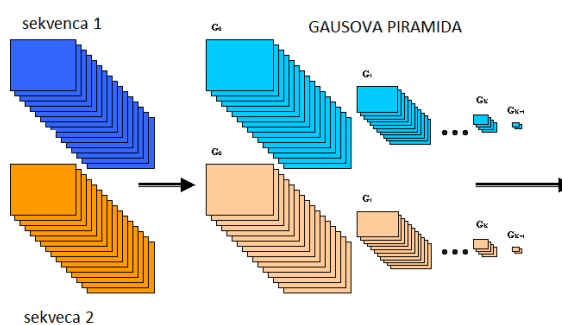
Budući da sjedinjavanje Laplasovom piramidom daje najbolje rezultate za mirne slike, u daljem radu uzeta je ova metoda i prilagođena video sjedinjavanju. Korišćena su tri različita pristupa od kojih su dva za sjedinjavanje celih sekvenci (ili paketa frejmova) i dinamičko sjedinjavanje koje uzima po tri frejma ulaznih sekvenci [11-14]. Prve dve metode nisu pogodne za rad u realnom vremenu, dok je treću metodu moguće implementirati u "real-time" sisteme.

Pristupi sa 3D DVT dobija se korišćenjem 3D filtra na celoj sekvenci [15,16] i pogodan je za umanjenje efekta šuma na sekvencama, kao i za kompresiju video sekvenci. Međutim, sjedinjavanje DVT i sjedinjavanje DS KVT daju lošije rezultate od Laplasovog sjedinjavanja i ovakav vid sjedinjavanja nije uzet u analizu.

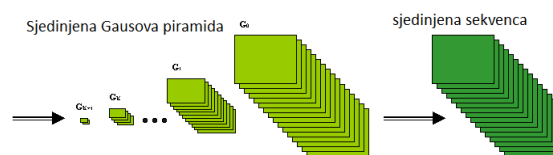
Kao prvi pristup sjedinjavanju sekvenci korišćena je 3D Laplasova prostorno-vremenska piramida [13]. Filtriranje za dobijanje Gausove piramide vrši se u sve tri dimenzije sa 1x5 1D Gausovim filtrom sa vrednostima filtra [1 4 6 4 1]/16. Uslov za dobijanje Gausove piramide je da dužina sekvence bude veća od  $2^{N+1}$ , gde je N broj nivoa piramide. Slično kao kod 2D filtriranja gde je svaki sledeći nivo dobijen decimacijom sa faktorom 2, u 3D slučaju se i broj frejmova umanjuje faktorom 2 (slika 2). Laplasova piramida za sekvencu dobija se analogno kao u 2D sistemu

pomoću 3D Gausove piramide i ekspanzije, odnosno redukcije. Sjedinjavanje piramida vrši se isto kao i kod standardnih metoda. U ovom slučaju uzet je izbor apsolutne maksimalne vrednosti piksela u svim nivoima piramide. Sjedinjena sekvencu dobija se pomoću inverzne 3D Laplasove piramide (slika 3).

Druga metoda za sjedinjavanje sekvenci je nastavak polifuzije (polyfusion) koja je predstavljena u radu za smanjenje efekta šuma u sekvenci [14], s tim što je u ovom radu metoda prilagođena za sjedinjavanje video sekvenci. Autori su predložili smanjenje efekta šuma u video sekvencama različitim pristupima sekvenci (sa prednje, bočnih ili gornje i donje strane), kako bi se što više smanjio šum u sekvenci. Sjedinjavanje Laplasovom piramidom primenjeno je sa prednje strane sekvence i bočne uzimajući dinamičku komponentu (slika 4). Rezultate dobijene pomoću ova dva sjedinjavanja aritmetički su sabrani, vodeći računa o dinamičkom rasponu vrednosti oba sjedinjavanja.



Slika 2. Dobijanje 3D Gausove piramide iz ulaznih sekvenci.



Slika 3. Dobijanje sjedinjene sekvence pomoću 3D Gausove piramide.



Slika 4. Video signal sekvence MSO1 sa prednje i bočne strane.

Treća metoda uzima za izbor piksele iz ulaznih piramida u sjedinjenu na osnovu veće vrednosti tri uzastopne

piramide u prozoru 3x3x3. Ulazne sekvence se razlažu na podopsege pomoću laplasove piramide. Za sjedinjenu piramidu uzimaju se pikseli iz ulaznih piramida tekućeg frejma, ali za izbor iz koje ulazne piramide se uzima vrednost, koriste se i Laplasove piramide iz dva prethodna frejma. Uzima se okolina centralnog piksela u prozoru 3x3 i sabraju vrednosti iz sve tri piramide. Veći zbir u okolini centralnog piksela određuje iz koje ulazne piramide se uzima vrednost. Na taj način uzeta je lokalna i dinamička (dynamic) težina svakog piksela u piramidi.

## 5. ANALIZA REZULTATA

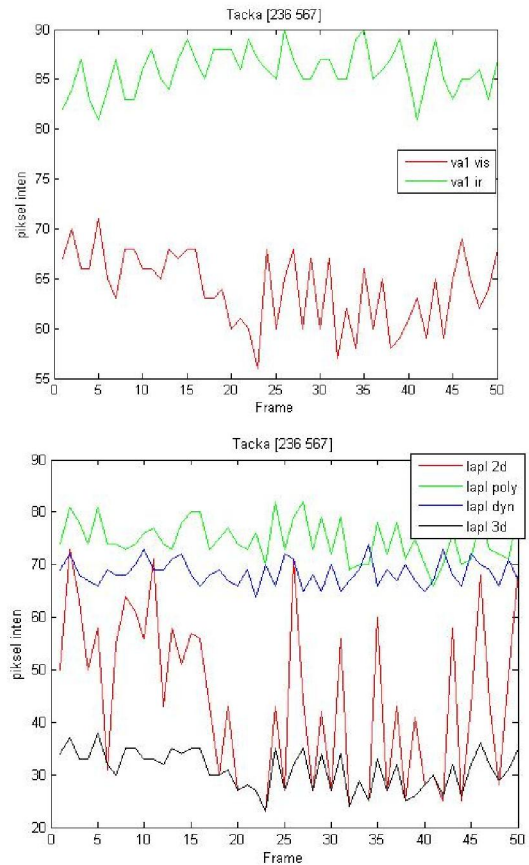
Cilj video sjedinjavanja je da smanji loše efekte jedinačnog sjedinjavanja koje je najčešće u vidu treperenja video signala koje je izraženo i kod sjedinjavanja Laplasovom piramidom. Smanjenje ovog efekta pomoću metoda za video sjedinjavanje je najbolje uočljivo uzimanjem vrednosti jednog piksela kroz sekvencu i praćenjem promena vrednosti nivoa sivog usled malih promena na ulaznim sekvencama. Kao primer uzeti su frejmovi iz sekvence va1 kao na slikama 5 i 6.

Sa slike se vidi da su male promene u ulaznim sekvencama prouzrokovale velike promene na sjedinjenoj sekvenci pomoću standardne Laplasove piramide od oko 40 nivoa sivog. Kod sjedinjavanja metodama za video sjedinjavanje ove promene su znatno manje i iznose od oko 10 nivoa sivog, što je dosta prijatnije za ljudsko oko, odnosno gotovo da ne smeta posmatračima.

Prednost video sjedinjavanja pokazuje je i mera za procenu dinamičkog sjedinjavanja DQ, čiji su rezultati prikazani u tabeli 2. Iz tabele se vidi da metoda sjedinjavanja sa 3D Laplasovom piramidom daje najbolje rezultate na svim sekvencama, dok ostale metode daju nešto bolje rezultate od sjedinjavanja standardnom Laplasovom piramidom.



Slika 5. Frejm iz va1 sekvence sa označenim pikselom za merenje intenziteta.

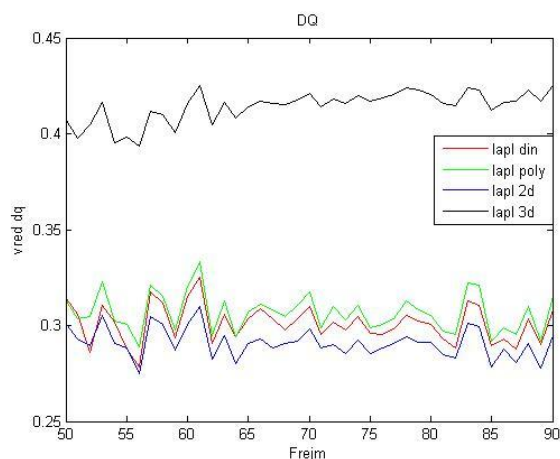


Slika 6. Vrednosti intenziteta piksela kroz ulazne i sjedinjene va1 sekvence.

TABELA 2. REZULTATI MERE DQ NA 7 SEKVENCI.

	poly	dyn	2d	3d
set 1-mso1	0.25	0.24	0.22	0.32
set 2 - parking	0.26	0.26	0.24	0.37
set 3- ohio1	0.25	0.23	0.21	0.30
set 4 - group&f	0.24	0.24	0.22	0.35
set 5 - va1	0.33	0.31	0.30	0.42
set 6 - ohio2	0.20	0.18	0.16	0.30
set 7 - trees&r	0.21	0.19	0.17	0.33
suma	0.25	0.24	0.22	0.34

Analizirana je i promena mere DQ kroz frejmove sekvence va1 i kao što se vidi na slici 7, sjedinjavanje 3D Laplasovom piramidom je stabilnije i promene u meri su manje od ostalih metoda.



Slika 7. Promena mere DQ kroz frejmove va1 sekvence.

## 6. ZAKLJUČAK

Video sjedinjavanjem poboljšali smo performanse sjedinjavanja sekvenci u odnosu na klasično sjedinjavanje pojedinačnih frejmova u sekvenci. Smanjen je, a na nekim mestima i potpuno prigušen efekat "treperenja" koji je prisutan u gotovo svim tehnikama zasnovanim na frejm po frejm sjedinjavanju, što je bitno ako se video sekvence prikazuju ljudima kao krajnjim korisnicima. Treperenja u video sekvenci dobijena frejm po frejm metodama zavise od promene signala u ulaznim sekvencama i ona idu od prihvatljivih i slabo uočljivih do onih koji smetaju posmatračima.

Nedostatak video sjedinjavanja svakako predstavlja računarska zahtevnost, odnosno vreme izvršenja algoritama i potrebna memorija za skladištenje podataka, koja je znatno veća u odnosu na frejm po frejm sjedinjavanje. Potrebno vreme i raspoloživost diska u prva dva slučaja za video sjedinjavanje značajno se povećava sa dužinom video sekvence. Ovaj problem može se prevazići deljenjem sekvence na podsekvence i njihovom parcijalnom fuzijom.

Navedene prednosti i nedostaci metoda za sjedinjavanje video sekvenci ostavljaju korisnicima prostor za izbor metode za sjedinjavanje u zavisnosti primene algoritama i samog sadržaja ulaznih sekvenci. Odnosno, da li žele da postignu bolji efekat sjedinjavanja koristeći 3D tehnike ili dinamičko sjedinjavanje uz veću potrebnu memoriju i vreme, ili će biti zadovoljni većom brzinom uz manje računarske troškove.

## LITERATURA

- [1] V Petrovic, T Cootes, „Obejtively adaptive image fusion”, Information fusion, Volume 8, Issue 2, April 2007, pp. 168-176
- [2] A Toet, „Hierarchical image fusion,” Mach. Vision Appl. 3, 3–11, 1990

- [3] P Burt, E Adelson, „The Laplacian pyramid as a compact image code”, IEEE Transactions on Communication, COM-31,1983, pp. 532-540
- [4] 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.
- [5] N G Kingsbury, “The dual-tree complex wavelet transform: a new technique for shift invariance and directional filters”, *Proc. 8th IEEE DSP Workshop*, Bryce Canyon, Aug 1998.
- [6] N G Kingsbury: “The dual-tree complex wavelet transform: a new efficient tool for image restoration and enhancement”, *Proc. EUSIPCO 98*, Rhodes, Sept 1998.
- [7] S G Mallat, „A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation”, IEEE Trans. PAMI, 11(7), pp 674-693, 1989.
- [8] O Rockinger, T Fechner, “Pixel-Level Image Fusion: The Case of Image Sequences”, *Proceedings SPIE*, Vol. 3374, 1998, pp. 378-388
- [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
- [11] P R Hill, A Achim, D R Bull, ”Scalable Video Fusion”, *ICIP 2013*
- [12] P R Hill, A Achim, D R Bull, ”Scalable fusion using a 3D dual tree wavelet transform”, *Sensor Signal Processing for Defence (SSPD 2011)*, January 2011 page 35
- [13] Sequence fusion based on 3D pyramids - Project Report  
[http://www.wisdom.weizmann.ac.il/mathusers/elish/e/Seq2SeqFusion/SF\\_technical\\_report.html](http://www.wisdom.weizmann.ac.il/mathusers/elish/e/Seq2SeqFusion/SF_technical_report.html)
- [14] K Zeng, Z Wang, " Polyview Fusion: A Strategy to enhance video denoising algorithms",*IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 21, No. 4, April 2012
- [15] S Hsiang, J Woods, “Embedded video coding using invertible motion compensated 3-D subband/wavelet filter bank,”*Signal Processing: Image Communication*, vol. 16, no. 8, pp. 705–724, 2001
- [16] B Wang, Y Wang, I Selesnick, A Vetro, “Video coding using 3D dual-tree wavelet transform,” *Image Video Process.*, pp. 1–15, January 2007

# DISTRIBUIRANA MAKRO-KALIBRACIJA SENZORSKIH MREŽA

## Distributed Macro-Calibration of Sensor Networks

Mr Maja Stanković<sup>1</sup> dipl.inž.el.

*Telekom Srbija*<sup>1</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu prikazan je predlog novog distribuiranog algoritma makro-kalibracije naslepo senzorskih mreža. Dokazano je da algoritam obezbeđuje asimptotski konsenzus ekvivalentnih parametara kalibracije (ofset i pojačanje). U radu je, takođe, dat prikaz tehnologija senzorskih mreža, kao i postojećih pristupa problemu njihove kalibracije.

**Abstract** – In this paper a new algorithm for distributed blind macro-calibration of sensor networks is presented. It is proved that the algorithm provides asymptotic convergence to consensus of all equivalent calibration parameters (offsets and gains). The paper also contains a presentation of sensor network technologies, as well as of the existing approaches to sensor network calibration.

### 1. UVOD

U poslednje vreme se sve veća pažnja poklanja senzorskim mrežama. Mnoga su područja u domenu nauke i tehnike u kojima su senzorske mreže našle svoju primenu. Nove tehnologije senzora kao osnovnih gradivnih elemenata inteligentnih mrežnih sistema, nove tehnike komunikacija, kao i novi distribuirani algoritmi, doveli su do izuzetnog razvoja celokupne oblasti [1]. Kontinualni razvoj novih aplikacija doveo je svakodnevnog prepoznavanja novih klasa problema kako u domenu razvoja, tako i domenu praktičnih primena.

Kalibracija senzora predstavlja jedan od fundamentalnih problema i izazova u razvoju senzorskih mreža, posebno imajući u vidu njihove sve veće i veće dimenzije. Mali senzorski sistemi mogu da koriste takozvanu *mikro kalibraciju* u kojoj se svaki uređaj posebno podešava u sklopu kontrolisanog okruženja [3]. Veće mreže zahtevaju nove koncepte i metode za kalibraciju, imajući u vidu da mnogi uređaji u mreži mogu biti parcijalno neopserbabilni [4], [5], [6], [7]. Takozvana *makro-kalibracija* polazi od ideje da se kalibriše mreža kao celina na bazi posmatranja ukupnog odziva [8], [9]. Sledeći korak u razvoju metoda makro kalibracije je usmeren ka takozvanoj *kalibraciji naslepo*, kod koje se *ne mora poznavati signal koji pobudjuje mrežu* [10], [11], [12]. Osnovna zamisao je da se ponašanje senzora u mreži usaglasi tako da se posle kalibracije mreža ponaša na unificiran, usaglašen način. Ovaj zadatak se može postaviti polazeći od *centralizovane* strategije [3], koja nije ni dovoljno efikasna ni pouzdana. Otuda se javlja potreba za *decentralizovanom kalibracijom naslepo* [11]. Međutim, oblast je još uvek u povoju, tako da postoje samo sporadični konkretni pokušaji [13], [14].

Na bazi analogije između problema distribuirane kalibracije i problema distribuirane sinhronizacije vremena kod senzorskih mreža, s jedne strane, i uvida u postojeću u literaturi ideju o formiranju gradijentnog algoritma

estimacije parametara kalibracione funkcije, s druge, u radu je prikazan originalni predlog novog algoritma makro kalibracije naslepo. Algoritam se sastoji od: 1) nezavisnog rekurzivnog gradijentnog algoritma za ocenjivanje parametara korekcije pojačanja senzora koji polazi od modela priraštaja izlaznog signala senzora; 2) rekurzivnog gradijentnog algoritma za ocenjivanje parametara korekcije ofseta koji koristi tekuće rezultate dobijene u okviru algoritma ocenjivanja parametara pojačanja. Poseban kvalitet u inženjerskom smislu, predloženi algoritam pruža računski jednostavno rešenje problema makro kalibracije naslepo, zasnovano na komunikaciji senzora samo sa svojim susedima.

U prvom delu rada dat je prikaz senzorskih mreža sa opšteg stanovišta, dok je drugi deo rada posvećen prikazu postojećih metoda makro kalibracije. U trećem delu je dat predlog distribuiranog gradijentnog algoritma u sklopu problema ocenjivanja ofseta, imajući u vidu ograničenu dužinu rada. Dat je i jedan simulacioni primer koji ilustruje efikasnost metoda.

### 2. SENZORSKE MREŽE

Senzorska mreža predstavlja skup specijalizovanih senzora koji su distribuirani u prostoru i koji tako čine komunikacionu infrastrukturu. Tehnologija bežičnih senzorskih mreža pruža nove i izuzetno interesantne mogućnosti prikupljanja podataka o fizičkim parametrima okruženja, što je od presudnog značaja u mnogobrojnim oblastima primene. Uloga senzora je da monitorišu i mere različita stanja okruženja na različitim lokacijama.

Senzorska mreža koja koristi bežične primopredajnike naziva se bežična senzorska mreža - BSM (*Wireless Sensor Network* - WSN). BSM se sastoji od skupa distribuiranih autonomnih čvorova (*moten*) u prostoru koji su povezani bežičnim vezama međusobno, kao i sa centralnom lokacijom odakle korisnik prikuplja podatke o fizičkim parametrima okruženja. Danas je mnogo češća varijanta senzorskih mreža koje koriste puno malih i jeftinih platformi koje osim senzorskih funkcija poseduju i mogućnost samostalnog formiranja *ad hoc* bežičnih mreža u cilju međusobne komunikacije i dostavljanja prikupljenih podataka korisniku mreže [2]. *Ad hoc* bežične mreže se ne oslanjaju na već postojeću infrastrukturu, već svaki čvor učestvuje u rutiranju podataka tako što ih dostavlja ostalim čvorovima, dok se odluka kojom čvoru se dostavlja donosi dinamički i bazirana je na načinu povezanosti mreže. *Ad hoc* mreže pored rutiranja (*routing*) kao klasičnog načina prenosa podataka, koriste i tehniku poplavlivanja (*flooding*). Topologija BSM-a takođe može da varira od topologije zvezde do naprednih bežičnih *mesh* mreža. *Mesh* mreža je topologija mreže u kojoj svaki čvor služi, pored osnovne funkcionalnosti, i za prenos podataka

u mreži. Svi čvorovi sarađuju jedni sa drugima. *Mesh* mreže se mogu smatrati jednom vrstom *ad hoc* mreža (u kojoj su čvorovi mreže statični ili polustatični).

Oblasti primene bežičnih senzorskih mreža su raznovrsne i mnogobrojne. Veliku primenu nalaze u oblasti nadgledanja različitih područja. Senzori se postavljaju u oblasti od interesa, gde je potrebno nadgledati određenu pojavu. Primeri ove primene se mogu naći u vojnoj industriji, u geografskom ogradjivanju, u bilo kom scenariju gde je potrebno nadgledati neku pojavu u okviru određene oblasti. Različite primene senzorske mreže nalaze i u zdravstvenoj zaštiti, zaštiti od zagađivanja vazduha, detekciji požara, monitorisanju kvaliteta vode, prevenciji prirodnih katastrofa, monitorisanju rada mašina, skupljanju realnih podataka različite vrste, kratkoročnom ili dugoročnom monitorisanju civilne infrastrukture ili određenog geografskog područja u smislu zdravstvenog stanja, itd. Glavne osobine senzorskih mreža su:

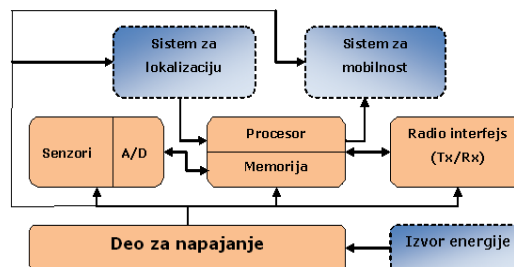
- Visoka pouzdanost u radu
- Lako prevazilaženje kvarova pojedinih čvorova
- Fleksibilnost
- Heterogenost čvorova
- Mobilnost čvorova
- Skalabilnost i mogućnost implementacije na velikim područjima
- Relativno visoka tačnost
- Mogućnost podnošenja teških uslova rada
- Ograničenja u hardveru tj. potreba da se sve potrebne komponente senzorskog čvora ugrade u module malih dimenzija
- Ograničenja u softveru
- Ograničenja u napajanju čvorova energijom za rad (baterije, *energy harvesting*...)

Osnovna namena BSM je prikupljanje i dostavljanje podataka i informacija o okruženju mreže, u skladu sa potrebama korisnika mreže. Nasuprot tome, osnovna namena standardne bežične telekomunikacione mreže – BTM (*Wireless Communication Network* - WCN), je prenos informacija i podataka, ostvarivanjem *Peer-to-Peer* komunikacije između čvorova mreže [2]. Prikupljanje podataka o fizičkim fenomenima (vlažnost, pritisak, temperatura, ...) i/ili događajima (detekcija objekata, pokreta,...) u BSM, obavlja se korišćenjem odgovarajućih tipova pasivnih ili aktivnih senzora. Za potrebe prikupljanja i prenosa podataka u BSM, koriste se multifunkcionalne platforme, senzorski čvorovi (*Sensor Nodes* - SN).

Osnovni deo senzorske mreže čini senzorski čvor. Senzorski čvor po veličini može da varira od opipljive veličine do veličine mikroskopske čestice. Cena senzorskih čvorova je takođe promenljiva i zavisi od kompleksnosti pojedinačnog senzorskog čvora. Cena može da varira od nekoliko dolara do nekoliko stotina dolara. Senzorski čvor je integrisan na senzorskoj platformi. Rad senzorskih platformi odlikuje niz hardverskih i softverskih ograničenja, što uz specifične saobraćajne zahteve i načine primene bežične komunikacije u okviru bežičnih senzorskih mreža, postavlja niz ograničenja pri realizaciji

komunikacionih protokola, tehnika bežičnog prenosa i algoritama obrade.

Svaka senzorska platforma se sastoji od 4 osnovne komponente: 1) transduktora (senzorski i mehanički deo); 2) mikrokompjuter (procesorski deo); 3) primopredajnika (komunikacioni deo); 4) napajanja energijom (deo za napajanje) (slika 1.)



Slika 1.

Transduktor (senzor u užem smislu reči) je uređaj koji konvertuje jedan tip energije u drugi. U slučaju koji se proučava u ovom radu, transduktor konvertuje neki tip energije (neke fizičke pojave) u električnu energiju. Izlaz senzora predstavlja ulaz u analogni digitalni konvertor (A/D). Dalje se digitalizovan signal prosleđuje mikroprocesoru.

Mikrokompjuter vrši različite zadatke. On procesira i čuva podatke dobijene kao izlaz iz senzora i, naravno, upravlja drugim delovima senzorskog čvora. Mikroprocesor predstavlja mozak senzorskog čvora. Mikrokompjuter malo košta, fleksibilan je za konektovanje sa drugim uređajima, lak za programiranje i troši malo energije.

Primopredajnik, koji može biti žični ili bežični, prima i predaje podatke drugim čvorovima senzorske mreže. Primopredajnik može biti realizovan sa internom antenom ili može biti povezan sa eksternom antenom. Senzorski čvorovi najčešće koriste ISM opseg (ISM band – *Industrial, Scientific and Medical radio bands*) koji daje besplatnu radio transmisiju, dodelu spektra i globalnu dostupnost. Mogući načini bežičnog prenosa su radio frekvencije (RF), optički opseg komunikacija (laseri) i infracrveni opseg komunikacija. Laseri zahtevaju manje energije, nije potrebna antena, ali je potrebna linija optičke vidljivosti i osetljivi su na atmosferske uslove. Infracrvena komunikacija nema antene ali je limitirana u kapacitetu *broadcasting*-a. Komunikacija na bazi radio frekvencija je najvažnija i zadovoljava skoro sve uslove upotrebe bežične senzorske mreže.

Deo za napajanje daje energiju senzorskom čvoru za merenje okruženja, procesiranje podataka i komuniciranje. Napajanje svakog čvora se dobija iz električne mreže, od baterije ili korišćenjem eksternih izvora energije – *energy harvesting* (solarna energija, termalna energija, gradijenti saliniteta, kinetička energija). Najviše energije se troši na komuniciranje. Energija se čuva u baterijama ili u kondenzatorima.

U današnje vreme senzorski čvorovi se prave u jako malim dimenzijama, u tzv. MEMS tehnologiji (*MicroElectroMechanical Systems*). MEMS uređaji se prave od komponenata dimenzija od 1 do 100 $\mu$ m, i generalno su veličine od 1 $\mu$ m do nekoliko mm.

Postoje različite arhitekture senzorskih mreža. Pouzdanost sistema se povećava postavljanjem distribuirane kontrolne arhitekture senzorske mreže. Distribuirane senzorske mreže se koriste iz više razloga: 1) senzorski čvorovi su skloni da pogreše; 2) podaci se pouzdanije prikupljaju; 3) postoji podrška u slučaju otkazivanja centralnog čvora Postavljanjem velikog broja senzorskih čvorova u samoj blizini ili unutar oblasti koja se posmatra, formira se *senzorsko polje*. U zavisnosti od rasporeda i gustine senzorskih čvorova u prostoru, kao i karakteristika korišćenih senzora, može se ostvariti potpuno ili nepotpuno pokrivanje posmatrane oblasti u smislu mogućnosti prikupljanja informacija o posmatranim fenomenima.

### 3. KALIBRACIJA SENZORSKIH MREŽA

Jedan od fundamentalnih problema koji postoje u senzorskim mrežama jeste problem *kalibracije*. Mnogi faktori utiču na tačnost merenja senzora. Da bi senzor bio koristan potrebno je da se kalibriše kako bi podesio svoju tačnost prema unapred poznatoj skali. Merenja senzorskih čvorova su u većini slučajeva narušena kako zbog slučajnih šumova tako i zbog sistemskih grešaka (ofset i odstupanje amplitude). Da bi mreža senzora donela pravilnu odluku u konsenzusu o fizičkoj pojavi koju meri potrebno je da se svaki senzor kalibriše kako bi izlazi iz senzora bili što smisleniji tj. tačniji. U velikim senzorskim mrežama ovaj problem je veći usled velikog broja senzora, kao i njihove nedostupnosti. Čak i kada su senzori dobro kalibrisani u trenutku postavljanja, postoji velika mogućnost razvijanja grešaka u daljem njihovom radu koje dovode do pogrešnih zaključaka donesenih od strane cele mreže. Problem kalibracije senzorskih mreža nije do sada tretiran na sistemski način. Problemom kalibracije su se bavili i bave se razni autori nezavisno jedan od drugog, i za sada je sve na nivou nezavisnih ideja koje daju konstruktivne ideje rešavanja problema kalibracije na različite načine zavisno od slučaja.

U radu [3] prilazi se problemu kalibracije senzorske mreže kroz dve faze. U prvoj fazi algoritam izvodi relativne kalibracione odnose između parova senzora, koristeći temporalnu korelaciju signala primljenih od strane susednih senzora. U drugoj fazi se maksimizuje funkcija konzistentnosti između parova senzora koji su deo veće grupe senzorskih čvorova. U radu [12] se pretpostavlja da je mreža senzora dovoljno gusta, tako da se može reći da susedni senzori očitavaju iste merene vrednosti. Pretpostavlja se linearna kalibraciona funkcija i pokazuje da nije potrebno poznavanje pobude, niti velika gustina mreže da bi se rekonstruisalo pojačanje. Praktični algoritmi se zasnivaju na bazi dekompozicije prema singularnim vrednostima (*Singular Value Decomposition* - SVM) i tehnike najmanjih kvadrata. U radu [9] se predlaže

algoritam za detekciju i korekciju grešaka merenja sezora koji koristi prostorno-vremenske korelacije između susednih senzora. Omogućeno je smanjenje komunikacije između senzora i na taj način očuvanje energije (baterije). Usvojena je mreža koja mora da poseduje čvorove koji sakupljaju i „spajaju“ podatke. U radu [4] predstavljen je algoritam za kalibraciju senzorskih mreža na sistemskom nivou, tj. na nivou cele mreže (za razliku od kalibracije na nivou uređaja). Algoritam koristi tehniku fuzije podataka (*data fusion*) kao i procesiranje podataka. Glavni izazov u ovoj metodi je nalaženje korelacije između karakteristika pojedinačnog senzora i performansi celokupne mreže. I ovde je potrebno obratiti pažnju na potrebu za centralizacijom mreže. U radu [5] se predlaže adaptivni pristup kalibraciji senzorskih mreža koji koristi tehniku sakupljanja i fuzije podataka, kako bi se poboljšale performanse celokupnog sistema, kao i sistem povratne sprege koji osigurava stabilnost sistema i konvergenciju. U radu [17] istražuje se makro-kalibracija kao estimacija parametara. Za svaki uređaj se biraju kalibracioni parametri koji optimizuju celokupni odziv sistema, a ne samo odziv pojedinačnog uređaja. Ovaj način autokalibracije omogućuje kalibracioni interfejs i uređajima koji to ranije nisu imali. U radu [6] predstavljen je algoritam za kalibraciju „na mestu“ senzorskih mreža u paralelnoj fuzionoj arhitekturi. Senzori, koji rade kao lokalni detektori, šalju preliminarne rezultate detekcije fuzionom centru koji prima podatke od senzorskih čvorova i kalibriše uticaj svakog senzora individualno kako bi dao konačni rezultat detekcije. U slučaju da su odluke pojedinačnih senzora nezavisne koristi se tehnika maksimalne verodostojnosti. U radu [14] je predstavljen *CaliBree*, distribuirani skalabilni kalibracioni protokol koji koristi tehniku diskretnog usrednjenog algoritma na bazi konsenzusa za kalibraciju senzorskih čvorova. Ovaj protokol podešava sve nekalibrisane čvorove u mreži prema unapred kalibrisanim čvorovima kao referencama (*ground truth nodes*).

### 4. NOVI DISTRIBUIRANI GRADIJENTNI METOD KALIBRACIJE

**Definicija algoritma.** Opšta pretpostavka od koje se polazi jeste da je signal na izlazu senzora dat izrazom

$$y_i(t) = \alpha_i x(t) + \beta_i \quad (1)$$

u kome su  $\alpha_i$  i  $\beta_i$  parametri pojačanja i ofseta, dok  $x(t)$  predstavlja stvarnu vrednost merenog signala u trenutku  $t$ . Izlaz senzora dovodi se u tzv. kalibracionu funkciju, čija primena daje korigovani izlaz senzora

$$z_i = a_i y_i(t) + b_i = a_i \alpha_i x(t) + a_i \beta_i + b_i \quad (2)$$

gde su  $a_i$  i  $b_i$  parametri koje treba odrediti. Predloženi pristup kalibraciji naslepo polazi od ideje da je, u odsustvu informacije o stvarnim (referentnim) vrednostima merenog signala poželjno obezbediti da se svi senzori ponašaju jednako, tj. da njihovi korigovani izlazi u svakom trenutku imaju jednake vrednosti. Sličan pristup postoji u oblasti

sinhronizacije vremena u senzorskim mrežama, gde je cilj obezbediti jednakost virtuelnog vremena za sve čvorove (što obezbeđuje mogućnost sinhronizacije). Kod kalibracije, očekivanje je da će većina senzora koji imaju precizna očitavanja korigovati senzore sa greškom, i tako obezbediti korektno ponašanje sistema u celini. Takođe, veoma je važno da se obezbedi da, u slučaju idealno (mikro) kalibrisanog jednog senzora, svi senzori budu korigovani tako da poprime idealne karakteristike.

Imajući u vidu ograničenje dužine rada, suština nove metodologije će biti prikazana na primeru ocenjivanja parametra  $b_i$ , usvojivši da je pojačanje  $\alpha_i = 1$ . Generalni pristup opisan je detaljno u [18].

Pretpostavimo da posmatrani senzori sačinjavaju mrežu sa određenim strukturnim osobinama, koja se formalno može predstaviti kao orijentisani graf (digraf)  $G(N, \varepsilon)$ , gde je  $N$  skup čvorova (jedan čvor odgovara jednom senzoru), a  $\varepsilon$  skup grana (lukova). Neka je  $A = [a_{ij}]$  matrica veza takva da je  $a_{ij} = 1$  ako  $j$ -ti senzor šalje svoje poruke  $i$ -tom senzoru; inače,  $a_{ij} = 0$ . Neka je  $N_i$  skup susednih čvorova  $i$ -tog čvora, tj. skup čvorova  $j$  za koje je  $a_{ij} \neq 0$ .

Polazeći od opšteg principa makro kalibracije naslepo, potrebno je odrediti parametre  $b_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , tako da senzori daju asimptotski jednake izlaze  $z_i(t)$  bez poznavanja stvarnih vrednosti merenog signala.

Pretpostavljajući da je  $\{x(t)\}$  diskretan slučajni proces, definišimo slično pristupu u [9], skup lokalnih kriterijuma

$$J_i = \sum_{j \in N_i} \gamma_{ij} E \left\{ \left( z_j(t) - z_i(t) \right)^2 \right\}, \quad (3)$$

$i = 1, 2, \dots, n$ , gde su  $\gamma_{ij}$  nenegativni skalarni težinski faktori koji odražavaju relativni značaj susednih čvorova. Parcijalni izvod  $z_i(t)$  u odnosu na  $b_i$  je

$$\frac{\partial J_i}{\partial b_i} = -2 \sum_{j \in N_i} \gamma_{ij} E \left\{ \left( z_j(t) - z_i(t) \right) \right\}. \quad (4)$$

Odavde proizilazi direktna mogućnost da se formuliše rekurzija gradijentnog tipa za ocenjivanje parametara  $b_i$

$$\hat{b}_i(t+1) = \hat{b}_i(t) + \delta_i(t) \sum_{j \in N_i} \gamma_{ij} \varepsilon_{ij}(t), \quad (5)$$

gde je  $\hat{b}_i(t)$  ocena parametra  $b_i$  u trenutku  $t$ ,  $\delta_i(t) > 0$  je pojačanje algoritma koje utiče na njegovu konvergenciju, dok je  $\varepsilon_{ij}(t) = \hat{z}_j(t) - \hat{z}_i(t)$ , pri čemu je  $\hat{z}_i(t) = y_i(t) + \hat{b}_i(t)$ . Početni uslovi  $\hat{b}_i(0)$  određeni su apriornim znanjem u trenutku  $t = 0$ , gde je logično da se usvoji da je  $\hat{b}_i(0) = 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Iz (5) je jasno da se pretpostavlja raspoloživost lokalnih merenja, kao i prijem tekućih izlaza susednih čvorova. Bazična pretpostavka algoritma (5), primenjena na sve čvorove  $i = 1, 2, \dots, n$ , je u tome da se obezbedi da asimptotski bude ispunjen uslov da ekvivalentni ofseti  $\hat{f}_i(t) = \beta_i + b_i(t)$  teže jednakim vrednostima, čime se implicitno postiže uslov  $\hat{z}_j(t) = \hat{z}_i(t)$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ . U tom smislu relaciju (5) je pogodno

transformisati na sledeći način u funkciji ekvivalentnih ofseta

$$\hat{f}_i(t+1) = \hat{f}_i(t) + \delta_i(t) \sum_{j \in N_i} \gamma_{ij} \left( \hat{f}_j(t) - \hat{f}_i(t) \right). \quad (6)$$

Sve rekurzije (6) se mogu prikazati i pomoću sledeće kompaktne vektorsko-matrične forme

$$\hat{f}(t+1) = [I + \Delta(t)\Gamma] \hat{f}(t), \quad (7)$$

gde su

$$\hat{f}(t) = [\hat{f}_1(t) \dots \hat{f}_n(t)]^T, \quad \Delta(t) = \text{diag}\{\delta_1(t), \dots, \delta_n(t)\} \text{ i}$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} -\sum_j \gamma_{1j} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} & -\sum_j \gamma_{2j} & \dots & \gamma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & -\sum_j \gamma_{nj} \end{bmatrix}.$$

Rekurzija (7) predstavlja linearni dinamički sistem sa promenjivim parametrima režiranim pojačanjima  $\Delta(t)$ . Ona se može analizirati primenom metodologije analize diskretnih šema dinamičkog konsenzusa. Ključnu ulogu u ovoj analizi igra matrica  $\Gamma$ , koja formalno predstavlja težinski Laplasijan posmatrane mreže. Međutim, elementi ove matrice ne predstavljaju realna pojačanja pri komunikacijama unutar mreže, već su određeni definicijom kriterijuma  $J$ . U svakom slučaju, ključnu ulogu u ponašanju sistema igra ova matrica. Biće pokazano da pod opštim pretpostavkama  $\hat{f}(t)$  teži konsenzusu, odnosno vektoru sa jednakim elementima, što implicira da će ekvivalentni ofseti senzora asimptotski biti jednaki.

**Analiza konvergencije.** Konvergencija algoritma (7) će biti analizirana pod sledećim pretpostavkama:

(A)  $\delta_i(t) = \delta = \text{const.}$

(B) Graf  $G$  poseduje centralni čvor.

Pretpostavka (A) je tipična za gradijentne šeme u slučaju nepostojanja mernog šuma. Pretpostavka (B) je veoma uobičajena u različitim problemima vezanim za dinamički konsenzus. To znači da postoji makar jedan čvor u mreži koji može da komunicira sa svim čvorovima, čime se sprečava izolacija pojedinih čvorova (koja bi, očigledno, sprečila postizanje konsenzusa).

**Lema 1.**

Neka je zadovoljen uslov (B). Tada matrica  $\Gamma$  ima jednu sopstvenu vrednost u koordinatnom početku, a sve ostale sopstvene vrednosti su u levoj poluravni.

Dokaz Leme 1 se može naći u radovima [15].

Definišimo vektor  $\mathbf{1} = [1 \dots 1]^T$ . Prema [16], sledi da je ovaj vektor desni sopstveni vektor koji odgovara nultoj sopstvenoj vrednosti matrice  $\Gamma$ . Neka je  $\pi$  odgovarajući

levi sopstveni vektor koji zadovoljava uslove  $\pi\Gamma = 0$  i  $\pi\mathbf{1} = 1$ .

**Lema 2.**

Neka je  $T = [1 \quad \vdots \quad T_{n \times (n-1)}]$ , gde je  $T_{n \times (n-1)}$  matrica takva da je  $span T_{n \times (n-1)} = span \Gamma$ . Tada je  $T$  nesingularna matrica i

$$T^{-1}\Gamma T = \begin{bmatrix} 0 & \vdots & 0_{1 \times (n-1)} \\ 0_{(n-1) \times 1} & \vdots & \Gamma^* \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Dokaz sledi iz Jordan-ove forme matrice  $\Gamma$  (videti, takođe, [10]).

**Teorema 1.**

Neka su uslovi (A) i (B) zadovoljeni. Tada postoji takvo  $\delta' > 0$  da je za svako  $\delta < \delta'$  u (7) zadovoljen uslov

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{f}(t) = f_\infty = \mathbf{1}\pi\hat{f}(0), \quad (9)$$

gde je  $\hat{f}(0) = [\beta_1 \quad \dots \quad \beta_n]^T$  prema usvojenim početnim uslovima.

**Dokaz:**

Usvojimo  $\tilde{f}(t) = T^{-1}\hat{f}(t)$ . Tada iz (7) sledi

$$\tilde{f}(t+1) = (I + \delta T^{-1}\Gamma T)\tilde{f}(t). \quad (10)$$

Prema (8), ako je  $\tilde{f}(t) = [\tilde{f}(t)^{[1]T} \quad \tilde{f}(t)^{[2]T}]^T$ , dobija se direktno

$$\tilde{f}(t+1)^{[1]} = \tilde{f}(t)^{[1]} \quad (11)$$

$$\tilde{f}(t+1)^{[2]} = (I + \delta\Gamma^*)\tilde{f}(t)^{[2]}, \quad (12)$$

gde je  $dim \tilde{f}(t)^{[1]} = 1$  i  $dim \tilde{f}(t)^{[2]} = n - 1$ . S obzirom da matrica  $\Gamma$  ima jednu sopstvenu vrednost u nuli, a ostale u levoj poluravni, iz Leme 2. direktno sledi da je matrica  $\Gamma^*$  Hurvicova, odnosno da ima sve sopstvene vrednosti u levoj poluravni. S obzirom na osobine matrice  $\Gamma^*$ , sledi da postoji takvo dovoljno malo  $\delta' > 0$  da je za svako  $\delta < \delta'$  ispunjen uslov da je  $\max_i |\lambda_i(I + \delta\Gamma^*)| < 1$ , što implicira da je  $\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{f}(t)^{[2]} = 0$ . Odatle se dobija da je

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{f}(t) = [\tilde{\rho}(0)^{[1]} \quad 0 \quad \dots \quad 0]^T, \quad (13)$$

odnosno da je  $f_\infty = T[\tilde{\rho}(0)^{[1]} \quad 0 \quad \dots \quad 0]^T = \mathbf{1}\pi\hat{f}(0)$ .

U slučaju da se u mreži idealno kalibriše jedan senzor (k-ti), njegov uticaj se može maksimalno potencirati tako što se usvoji  $\delta_k(t) = 0$ . Mreža se na taj način „zakači“ za izabrani čvor. U tom smislu praktično važna posledica Teoreme 1. je sledeći rezultat:

**Teorema 2.**

Neka su zadovoljeni uslovi (A) i (B). Neka je k-ti čvor centar grafa sa ekvivalentnim ofsetom  $f_k$ . Tada postoji takvo  $\delta'' > 0$  da za svako  $\delta < \delta''$   $\hat{f}_i(t)$  generisano algoritmom (6) u kombinaciji sa relacijom

$$\hat{f}_k(t+1) = \hat{f}_k(t) \quad (14)$$

eksponencijalno konvergira ka  $f_k$ .

**Dokaz:**

Pretpostavimo, bez smanjenja opštosti, da je  $k = 1$ . Ako je  $r_i(t) = \hat{f}_i(t) - f_1$ , dobijamo

$$r_i(t+1) = (1 - \delta \sum_{j,j \neq i} \gamma_{ij})r_i(t) + \delta \sum_{j,j \neq i} \gamma_{ij}r_j(t), \quad (15)$$

odnosno, u kompaktnoj formi,

$$r(t+1) = (I + \delta\Gamma^-)r(t), \quad (16)$$

gde je  $r(t) = [r_2(t) \quad \dots \quad r_n(t)]^T$ , dok je

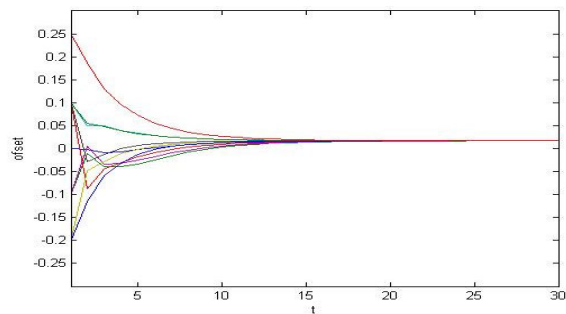
$$\Gamma^- = \begin{bmatrix} -\sum_{j,j \neq 1} \gamma_{2j} & \gamma_{23} & \dots & \gamma_{2n} \\ \gamma_{32} & -\sum_{j,j \neq 1} \gamma_{3j} & \dots & \gamma_{3n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{n2} & \gamma_{n3} & \dots & -\sum_{j,j \neq 1} \gamma_{nj} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Prema [9],  $\Gamma^-$  je M-matrica, imajući u vidu da je  $k = 1$  po pretpostavci centralni čvor. Prema tome,  $\Gamma^-$  je, takođe, Hurvicova matrica. Metodologija dokaza Teoreme 1. može na osnovu toga direktno da se primeni na dobijeni izraz, odakle sledi tvrdnja Teoreme.

Teorema 3.2 je od izuzetnog praktičnog značaja, s obzirom da je dovoljno kalibrisati jedan čvor, pa primenom predloženog algoritma asimptotski postići konvergenciju svih čvorova ka željenoj karakteristici.

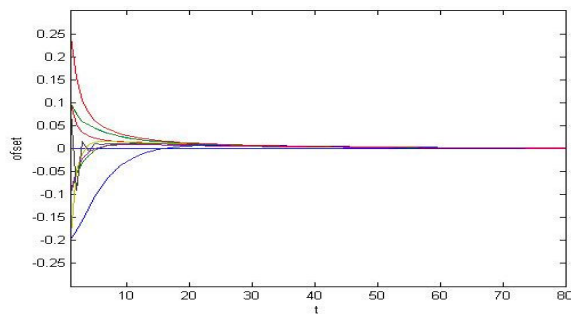
**Simulacioni primer.** Algoritam predložen i diskutovan u ovom radu je detaljno proveravan putem simulacije. Prikazani rezultati se odnose na mrežu sa deset čvorova sa težinskim koeficijentima  $\gamma_{ij}$  određenim težinskom matricom incidencije  $C_\Gamma$ . U kontekstu predloženog algoritma, ovi koeficijenti slede iz definicije kriterijuma (3). U svim simulacijama je usvojeno da je mereni signal  $x(t)$  generisan kao izlaz sistema drugog reda čiji je ulaz beli šum.

Na slici 2. su prikazani rezultati dobijeni primenom predloženog algoritma na mrežu sa slučajno odabranim realnim ofsetima, a na slici 3. rezultati koji se odnose na slučaj u kome je ofset jednog čvora fiksiran.



Slika 2.





Slika 3.

Očigledna je konvergencija svih ekvivalentnih ofseta ka konsenzusu čime je ostvaren usvojeni princip makro-kalibracije naslepo.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je dat predlog jednog novog rekurzivnog algoritma za distribuiranu makro-kalibraciju naslepo savremenih senzorskih mreža. Najpre je dat prikaz bitnih aspekata tehnogije senzorskih mreža, a zatim analiza postojećih prilaza njihovoj kalibraciji. Predloženi algoritam je prikazan za slučaj kalibracije ofseta polazeći od pogodno izabranih lokalnih kriterijumskih funkcija. Lokalne rekurzije su u formi gradijentnog algoritma, dok međusobne komunikacije čvorova u mreži obezbeđuju konvergenciju ka konsenzusu. Nekoliko izabranih simulacionih primera ilustruju karakteristične osobine predloženog algoritma.

## 6. LITERATURA

- [1] Proceedings of the IEEE, Special issue on sensor networks and applications, August 2003, vol. 91.
- [2] Goran B. Marković, Miroslav L. Dukić, „Bežične senzorske mreže, I deo: Osnovna arhitektura, karakteristike i primene,“ [http://www.telekomunikacije.rs/arhiva\\_brojeva/treci\\_broj/mr\\_goran\\_b\\_markovic\\_prof\\_dr\\_miroslav\\_l\\_dukic\\_bedjicne\\_senzorske\\_mredje\\_i\\_deo\\_osnovna\\_arhitektura\\_karakteristike\\_i\\_primene.169.html](http://www.telekomunikacije.rs/arhiva_brojeva/treci_broj/mr_goran_b_markovic_prof_dr_miroslav_l_dukic_bedjicne_senzorske_mredje_i_deo_osnovna_arhitektura_karakteristike_i_primene.169.html)
- [3] Vladimir Bychkovskiy, Seapahn Megerian, Deborah Estrin, and Miodrag Potkonjak, „A Collaborative Approach to In-Place Sensor Calibration,“ Center for Embedded Network Sensing, January 2003.
- [4] Rui Tan, Guoliang Xing, Zhaohui Yuan, Xue Liu, Jianguo Yao, „System-level Calibration for Fusion-based Wireless Sensor Networks,“ Real-Time Systems Symposium (RTSS), 2010 IEEE 31st, Nov. 2010.
- [5] Rui Tan, Guoliang Xing, Xue Liu, Jianguo Yao, Zhaohui Yuan, „Adaptive Calibration for Fusion-based Wireless Sensor Networks,“ INFOCOM, 2010 Proceedings IEEE, March 2010.
- [6] Gernot Fabeck, Rudolf Mathar, „In-situ Calibration of Sensor Networks for Distributed Detection Applications,“ in Proc. ISSNIP, 2007.
- [7] Billy Lau, Michael Lyons, „Lazy Calibration for Wireless Sensor Networks,“ CS 266: Biologically-inspired Distributed and Multi-agent Systems, Harvard, 2007.
- [8] L. Balzano and R. Nowak, „Blind calibration,“ Networked and Embedded Systems Laboratory, UCLA, Tech. Rep. TRUCLA- NESL-200702-01, 2007.
- [9] R. Olfati-Saber, A. Fax, and R. Murray, „Consensus and cooperation in networked multi-agent systems,“ in Proc. of the IEEE, vol. 95, pp. 215–233, 2007.
- [10] M. S. Stanković, S. S. Stanković, and K. H. Johansson, „Distributed macro calibration in sensor networks,“ in Proc. 20th Mediterranean Conference on Control and Automation, 2012.
- [11] L. Balzano and R. Nowak, „Blind calibration in sensor networks,“ in Proc. Intern. Conf. Inf. Proc. in Sensor Networks, April 2007.
- [12] M. Takruri, S. Challa, and R. Yunis, „Data fusion techniques for auto calibration in wireless sensor networks,“ July 2009.
- [13] E. Miluzzo, N. D. Lane, A. T. Campbell, and R. Olfati-Saber, „Calibree: A self-calibration system for mobile sensor networks,“ in DCOSS’08, 2008, pp. 314–331.
- [14] T. Söderström and P. Stoica, „System Identification,“ Hemel Hempstead, UK: Prentice Hall International, 1989.
- [15] R. Olfati-Saber, A. Fax, and R. Murray, „Consensus and cooperation in networked multi-agent systems,“ in Proc. of the IEEE, 95:215\_233, 2007.
- [16] W. Ren and R. Beard, „Consensus seeking in multi-agent systems under dynamically changing interaction topologies,“ IEEE Trans. Autom. Control, vol. 50, pp. 655–661, 2005. March 8, 2014 DRAFT 30
- [17] K. Whitehouse and D. Culler, „Calibration as parameter estimation in sensor networks,“ in Proc. of the 1st ACM International Workshop on Wireless sensor networks and applications, 2002, pp. 59–67.
- [18] Maja Stanković, „Distribuirani gradijentni metod za makro-kalibraciju bežičnih senzorskih mreža“, magistarski rad, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2014.

# DISTRIBUCIJA TAKTA PREKO PAKETSKIH MREŽA TIMING DISTRIBUTION THROUGH PACKET BASED NETWORKS

Radoslav K.Simić, *Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge*

**Rezime:** U ovom radu su diskutovani zahtevi koje treba da ispune paketske mreže za distribuciju takta (frekvencije). Izloženo je više različitih metoda pri čemu su neke bazirane na korišćenju fizičkog sloja a druge na protokolima.

**Abstract:** The requirements on packet based networks with respect to the timing (frequency) distribution are discussed in this paper. A number of different methods are exposed. Some of them are physical-layer based and the others are protocol-layer based.

## 1. UVOD

Paketske mreže su projektovane da izvorno podržavaju transfer asinhronih podataka. Kao takve, one nemaju posebnih zahteva u pogledu sinhronizacije. Ali, aplikacije, kao što su transport TDM signala, distribucija informacije o taktu preko paketskih mreža i pojedine vrste mobilnih mreža nameću određene zahteve u pogledu sinhronizacije tako da se oni moraju ozbiljno uzimati u obzir.

Izloženi materijal u ovom radu je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju su date definicije pojedinih pojmova koji se koriste u ovom radu. U trećem poglavlju je u najkraćim crtama prikazana arhitektura Ethernet mreže. U četvrtom poglavlju je razmatrano korišćenje slojeva mreže za transfer takta (frekvencije). U petom poglavlju su diskutovani tokovi takta u paketskim mrežama, a u šestom su dati primeri tih tokova za neke karakteristične slučajeve. Sedmo poglavlje čine zaključci.

## 2. OSNOVNE DEFINICIJE

*Zapis vremena* je informacija koja se upisuje u otpremni signal, a koja u zavisnosti od aplikacije može da označava zapis nekog značajnog trenutka, ili zapis određenog takta [1].

*Takt* je nominalni periodični signal koji je generisan od strane generatora takta a namenjen je za kontrolisanje taktova u digitalnim uređajima i mrežama [2]

*Karakteristična informacija* je signal određenog formata čiji se transfer vrši preko veze mreže, videti [3], odnosno ili preko toka mreže, videti [4].

*Mreža na sloju* je topološka komponenta koja postoji u okviru jednog sloja transportne mreže i ona predstavlja logički entitet preko koga se međusobno povezuju grupe pristupa istog tipa, odnosno između kojih se vrši transfer jednakih karakterističnih informacija. [3]. [4], [5].

*Sloj mreže* čini jedan sloj transportne mreže u kome je sadržana odgovarajuća mu mreža na sloju [6].

*Klijent/server asocijacija* čini odnos između mreža na sloju i ona se ostvaruje preko funkcija adaptacije kako bi se omogućilo da tokovi iz klijent mreže na sloju budu podržani od strane treila server mreže na sloju [4], [7].

*Tok* je agregacija jedne ili više jedinica prometa (traffic unit) sa zajedničkim usmeravanjem [4], [7].

*Treil* obezbeđuje transfer karakteristične informacije između tačaka pristupa i on predstavlja asocijaciju između tačaka pristupa zajedno sa dodatnom informacijom preko koje se kontroliše integritet transfera informacija [3], [5].

*CL treil* je entitet transporta koji je odgovoran za transfer informacije od ulaza izvora terminacije toka do izlaza ponora terminacije toka [4], [7].

*Entiteti transporta* obezbeđuju transparentni transfer informacija između referentnih tačaka mreže na sloju [3], [4].

*Tačka pristupa* je referentna tačka u kojoj se vrši povezivanje funkcija adaptacije i terminacije toka [4].

*Adaptirana informacija* je informacija čiji se transfer vrši preko treilova ili CL treilova [4], [7].

*Paketska metoda sinhronizacije* je metoda za distribuciju takta (frekvencije, i/ili tekućeg vremena i/ili faze) pri čemu je informacija o taktu pridružena paketima [8].

*Paketski signal takta* je signal takta koji je sadržan u seriji paketa ili ramova, koji se koriste za transfer informacije o taktu od PMC do PSC generatora takta [8].

*PMC generator takta* je generator takta koji meri precizna vremena u kojima značajni trenuci paketskog signala takta prolaze referentnu tačku master takta (na primer, kad oni ulaze u mrežu od PMC generatora takta, ili obratno). Ova merenja se vrše u odnosu na lokalnu skalu PMC generatora takta. Rezultati se prosleđuju ka PSC generatorima takta i koriste za kontrolu njihovih taktova [8].

*PSC generator takta* je generator takta čiji je izlazni takt frekvencijski spregnut, ili fazno izravnat (ulinjen), uli vremenski usaglašen sa jednim ili više referentnih paketskih signala takta koji potiču od paketskog generatora takta višeg ranga [8].

## 3. ARHITEKTURA TRANSPORTNIH MREŽA

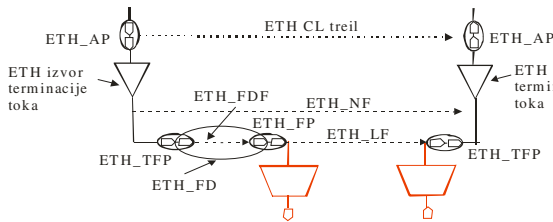
ITU-T preporuka G.805 je doneta prevashodno za opisivanje fizičkog sloja transportnih mreža i koncepta baziranog na pojmu „veze“. Ovaj koncept je sa implementacijom paketskih tehnologija, odnosno paketskih mreža (Ethernet mreža, IP mreža i dr.), postao nedovoljan [3]. Imajući to u vidu doneta je i ITU-T preporuka G.809 u kojoj je definisana arhitektura transportnih mreža koje podržavaju servise bez uspostave veze. 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 funkcionisanje svih transportnih mreža [4].

Ključne tačke u arhitekturi transportnih mreža čine koncept mreže na sloju, rekurzivnost i činjenica što svakoj mreži na sloju odgovara jedna i samo jedna karakteristična informacija. Shodno tome svaka mreža na sloju sadrži tačke pristupa kojima je pridružena samo jedna određena karakteristična informacija.

Rekurzivnost slojevitog modela omogućava definisanje podupirućih slojeva bez ikakvih ograničenja. Na primer, ispod ETH i ETY slojeva može biti WDM mreža na sloju [9].

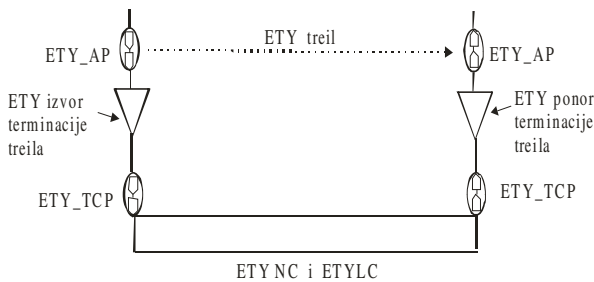
Transportne Ethernet mreže su opisane sa dve mreže na sloju. To su Ethernet mreža na sloju puta (ETH) i Ethernet mreža na sloju sekcije (ETY) [10].

Karakterističnu informaciju ETH mreže na sloju čine nekontinuirani tokovi ETH\_CI jedinica prometa [10]. ETH mreža na sloju omogućava transport adaptiranih informacija preko ETH CL treilova između ETH tačaka pristupa, videti Sliku 1. Linkovi ETH mreže na sloju su podržani od strane treilova server mreža na sloju koja može biti ETY, VC-n, OTN ili neka druga mreža na sloju. Funkcioni blokovi, koji čine funkcije adaptacije izvora odnosno ponora, su na Slici 1 označeni crvenom bojom, jer oni ne pripadaju ETH mreži na sloju.



Slika 1. Primer ETH mreže na sloju puta

ETY sloj je fizički sloj koji podržava ETH sloj. Drugim rečima, ETY mreža na sloju omogućava transport adaptirane ETH karakteristične informacije preko ETY treila između ETY tačaka pristupa, videti Sliku 2. Karakterističnu informaciju ETY mreže na sloju čini kontinualna povorka bita sa odgovarajućim linijskim kodom. ETY\_CI je dakle signal koji se prenosi preko sekcija fizičkog medijuma (na primer, metalnog kabla ili optičkog vlakna).



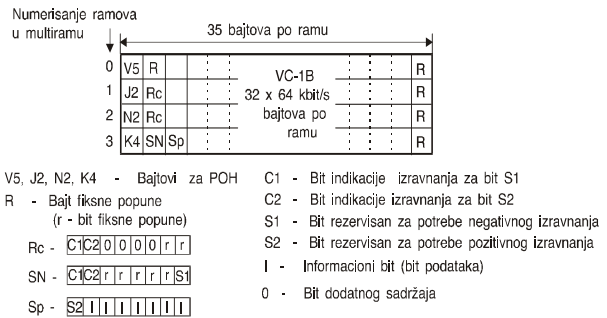
Slika 2. Primer ETY mreže na sloju sekcije

Arhitektura i transportne mreže i bazirane na SDH hijerarhiji su bliže opisane u [11].

#### 4. SLOJEVI MREŽE I TAKT

Mreža na sloju vrši transfer informacije duž same mreže. Transfer ove informacije se može vršiti korišćenjem različitih slojeva mreže. Prelazi između slojeva se realizuju pomoću funkcija adaptacije od viših „klijent“ nižim

„server“ slojevima. Karakteristična informacija višeg „klijent“ sloja se adaptira pomoću funkcije adaptacije za transfer preko nižeg „server“ sloja. U transportnim mrežama, koje su bazirane na TDM i WDM tehnologijama, informacije o taktu čine sastavne delove karakterističnih informacija i njihov transfer se vrši duž pomenutih mreža. Na primer, u PDH mrežama transfer signala takta se mora vršiti duž same mreže. U SDH mrežama vrši se adaptacija informacije o taktu servisa pa se transfer takta vrši u korisnim sadržajima (payloads). Na izlazu iz transportne mreže moguće je jednostavno izdvajanje i takta i podataka iz korisnih sadržaja. Važnu ulogu kod ovih mapiranja igraju biti indikacije izravnjanja i biti izravnjanja. Na Slici 3 je je prikazan slučaj mapiranja plesiohronih digitalnih signala protoka 2048 kbit/s u virtualni kontejner VC-1B [1].



Slika 3. Primer plesiohronog mapiranja digitalnih signala protoka 2048 kbit/s u virtualni kontejner VC-1B

U paketskim mrežama informacije o taktu ne ulaze u sastav karakterističnih informacija u svakom sloju mreže. One su jedino prisutne na fizičkom sloju paketske mreže. Primer za to je informacija o taktu koja je sadržana u ETY sloju sinhronog Ethernet [12]. Dakle, informacija o taktu nije deo karakteristične informacije u slojevima paketske mreže, tako da transfer informacije o taktu nije inherentno vezan za paketsku mrežu. To ima uticaja na pojedine servise čiji se transfer vrši preko paketske mreže, a koji su zavisni od takta i koji zahtevaju da se vrši transfer takta preko mreže, na primer CES servisi. U ovakvim slučajevima potrebno je primeniti neku od alternativnih metoda sinhronizacije [12].

Adaptacijom karakteristične informacije jednog sloja dobija se karakteristična informacija nižeg sloja. Ali, process adaptacije nije bez uticaja na takt. Na primer, mapiranje PDH signala protoka 2048 kbit/s u vituelni kontejner VC-1B u SDH mreže prouzrokuje džiter koji potiče od primene mehanizama izravnjanja, videti Sliku 3.

Pri formiranju multipleksnih struktura u SDH mrežama koristi se funkcija adaptacije i pri čemu dolazi do aktiviranja pointera što neizbežno unosi vander i džiter. Akumulacija faznog šuma, odnosno vandera pointera mora se svesti na minimum u mrežama sa korektno planiranom sinhronizacijom. To se postiže svodenjem aktiviranja pointera na minimum [1].

U paketskim mrežama, funkcija komutacije zahteva memorisanja paketa a to se manifestuje preko varijacije

kašnjenja paketa (PDV varijacije). S toga se u vremenski osetljivim aplikacijama pomenute PDV varijacije moraju ozbiljno uzimati u obzir.

## 5. TOKOVI TAKTA

Tokove takta čini informacija o taktu koju je moguće transportovati preko mreže na sloju. Od nje se može zahtevati da podržava potrebe servisa, ili da bude deo karakteristične informacije tog servisa, ili da podržava potrebe mreže. Na primer, TDM servisu mora biti pridružen takt i on je deo karakteristične informacije.

U postojećim sinhronizacionim mrežama, informacija o taktu čiji se transfer vrši duž mreže se često označava kao trail takta, videti [14], što proističe iz definicije treila [3]. Kod paketskih mreža concept "treila" je proširen i on se naziva "tok" [4]. Na taj način je opisana diskretna priroda saobraćaja ali su opisani i slučajevi kada se vrši transfer višestrukih povorki paketa preko veze mreže na sloju nižeg reda [3]. Concept toka takta se može posmatrati kao sinonim treilu takta, mada, primena toka takta omogućava taktu da pokrije i paketsko i TDM okruženje. U slučaju transfera frekvencije preko fizičkog sloja tok takta je ekvivalentan treilu takta [9].

U PDH sloju svaki PDH signal poseduje tok takta koji mu je pridružen. U SDH mreži preko mreže na sloju se može vršiti transfer više tokova takta. Na primer, u ramu jedog STM-N signala može biti sadržano više mapiranih PDH signala. Određenim servisima je pridružen jedan i samo jedan tok takta. U slučaju paketskih mreža, paketskom servisu ne mora biti pridružen nijedan tok takta.

Korisno je primetiti da fizički sloj u paketskim mrežama uvek sadrži tok takta.

Kada servis sadrži informaciju o taktu kao deo svoje karakteristične informacije, tada mora postojati tok takta kroz određenu mrežu na sloju. Na primer, primarni digitalni signal protoka 2048 kbit/s koji je mapiran u STM-N signalu obezbeđuje tok takta duž SDH mreže. Pri tome moraju postojati i odgovarajući mehanizmi naročito ako se koristi više mreža na sloju. Na primer, preko mreža na sloju se mora vršiti transfer bita izravnjanja kojima se regulišu frekvencijski pomaci [1].

Za potrebe sinhronizacije treba razlikovati tri kategorije tokova takta. To su:

- tok takta na fizičkom sloju
- tok takta servisa
- tok takta poruke.

*Tok takta na fizičkom sloju* čini tok takta koji je pridružen najnižem sloju transportne mreže a koji se može iskoristiti za potrebe sinhronizacije, na primer sinhroni Ethernet. U digitalnim mrežama tokovi takta na fizičkom sloju se realizuju preko povorki bita.

*Tok takta servisa* čini takt koji je pridružen određenom servisu osetljivom na takt. Takvi servisi mogu biti sadržani

u primarnom digitalnom signalu protoka 2048 kbit/s. Transfer tokova takta ovakvih servisa može se vršiti duž jedne ili više server mreža na sloju.

Funkcije mreže na sloju ukazuju kako su signali klijenta adaptirani i kako se vrši njihov transfer preko server mreže na sloju. Generalno, kada signal na sloju klijenta poseduje informaciju o taktu koja je neophodna odgovarajućem servisu, server slojevi moraju posedovati mogućnost da na neki način vrše transfer te informacije.

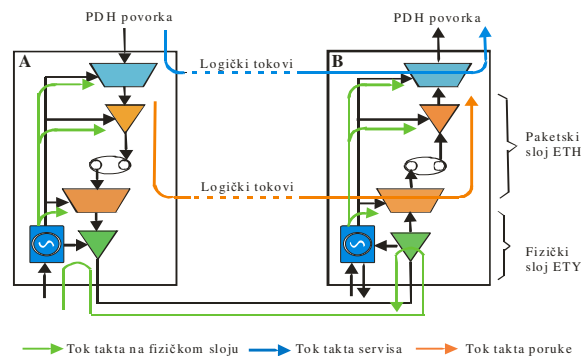
U slučajevima paketskih mreža kada server mreža na sloju ne nosi unutar sebe informaciju o taktu, moraju biti definisani posebni mehanizmi da bi se omogućilo taktu klijenta da bude transportovan preko server mreže na sloju. Na taj način se omogućava transfer informacije o taktu klijenta preko server mreža na sloju. Primer ovog slučaja je emulacija TDM kola preko paketske mreže jer transfer informacije o frekvenciji klijenta nije inherentno svojstvo paketske mreže. Na primer, takt primarnog digitalnog signala protoka 2048 kbit/s mora na neki način biti sadržan unutar korisnog sadržaja paketske mreže [12]

*Tok takta poruke* čini vrstu toka koja se odnosi na poruke čiji se transfer vrši preko mreže na sloju a koje sadrže neke informacije o taktu koje će biti iskorišćene od strane višeg sloja za izdvajanje takta servisa ili mreže [12]. Primeri tokova takta poruka su NTP i PTP protokoli.

Tokovi takta poruka mogu biti ograničeni samo na taktove između adaptacionih tačaka sloja mreže (u slučaju emulacije kola) ali se može vršiti i njihov transfer preko mreže na sloju. U ovom drugom slučaju tokovi poruka su tipični protokoli koji čiji se transfer vrši preko sloja 2 ili sloja 3 [15].

## 6. PRIMERI TOKOVA TAKTA

Na Slici 4 je dat primer tokova takta koji koriste TDM kolo preko Ethneta. PDH povorka bita ulazi u uređaj A. Između prvih adaptacionih tačaka uređaja A i B postoji logički tok takta. Bilo koji pomak koji se adaptacijom ubaci iz PDH povorku u Ethernet deo uređaja A mora biti prisutan na izlazu iz uređaja B. Samo na taj način je moguća ekstrakcija takta u uređaju B [9].



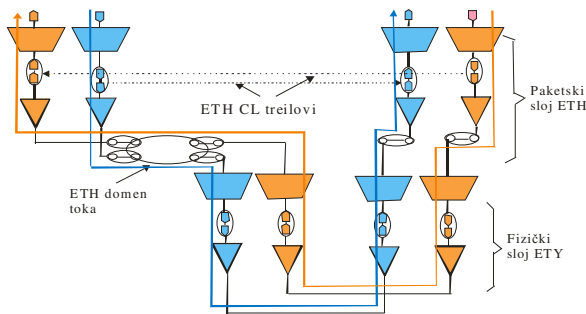
Slika 4. Primer tokova

Da bi se ubrzali tokovi takta i da bi se obezbedio njihov integritet moraju se u prikazanom primeru primeniti neki vidovi zapisa vremena, na primer rezidualni zapisi vremena, a to su tokovi poruka. Na taj način između uređaja A i uređaja B postoje logički tokovi takta koji podržavaju tokove servisa, videti Sliku 4.

Na fizičkom sloju postoji veza između uređaja A i uređaja B preko tačaka terminacije treila. Ova veza obezbeđuje link ili fizički medijum za potrebni propusni opseg. Servis na višem sloju je paketizovan i njegov transfer se vrši preko pomenutog linka fizičkog sloja. Fizički tok takta postoji između uređaja A i uređaja B. On koristi takt mreže za formiranje linijskog koda na ETY sloju.

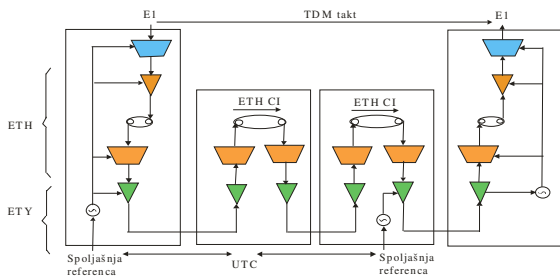
U okviru uređaja A, kao i u okviru uređaja B, postoji više internih tokova takta do tačaka koje podržavaju funkcije adaptacije i paketizacije. Ovo su tokovi takta od tačke do tačke i oni su povezani sa ugrađenim generatorima takta.

Transport TDM signala kroz paketsku mrežu, nezavisno od vrste servisa koje opslužuju, mora na izlazu iz iste mreže da zadovolji određene zahteve u pogledu sinhronizacije. Shodno tome, na Slici 5 je prikazan primer koji čini opšti model za distribuciju dva unidirekciona ETH toka koji su namenjeni kao podrška emulaciji bidirekcionih TDM kola.



Slika 5. Prikaz emulacije kola i teilova toka u Ethernet mreži

Na Slici 6 je prikazan još jedan model koji sadrži svičeve između IWF jedinica. Oni su dodati radi prikazivanja distribucije mogućih tokova takta u okviru samih svičeva. U cilju pojednostavljenja na istoj Slici 6 je prikazan samo jedan unidirekcioni tok. U prikazanom slučaju jedna IWF jedinica dobija eksterni takt a druga ga izdvaja preko linka na fizičkom sloju.



Slika 6, – TDM preko Ethernet mreže

U slučaju kada su referentni taktovi spregnuti sa PRC generatorom takta tada je isti takt raspoloživ u obema IWF jedinicama

## 7. ZAKLJUČCI

Kako u postojećim transportnim mrežama nije više dominantan prenos govornih servisa već paketizovanih podataka, to striktni zahtevi u pogledu sinhronizacije nisu više isti.

Iako paketske mreže zajedno sa novim servisima sve više i više potiskuju TDM i SDH mreže i dalje postoje potrebe za sinhronizacijom. Jer, još uvek postoje servisi i određene transportne mreže koje i dalje imaju potrebu za sinhronizacijom.

Imajući to u vidu, u ovom radu su analizirani takvi slučajevi, data je kategorizacija tokova takta kao i smernice za rešavanje problema distribucije takta (frekvencije) na fizičkom sloju paketskih mreža.

## LITERATURA

- [1] Radoslav K.Simić: Digitalne telekomunikacione mreže, knjiga Akademska misao, Beograd 2005.
- [2] ITU-T Rec. G.810: Definitions and terminology for synchronization networks, Geneva 08/1996
- [3] ITU-T Rec. G.805: Generic functional architecture of transport networks, Geneva 03/2000
- [4] ITU-T Rec. G.809: Functional architecture of connectionless layer networks, Geneva 03/2003
- [5] Radoslav K.Simić: The functional architecture of transport networks, YuInfo, Kopaonik 2002
- [6] Radoslav K.Simić: Synchronization of Integrated Digital Networks, Master papers, Faculty of EE, Belgrade, May 2001.
- [7] Radoslav K.Simić: Fundamentals of functional architecture of connectionless layer networks, YuInfo, Kopaonik 2014
- [8] ITU-T Rec. G.8260: Definitions and terminology for Synchronization in packet networks, Geneva 02/2012.
- [9] ITU-T Rec. G.8264: Distribution of timing information through packet networks, Geneva, 05/2014.
- [10] ITU-T Rec. G.8010: Architecture of Ethernet layer networks., Geneva, 02/2004
- [11] ITU-T Rec. G.803 Arhitecture of transport networks based on SDH, Geneva 02/2000
- [12] ITU-T Rec. G.8261: Timing and synchronization aspects in packet networks, Geneva 08/2013.
- [13] ITU-T Rec. G.8262: Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock, Geneva, 2007.
- [14] ITU-T Rec. G.781: Synchronization layer functions, Geneva 09/2008
- [15] Grozdan Petrović, Radoslav K.Simić, Zoran Čiča: Synchronization in Packet Switched Networks, Belgrade, PosTel 2004.

# PRIMER IMPLEMENTACIJE VIŠENAMENSKE BEŽIČNE MREŽE U TERMOELEKTRANI MORAVA

## EXAMPLE OF IMPLEMENTATION WIRELESS NETWORK IN TE MORAVA

Goran Petrović, Vladimir Gačić, Miroslav Babić

TERMOELEKTRANE "NIKOLA TESLA" OBRENOVAC, OGRANAK TE „MORAVA“, SVILAJNAC

**Kratak sadržaj** — Današnji svet teško je zamisliti bez korišćenja bežičnih komunikacija. Bežične komunikacije, bilo da se radi o mobilnim telefonima, laptop računarima, tabletima, beleže značajan porast kako u svetu tako i kod nas. Njihova primena danas se, kroz različita rešenja, sreće i u elektroprivrednim kompanijama. U objektima TENT-a ovaj vid komunikacija se koristi već duži niz godina. Ovaj rad se bavi implementacijom jedne višenamenske bežične mreže u TENT-u. Poseban akcenat je posvećen primeni rešenja koja obezbeđuju sigurnost podataka i realizaciju, kako poslovnih tako i procesnih komunikacionih servisa. Zahvaljujući bežičnoj mreži zaposleni, preko bežičnog uređaja, sa bilo kog mesta, na sasvim jednostavan način može pristupiti standardnim internet servisima, korporativnoj mreži za prenos podataka, kao i važnim procesnim informacijama iz tehnološkog procesa.

**Ključne reči** — Wireless, bezbednost, Cisco, WLC, ACS, AP, TENT

**Abstract**— Today's it is hard to imagine a world without the use of wireless communications. Wireless communications, be it a mobile phone, laptop computers, tablets, have significant growth globally and in our country. Today their application meet, through various solutions, in power utility companies. This type of communication the company TENT used for a number of years.

This paper deals with the implementation of a multi-purpose wireless network in company TENT. Special emphasis is devoted to the implementation of solutions that provide data security, business process and communication services. Employers using wireless network with the wireless device, from anywhere, in a very simple way can accessed standard internet services, corporate data network, as well as relevant information from the technological processes.

**Keywords** - Wireless, Security, Cisco WLC, ACS, AP, TENT

### 1. UVOD

U ovom radu prikazan je primer implementacije jedne višenamenske bežične mreže u Termoelektanama Nikola Tesla u čijem je sastavu i TE Kolubara kao i TE

Morava. Na početku je dat kratak opis opštih karakteristika bežičnih LAN (Local Area Network) mreža (2) kao i bezbednosnih karakteristika bežičnih LAN mreža (3). Nakon toga izneti su zahtevi i potrebe korisnika za bežičnim pristupom u TENT-u (4) koji su doveli do realizacije višenamenske bežične mreže (5) u kompaniji. Poseban aspekt dat je na bezbednost bežičnih mreža u TENT-u (6). Na kraju rada dat je osvrt na primenu i unapređenje višenamenske bežične mreže u TENT-u.

### 2. OPŠTE KARAKTERISTIKE BEŽIČNIH LAN MREŽA

Bežični LAN (Wireless Local Area Network - WLAN) razvijen je za vreme 90-ih kao dodatak ožičenoj (LAN) mrežnoj tehnologiji koja je postala dominantna u mrežnom svetu. Bežični LAN je tehnologija za slanje podataka i rad lokalnih mreža, bez žičane veze. Korišćenjem tehnologije elektromagnetskih talasa WLAN šalje i prima podatke koristeći vazduh kao medijum, smanjujući potrebe za žičanim vezama.

Bežične mreže sa stanovišta produktivnosti, pogodnosti i manjih troškova su u prednosti u odnosu na standardne žičane mreže, što se ogleda u sledećem:

- mobilnost- Omogućavaju mobilnim korisnicima pristup informacijama u realnom vremenu, tako da se oni mogu kretati unutar mreže bez prekida od strane mreže. Ova mobilnost pruža produktivnost i servisne mogućnosti koje nisu moguće sa žičanim mrežama.
- brzina i jednostavnost instalacije- Instalacija bežičnog sistema može biti brza i jednostavna i može eliminisati potrebu za provlačenjem kabla kroz zidove i plafone.
- opseg mreže- Mreža može biti proširena do mesta koja ne mogu biti povezana žicama.
- veća fleksibilnost- Bežične mreže pružaju veću fleksibilnost i lakše se adaptiraju na promene u konfiguraciji mreže.
- smanjenje vlastitih troškova- Dok početno ulaganje zahtevano za bežične mreže može biti veliko. Troškovi celokupne instalacije i troškovi njihovog "doživotnog" održavanja mogu biti značajno niži u dinamičkim sredinama.

- skaliranje- Bežični sistemi mogu biti konfigurisani u različitim topologijama s ciljem postizanja specifične aplikacije i instalacije. Konfiguracije mogu biti lako promenjene od peer-to-peer mreža za mali broj korisnika do velikih infrastrukturnih mreža koje omogućavaju roaming preko širokog područja.

Bežične mreže su definisane standardom 802.11 koji je doneo IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) godine 1999. Standard definiše dva najniža sloja OSI modela, fizički (PHY) i sloj podataka (MAC).

### 3. BEZBEDNOST BEŽIČNIH LAN MREŽA

Kao i LAN mreže tako i WLAN-ovi poseduju sigurnosne elemente i sisteme zaštite od neovlašćenog upada na mrežu i neovlašćenog pristupa podacima na mreži. Bilo koji protokol koji pokušava osigurati podatke tokom puta kroz mrežu mora zadovoljiti tri glavna cilja:

1. Poverljivost – zaštita podataka od presretanja i prisluškivanja neovlašćenog korisnika
2. Integritet – Čuvanje celovitosti informacije
3. Autentifikacija – Identifikacija korisnika i izvora. Korisnik mora biti siguran da podaci dolaze od očekivanog izvora.

IEEE 802.11, koristi dva metoda sigurnosti:

- Prvi metod predviđa davanje pristupa na osnovu liste MAC (Medium Access Control ) adresa mrežnih kartica koje se nalaze na računarima MAC adrese su jedinstvene i fabrički se dodeljuju mrežnim karticama. Otežavajuća okolnost kod ovog metoda je administriranje kada se u sistemu nalazi veliki broj stanica.
- Drugi metod predviđa sigurnosnu tehniku poznatu kao WEP (Wired Equivalent Privacy) koja se bazira na korišćenju 40-to bitskog ključa i RC4 algoritma za šifrovanje.

Usled uočenih nedostataka WEP nastao je WEP2 koji predstavlja nadogradnju na WEP. WEP2 menja dužinu ključa i ima dužinu ključa 128 bita. Algoritam za šifrovanje i način upravljanja ključevima nisu promenjeni što znači da WEP2 ne donosi veliki pomak u povećanju sigurnosti. Dobra osobina je što je WEP2 kompatibilan sa WEP protokolom, tako da postojeća mrežna oprema može koristiti WEP2.

WPA (Wi-Fi Protected Access) je nastao kao odgovor na uočene probleme koji se javljaju u WEP-u. Pri dizajnu se vodilo računa da se uklone svi nedostaci, a da se pri tom zadrži kompatibilnost sa postojećom mrežnom opremom. WPA koristi TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) za enripciju i IEEE 802.1X standard sa nekim od uobičajenih EAP protokola za autentifikaciju. Enkripcija se zbog kompatibilnosti vrši sa RC4 algoritmom.

WPA2 je nadogradnja na WPA i jedina razlika među njima je što se enkripcijski algoritam koristi AES umesto RC4. AES je simetrični algoritam sa dužinom

ključeva 128, 192, 256. WPA2 zahteva značajna materijalna ulaganja u novu mrežnu opremu.

802.11i standard ima mnogo jače oblike šifrovanja, proširiv skup mehanizama za autentifikaciju i mehanizam za distribuciju ključeva u odnosu na WEP. Pored bežičnog klijenta i pristupne tačke (AP), 802.11i definiše i server za autentifikaciju sa kojim AP može da komunicira.

### 4. OPŠTI ZAHTEVI ZA VIŠENAMENSKOM BEŽIČNOM MREŽOM U TENT-U

Sve brži razvoj nauke i tehnologije u današnje vreme iz korena je promenio navike ljudi i njihov odnos prema poslu i obavezama. Više se ne može zamisliti radni dan bez interneta i mobilnih telefona kao osnovnog sredstva za komunikaciju i razmenu podataka. Sve više se koriste laptopovi, tablet računari i pametni telefoni za obavljanje svakodnevnih kancelarijskih aktivnosti. Da bi to funkcionisalo, neophodna nam je bezbedna i brza bežična mreža.

Svaki pojedinac poseduje bar jedan bežični uređaj preko koga očekuje dostupnost informacijama. Potebe za bežičnim mrežama i informacijama nalaze se i unutar samih kompanija. Njihova primena danas se, kroz različita rešenja, sreće i u elektroprivrednim kompanijama.

Bežične mreže se u TE Morava koriste već duži niz godina. U početku se bežična mreža koristila kao izvor interneta koje se od provajdera dobijao putem bežične mreže, a zatim putem LAN mreže prosleđivao do korisnika. Takođe bežično su povezivane i nepristupačne lokacije za koje nije bilo isplativo žičano povezivanje. Takav primer imamo kod servisa pristupne kontrole gde su udaljene kapije povezivane preko bežične mreže. Za neke upravljačke mreže koje prikupljaju podatke sa nepristupačnih terena (doprema uglja, deponija) takođe su korišćene bežične mreže.

Potreba za višenamenskom bežičnom mrežom u TE Morava nastala je usled sve većeg broja zahteva zaposlenih u kompaniji da, preko bežičnog uređaja, sa bilo kog mesta u bilo koje vreme mogu pristupiti željenom servisu u mreži. Takođe, firme koje se bave izvođenjem radova ukazale su na potrebu za permanentnom vezom ka internetu. S obzirom da se njihove lokacije nalaze i na mestima gde nije bila urađena računarska mreža idealno rešenje je bilo realizacija bežične mreže. Pored svih ovih potreba vodilo se računa da se i gostima koji posete elektranu, po uzoru na ostale velike kompanije, omogućiti jednostavan pristup internet-u. Zbog različitih zahteva i potreba korisnika, pristupilo se realizaciji rešenja koje će omogućiti da se preko jedinstvene infrastrukture realizuju različite vrste servisa.

### 5. NAČIN REALIZACIJE VIŠENAMENSKE BEŽIČNE MREŽE U TE MORAVA

Računarska mreža u Termoelektrani Nikola Tesla A predstavlja lokaciju u kojoj se nalazi centralna telekomunikaciona oprema i ona obuhvata četiri

lokacije koje su fizički odvojene celine i to TENT-A, TENT-B, TE Kolubara i TE Morava. Veza između objekata je realizovana preko optičkih vlakana. Celokupna mreža je zasnovana na Cisco aktivnoj opremi i obuhvata blizu 130 uređaja. Glavno čvorište se nalazi na lokaciji TENT-A, dok se na ostalim lokacijama nalaze Cisco uređaji trećeg nivoa, preko kojih se odvija komunikacija sa ostatkom mreže.

Posle detaljnog razmatranja potreba svih korisnika i na osnovu postojeće infrastrukture mreže, pritupilo se realizaciji višenamenske bežične mreže u TENT-u. Napravljene su tri WLAN mreže: TENT, TENT-mobilni i TENT-guest (slika 1).

#### WLANs

Current Filter: None

[\[Change Filter\]](#) [\[Clear Filter\]](#)

<input type="checkbox"/>	WLAN ID	Type	Profile Name	WLAN SSID	Admin Status
<input type="checkbox"/>	1	WLAN	TENT	TENT	Enabled
<input type="checkbox"/>	2	WLAN	TENT-guest	TENT-guest	Enabled
<input type="checkbox"/>	3	WLAN	TENT-mobilni	TENT-	-

Slika 1 WLAN mreže u TENT-u

Mreža TENT je namenjena zaposlenima u kompaniji kao produžetak LAN-a za pristup preko laptop računara. Svaki zaposleni koji ima pristup ovoj mreži može pritupiti sa svog laptop računara željenom servisu u mreži, kao sa svog desktop računara. Mreža TENT-mobilni je namenjena tabletima i mobilnim telefonima zaposlenih. Tableti i mobilni telefoni imaju slabiju zaštitu nego laptop uređaji (firewall, anti virus) pa se javila potreba za ovakvom mrežom. Ova mreža ima pristup samo određenim servisima u mreži u skladu sa bezbedonosnim polisama. TENT-guest mreža je namenjena za goste kompanije i firmama koji se bave izvođenjem radova u kompaniji TENT. Ova mreža koristi se isključivo za permanentan pristup internet-u i preko nje ne postoji mogućnost pristupa nijednom korporativnom servisu u okviru TENT-ove mreže.

Jezero mreže predstavlja Wireless LAN Controller (WLC) na kojem se vrši menadžment i administracija bežičnih pristupnih tačaka (Access Point-a). WLC (izgled prikazan na slici 2) je iz serije 5500 Cisco kontrolera i to model 5508. Nalazi se na lokaciji TENT-A i povezan je na centralni switch. WLC pomoću LWAPP protokola (Lightweight Access Point Protocol) spušta konfiguraciju i vrši kontrolu AP. Zahvaljujući ovome imamo centralizovan menadžment za sve AP, što u mnogome olakšava administraciju. Na svakom AP imamo istu konfiguraciju i korisnik može pristupiti željenom servisu sa bilo koje lokacije u kompaniji. Zbog pouzdanosti mogu se koristiti 2 WLC koji rade u redundantu, tako da u slučaju otkaza jednog, drugi WLC preuzima sve funkcije i nastavlja sa radom. Cisco WLC kao i AP podržavaju sve 802.11 standarde.



Slika 2 Izgled Cisco WLC-a

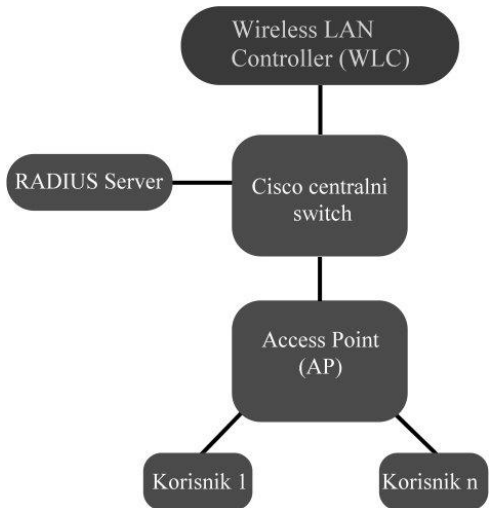
Access point-i koji se koriste u TENT-u su Cisco wireless access point model AIR-LAP1142N-E-K9 (izgled prikazan na slici 3). Trenutno se u mreži nalazi nekoliko desetina ovakvih uređaja koji su postavljeni u različite delove kompanije. Preko svakog AP se prenose tri WLAN mreže: TENT, TENT-mobilni i TENT-guest. Lokacije za AP su određene zahtevom za pokrivanjem bežičnom mrežom i za sad su pokriveni samo neki bitniji objekti. Moguće je koristiti i druge modele Cisco AP koji su kompatibilni sa WLC-om. Svaki od ovih AP može raditi i kao standalone uređaj ne vezano za WLC ukoliko je to potrebno.



Slika 3 Izgled Cisco wireless access point-a

Konfiguracija mreže je realizovana na sledeći način. Za povezivanje i administraciju AP-a koristi se posebna virtualna VLAN (Virtual local area network) mreža koja se prenosi preko Cisco switch-eva. Pošto je cela mreža zasnovana na Cisco opremi AP se može postaviti bilo gde u mreži. Jedino što je potrebno prilikom dodavanja AP u mrežu je da se AP poveže na VLAN. WLC je preko trunk port-a povezan na centralni switch tako da se prenosi i VLAN za administraciju preko koga se upravlja AP (slika 4). Određivanje prava pristupa korisnika servisima u mreži postiže se pomoću Cisco ACS server (Access Control Server). ACS može koristiti internu bazu za pretraživanje korisnika, ali mnogo bolja stvar je što ACS se može povezati da radi sa nekom eksternom bazom kao što je LDAP. Zahvaljujući ovome korisnici mogu koristiti svoje domenske kredencijale za autentifikaciju na bežičnu mrežu.





Slika 4 Logički izgled povezivanja bežičnih korisnika

Ono što treba istaći prilikom implementacije višenamenske bežične mreže je mobilnost. Korisnicima bežične mreže je omogućen pristup informacijama u realnom vremenu, tako da se oni mogu kretati unutar mreže bez prekida od strane mreže. WLC automatski prebacuje mobilnog korisnika unutar mreže na AP sa najjačim signalom.

## 6. BEZBEDNOST BEŽIČNIH MREŽA U TEMORAVA

Poseban akcenat je stavljen na bezbednost bežičnih mreža. Za sve tri bežične mreže TENT, TENT-mobilni i TENT-guest bezbednost je određena u skladu sa politikom firme i obezbeđena je pomoću autentifikacije i autorizacije korisnika.

Autentifikacija za sve bežične mreže počinje dobijanjem IP adresa. Za bežične mreže TENT i TENT-mobilni IP adrese se dobijaju dinamički preko DHCP servera koji je radi lakše implementacije i nadzora podignut na domain kontroleru (Windows server 2008). Svaki uređaj koji pristupa na bežičnu mrežu ima jedinstvenu MAC adresu (Media Access Control Address). Svaka MAC adresa se statički mapira u odgovarajuću IP adresu iz odgovarajućeg opsega (slika 5). Ovim se postiže da samo korisnici kojima se mapiraju MAC adrese imaju pristup bežičnoj mreži.

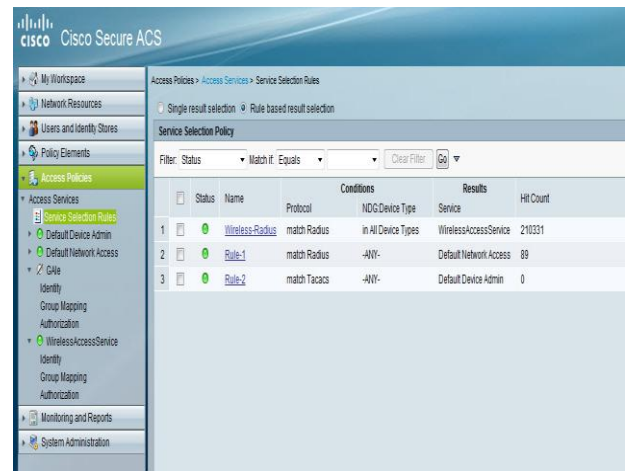
Client Address	Name	License Expiration	Type	Linkup ID	Description	Network Access Protocol	Provision Expiration
10.133.133.5	and45-365114a4d77a07c	Reservation (active)	DHCP	14F42474561	M.ALESA...	Full Access	N/A
10.133.133.6	M.BRANDP: ST03AM070C	Reservation (active)	DHCP	0466582b0c2	M.BRANDP...	Full Access	N/A
10.133.133.7	M.Lalusa M.Palkovic	Reservation (active)	DHCP	90115403F12	M.Lalusa...	Full Access	N/A
10.133.133.8	and45-7076e016794e46e	Reservation (active)	DHCP	5c6a80b132a	M.Lalusa...	Full Access	N/A
10.133.133.9	and45-65ed97c3d8506	Reservation (active)	DHCP	0466582b0c2	M.Vladim...	Full Access	N/A
10.133.133.10	ACERTI_xent_kalad	Reservation (active)	DHCP	02242b7ca323	ovren	Full Access	N/A
10.133.133.11	and45-91029583e7f56b	Reservation (active)	DHCP	29442220F10	M.Dusica...	Full Access	N/A
10.133.133.12	and45-40d4f894e41207	Reservation (active)	DHCP	02716a649d2	M.Mirosl...	Full Access	N/A
10.133.133.13	and45-62299d8f9a84b4	Reservation (active)	DHCP	5c6a80b132a	M.Mirosl...	Full Access	N/A
10.133.133.14	and45-4f3ba07c8c9b4b	Reservation (active)	DHCP	29442220F10	M.Sanja G...	Full Access	N/A
10.133.133.15	and45-13242c24049f8f	Reservation (active)	DHCP	90115403F12	M.Sanja G...	Full Access	N/A
10.133.133.16	Predrag Miranovic	Reservation (active)	DHCP	29442220F10	Predrag M...	Full Access	N/A
10.133.133.17	and45-6f359180e49593	Reservation (active)	DHCP	5c6a80b132a	M.Sanja G...	Full Access	N/A
10.133.133.18	and45-4e8f87f8ae48f6	Reservation (active)	DHCP	5c6a80b132a	M.Dusan S...	Full Access	N/A
10.133.133.19	and45-1f1e9900b49c9	Reservation (active)	DHCP	2022f2626b3	M.Milan S...	Full Access	N/A
10.133.133.20	M.Zoran Covic	Reservation (active)	DHCP	02037476469	M.Zoran C...	Full Access	N/A
10.133.133.21	and45-4c1d8800744273	Reservation (active)	DHCP	5c6a80b132a	M.Bilalovic	Full Access	N/A
10.133.133.22	M.Glaso Glasnic	Reservation (active)	DHCP	29442220F10	M.Glaso G...	Full Access	N/A
10.133.133.23	and45-426164e4045986	Reservation (active)	DHCP	29442220F10	M.Aleksand...	Full Access	N/A
10.133.133.24	and45-6f1f30be470735	Reservation (active)	DHCP	29442220F10	M.Sloboda...	Full Access	N/A
10.133.133.25	and45-6f9ba03024a625	Reservation (active)	DHCP	a8f9027876	M.Ana Ostoj...	Full Access	N/A
10.133.133.26	and45-4b6d758e3019d	Reservation (active)	DHCP	03710e72b24	M.Milan G...	Full Access	N/A
10.133.133.27	and45-94620194e481eaf	Reservation (active)	DHCP	90115403F12	M.Cedovic...	Full Access	N/A
10.133.133.28	M.Milo Begic	Reservation (active)	DHCP	0466582b0c2	M.Milo B...	Full Access	N/A
10.133.133.29	M.Nedzica Goranovic	Reservation (active)	None	40a6f00c09	M.Nedzica...	Full Access	N/A
10.133.133.30	M.Bilalovic	Reservation (active)	None	1d20f962c27	M.Bilalovic	Full Access	N/A
10.133.133.31	and45-50a203519713a05	Reservation (active)	DHCP	0466582b0c2	M.Henrieta...	Full Access	N/A
10.133.133.129	and45-9803a714d605408b	Reservation (active)	DHCP	03710e72b24	M.Ivan Val...	Full Access	N/A
10.133.133.130	M.Dorđe Njakić	Reservation (active)	DHCP	14F42474561	M.Dorđe N...	Full Access	N/A
10.133.133.131	and45-039180840300	Reservation (active)	DHCP	90115403F12	M.Milan M...	Full Access	N/A

Slika 5 Statičko mapiranje IP adresa

Drugi korak autentifikacije za TENT i TENT-mobilni bežičnu mrežu se ogleda u unosu kredencijala ukoliko je korisnik dobio IP adresu. Za autentifikaciju se koristi 802.11 standard sa WEP ključem dužine 104 bita. Na samom WLC-u je podešeno da se za kredencijale kontaktira RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) servis koji se nalazi na ACS serveru. Na samom ACS serveru su definisane polise ko može da pristupi na TENT ili TENT-mobilni bežičnu mrežu (autentifikacija) i kojim servisima može da pristupi (autorizacija). Dobra stvar je što se lako može povezati ACS server sa LDAP bazom aktivnog direktorijuma. Sama autentifikacija je podešena da se proverava baza korisnika u aktivnom direktorijumu kao i interna baza na ACS serveru u slučaju nedostupnosti aktivnog direktorijuma. Ovim se postiže da svaki korisnik, koristeći svoje domenske kredencijale, može da se poveže na bežičnu mrežu.

Za autorizaciju se koristi niz polisa na ACS serveru (slika 6). Svaka polisa veoma detaljno upućuje čemu korisnik sme da pristupi (kojim servisima sme da pristupi, u koje doba dana, sa koje lokacije, itd). Pravo pristupa važnim procesnim informacijama iz tehnološkog procesa realizovano je kroz primenu ovih polisa za svakog pojedinačnog korisnika.

Takođe se upotrebom ACS servera mogu videti detaljni izveštaji o aktivnosti korisnika.



Slika 6 Polise za autorizaciju na ACS serveru

Što se tiče bezbednosti bežične mreže TENT-guest u skladu je sa politikom firme. Vodio se računa da korisnici ove mreže mogu pristupiti samo internet-u dok ne postoji mogućnost pristupa nijednom korporativnom servisu. Korisnici bežične mreže TENT-guest, koja je namenjena gostima kompanije, IP adrese dobijaju od DHCP na centralnom Cisco switch-u. IP adrese se dobijaju dinamički iz opsega koji je određen za TENT-guest mrežu. Za autentifikaciji se koristi unos kredencijala koji se ogleda u web autentifikaciji. Kredencijali za pristup TENT-guest mrežu se menjaju jednom nedeljno. Za web autentifikaciju je dizajnirana web stranica koja je prilagođena potrebama kompanije TENT (slika 7).



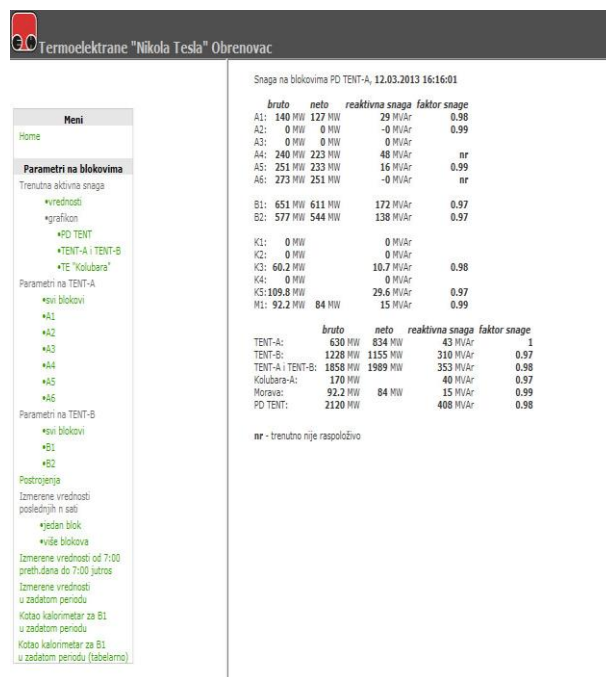
Slika 7 Izgled strane za autentifikaciju korisnika TENT-guest mreže

Bezbednost mreže i prava pristupa je određena kroz autorizaciju korišćenjem i ACL (access control list). Pomoću ACL obezbeđeno je da korisnici mreže TENT imaju pun pristup svim servisima mreže. Zbog manjih bezbedonosnih standarda tableta i mobilnih telefona, korisnici TENT-mobilni pristupaju samo određenim servisima u mreži. Dok je korisnicima bežične mreže TENT-guest dozvoljen samo izlaz na internet, bez mogućnosti pristupa korporativnim servisima.

## 7. PRIMENA I UNAPREĐENJE VIŠENAMENSKE BEŽIČNE MREŽE U TENT-U

Zahvaljujući višenamenskoj bežičnoj mreži, zaposleni preko bežičnog uređaja, sa bilo kog mesta, na sasvim jednostavan način, može pristupiti standardnim internet servisima, korporativnoj mreži za prenos podataka, kao i važnim procesnim informacijama iz tehnološkog procesa. Ovo je posebno bitno za praćenje servisa kao što je pristup procesnim podacima, merenje vibracija, e-mail, integrisani sistem menadžmenta kao i pristup važnim informacijama u mreži.

Jedna od veoma važnih primena ovakve mreže je pristup određenim procesnim informacijama. Ova vrsta servisa je realizovana na takav način da se prvo definišu korisnici koji imaju pravo da pristupe ovom servisu. Zatim se prave odgovarajući profili i definišu polise na ACS. Kada se izvrši autentifikacija i autorizacija, korisnik pristupi aplikaciji koja prikuplja procesne podatke iz tehnološkog procesa. Zahvaljujući tome svaki zaposleni koji ima pravo pristupa na TENT i TENT-mobilni bežičnu mrežu u skladu sa bezbedonosnom polisom može pratiti parametre proizvodnje električne energije i sa svog bežičnog uređaja. Moguće je pogledati parametre za svaki blok ponaosob u TENT-u ili zbirne izvestaje za određeni period vremena (slika 8).



Slika 8 Praćenje procesnih informacija

Jedna od mogućih primena višenamenske bežične mreže je i u realizaciji "procesnih" WLAN-ova. Ovakva rešenja su potrebna naročito u TE Morava kod manipulisanja elektroenergetskim postrojenjem. Pošto rukovaoc elektro-komande mora da napusti svoje radno mesto i ode u postrojenje gde će izvršiti manipulaciju nad rastavljačima, bilo bi poželjno da ima informaciju u realnom vremenu o izvršenju svoje aktivnosti. Blokom TE Morava upravlja SCADA sistem koji funkcioniše na svom opsegu adresa ali koji preko MMI servera prosleđuje podatke u zajedničku mrežu i tako omogućuje korisnicima da podatke sa SCADA sistema vide i mimo komandne sale. Ovakvo prosleđivanje podataka preko bežične mreže, omogućilo bi rukovaocu da na svom tablet računaru može da vidi sliku sa podacima koji su mu potrebni u toku i nakon manipulacije. Pritsup i administracija MMI serveru je moguća preko bežične mreže. Ukoliko bi se ovo izvelo uređaj bi mogao da se prenosi od bloka do postrojenja i tako vrši proveru rada bez potrebe za žičanom vezom. Sigurnost ovakvo jednog osetljivog servisa bi se obezbedila kreiranjem nove mreže u kojoj bi se nalazili samo uređaji koji se koriste u procesu komunikacije sa SCADA sistemom, a koja bi se širila preko AP-a. Svaki zaposleni kojem je omogućen pristup uređaju u skladu sa bezbedonosnim polisama, može jednostavno pratiti rad ovakvog jednog servisa.

Što se tiče unapređenja višenamenske bežične mreže, ono što je planirano da se realizuje u budućnosti je da se pokrije što veći prostor. Da bi se to ostvarilo potrebno je implementirati još AP u mrežu. WLC je skalabilan tako da se lako može proširiti na veći broj AP-a dopunjavanjem licenci.

Sa razvojem novih servisa i načina poslovanja, proširuju se granice korporativnih mreža. Kontrola pristupa resursima unutar mreža postaje kritična komponenta bezbednosti. Još jedan element, čija se

implementacija upravo vrši u TENT-u, je uređaj koji kontroliše pristup resursima na osnovu identiteta korisnika. Ovaj uređaj omogućava centralizovano i usklađeno kreiranje polisa i doslednu primenu polisa na celokupnoj korporativnoj mreži. Njime se otkrivaju, analiziraju i nadgledaju korisnici i uređaji što dovodi do efikasnijeg definisanja korporativnih polisa i njihovoj primeni u okviru korporativne mreže. Pomoću ovog uređaja pristup na bežičnu mrežu biće moguć samo onim korisnicima čiji su bežični uređaji u skladu sa bezbedonosnim polisama. Softver svakog uređaja, pre pristupa bežičnoj mreži, se skenira da li je u skladu sa polisama (update Windows-a, anti virus, Windows patch) i samo onim uređajima čiji je softver u skladu sa polisama dopustio bi se pristup na mrežu.

Pošto su višenamenske bežične mreže implementirane očekuje se u budućnosti sve veća njihova primena i povezivanje sa različitim servisima uz poštovanje bezbedonosnih polisa u kompaniji.

## 8. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da prikaže implementaciju višenamenske bežičnih mreža u TE Morava kao i njenu primenu u pristupu različitim servisima.

Bežične komunikacije su postale neophodan deo svake ozbiljne kompanije. Njihova primena danas se, kroz različita rešenja, sreće i u elektroprivrednim kompanijama. Zbog sve većih potreba za bežičnim mrežama zaposlenih došlo se do implementacije višenamenske bežične mreže i u kompaniji TENT. Pošto su bežične mreže manje sigurni medijum posebnu pažnju je trebalo staviti na bezbednost mreže. Ovo se naročito odnosi na zaštitu i prava pristupa korporativnim servisima.

Zahvaljujući bežičnoj mreži zaposleni, preko bežičnog uređaja, sa bilo kog mesta, na sasvim jednostavan način može pristupiti standardnim internet servisima, korporativnoj mreži za prenos podataka, kao i važnim procesnim informacijama iz tehnološkog procesa. Realizacijom ovakvog pristupa, korisnik postaje potpuno mobilan, a pravovremenu informaciju može dobiti sa bilo kog uređaja koji može da pristupi mreži.

U budućem periodu očekuje se sve veća primena mobilnih uređaja, kao i naprednijih mrežnih servisa. Nove arhitekture i rešenja mogu uspešno da odgovore na ovakve zahteve, istovremeno pružajući visok nivo bezbednosti koji se zahteva u elektroprivrednim kompanijama.

## LITERATURA

- [1] CARNet dokument CCERT-PUBDOC-2003-05-22, "Sigurnost bežičnih LAN-ova"
- [2] Prof. Dr Borislav Odadžić, "Zaštita podataka i elektronskih mreža"
- [3] [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

# ANALIZA DIFUZIONIH MODELA ZA PROGNOZIRANJE NOVIH KOMUNIKACIONIH SERVISA

## ANALYSIS OF NEW SERVICE DEMAND FORECASTING MODELS

Stevan Veličković<sup>1</sup>, Silvana Veličković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije

<sup>2</sup>Telekom Srbija

**Sadržaj** — Mnoge savremene kompanije su svoja poslovanja usmerile ka korisnicima. Kako bi odolele napadima konkurenata svoju tržišnu prednost vide u fleksibilnom poslovanju, inovativnosti, ponudi novih servisa/proizvoda. Upravo zato kompanije usmeravaju pažnju na istraživanje tržišta, navika potrošača i prognoze prodaje novih servisa/proizvoda. Modeli prognoze prihvatanja novih servisa/proizvoda su stoga postale jedan od ključnih alata u savremenom poslovanju. Njihova uloga je da pouzdanom prognozom pomognu donosiocima odluka u donošenju strateških poslovnih odluka. Ipak za njihovu uspešnu primenu potrebno je razumeti strukturu životnog ciklusa servisa/proizvoda kao i karakteristike funkcija samih modela u cilju pronalazjenja modela koji će najbolje opisati difuziju posmatranog servisa.

**Abstract** – Many modern companies have their operations directed towards users. In order to be more competitive many companies see their advantage in a flexible business, towards innovations and new services. That is why company focuses on market research, consumer habits research and new services demand forecasting. New service demand forecasting models have become one of the key tools in decision making. Thanks to reliable forecasts managers can make crucial strategic decisions. However, for their successful application it is necessary to understand the structure of service lifecycle as well as the characteristics of the forecasting models. This way, forecasters are able to choose a model that will plot the diffusion curve with maximum reliability.

### 1. ZNAČAJ PROGNOZIRANJA NOVIH SERVISA/PROIZVODA

U cilju opstanka na postojećem tržištu, proboja na novo tržište, ostvarivanja konkurentske prednosti, mnoge kompanije donošenje strateških odluka baziraju na rezultatima analiza tržišta, navika potrošača kao i prognozama prihvatanja servisa/proizvoda. Upravo plasman na tržište novih servisa/proizvoda nosi sa sobom najveću neizvesnost ali i potencijalno najveću nagradu. Da bi doneli prave poslovne odluke, čiji se efekti očekuju nakon dužeg vremenskog perioda, donosioci odluka treba da raspoložu pouzdanim prognozama o:

- veličini potencijalnog tržišta;
- brzini prihvatanja novog servisa/proizvoda, kretanju broja novih korisnika tokom vremena;
- kretanju kumulativnog broja korisnika tokom vremena;

- vremenu nakon koga se dostiže maksimalan broj novih korisnika;
- vremenu nakon koga se dostiže kritična masa korisnika;
- vremenu nakon koga se očekuje maksimalna prodaja i sl.

Koristeći pouzdane modele za prognoziranje tražnje novih servisa/proizvoda menadžerske strukture su u poziciji da odgovore na mnoga ključna pitanja vezana za plasman novih servisa/proizvoda:

- Kada je najbolje napraviti proboj na tržištu?;
- Da li krenuti sa inovativnim novim servisom/proizvodom ili ne?;
- Da li je vreme za plasman supstitucije servisa/proizvoda ili ne?;
- Koja jedinična cena je optimalna i kako će promena cene uticati na kretanje broja novih korisnika?;
- U kom periodu se očekuje najbrži rast prihoda a u kom najsporiji?;
- Kada će se ući u fazu zasićenja odnosno kada broj novih korisnika počinje da se smanjuje drastično sa vremenom i sl.

Izuzetno je važno pravilno spoznati početne zahteve za novim servisima/proizvodima kako bi se obezbedila visoka pristupačnost pri najnižoj mogućoj ceni. Mogući gubitak u prodaji će neminovno dovesti do gubitka budućih prihoda kroz prodaju raznih dodataka, ugovora za održavanje, rezervnih delova, nadogradnju sistema i komplementarnih servisa/proizvoda.

### 2. DIFUZIJA NOVIH SERVISA/PROIZVODA

Kako bi se dalo korektno tumačenje različitih modela koji se koriste za prognoziranje novih servisa/proizvoda prvo je potrebno shvatiti životni ciklus servisa/proizvoda i zakonitosti koje ga prate.

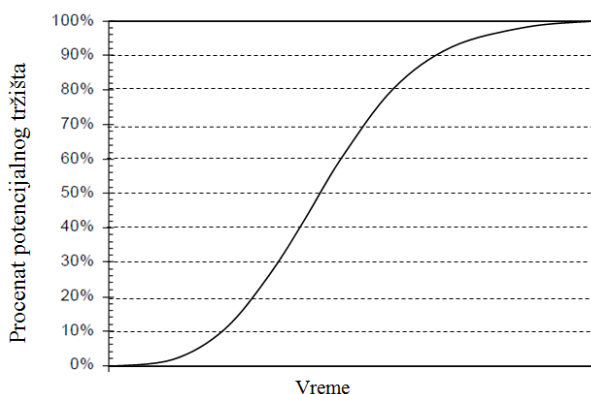
Životni ciklus servisa/proizvoda se skraćuje delimično zbog povećanja brzine uvođenja novih servisa/proizvoda ali takođe i zbog brzog napretka tehnologije. Kompanije sve više zavise od prihoda od novih servisa/proizvoda. Novi servisi/proizvodi uglavnom postavljaju veće granice prema drugim servisima/proizvodima dok su stari servisi/proizvodi pod uticajem konkurentskih izazova i čekaju na reakcije korisnika. Novi servisi/proizvodi omogućavaju kompanijama da povećaju prihode i da

zadrže visoke margine prema drugim servisima/proizvodima tako što formiraju nove korisnike na novim tržištima. Kompanije imaju potrebu za novim servisom/proizvodom koji treba da zameni postojeći servis/proizvod koji dostiže kraj životnog ciklusa. Novi servisi/proizvodi podstiču rast koji utiče na porast vrednosti što omogućava kompanijama da sakupe novac na tržištu optimalnom brzinom, pribave konkurenciju i privuku najbolje ljude.

Životni ciklus servisa/proizvoda čine četiri osnovne faze:

- Faza uvođenja (faza u kojoj se servis/proizvod javlja na tržištu i kada počinje njegova postepena prodaja);
- Faza rasta (tržište postaje svesno datog servisa/proizvoda 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/proizvoda dolazi do opadanja prodaje).

Posmatrajući krivu životnog ciklusa vidi se da broj korisnika novog servisa/proizvoda u početku naglo raste, da bi ovaj intenzitet polako slabio i na kraju opao sa vremenom. Ustanovljeno je da kumulativna funkcija prihvatanja novog servisa/proizvoda formira krivu takozvanog S oblika [1].



Slika 1. Kumulativna funkcija prihvatanja novog servisa/proizvoda (S-kriva)

Najveću potvrdu obliku odnosno načinu širenja inovacije kroz posmatrani socijalni sistem dali su Edvard Rogers i Frank Bass. U svojim radovima su potvrdili teoriju S krive životnog ciklusa servisa/proizvoda. Rogers tumači S oblik životnog ciklusa preko različitih kategorija korisnika i njihovom ponašanju odnosno vremenu prihvatanju i brzini, 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.

Brzina prihvatanja novog servisa/proizvoda predstavlja funkciju nekoliko faktora među kojima su (Rogers 1983, 2003):

- Relativna prednost servisa/proizvoda u odnosu na postojeće servise/proizvode;
- Stepenn do koga je novi servis/proizvod kompatibilan sa postojećim operacijama;
- Stepenn do koga je novi servis/proizvod jednostavan (za razliku od kompleksnog);
- Stepenn do koga se novi servis/proizvod može probati u ograničenoj osnovi;
- Stepenn do koga se novi servis/proizvod može posmatrati.

Sa druge strane, Frank Bass opisuje difuzioni proces kao rezultat dva nezavisna parametra masmedija i efekta word of mouth (efekta baziranog na usmenom prenosu iskustva između korisnika) (Bass 1969). 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 [2].

### 3. KARAKTERISTIKE MODELA PROGNOZIRANJA

U cilju unapređenja modela prognoziranja novih servisa/proizvoda odnosno njenih konačnih rezultata važno je:

- odrediti izvor podataka koji će približiti prognozera ka korisnicima (personalni intervjui, demonstracije servisa/proizvoda, fokusne grupe...);
- koristiti više modela u kombinaciji kroz proces razvoja servisa/proizvoda kako bi se razvila prognoza;
- predvideti spremnost tržišta da se u njega prodre kao i ponašanje korisnika unutar istog tržišta i koristiti te podatke kao ulaz u prognoze novih servisa/proizvoda [3].

Faktori koji utiču na prognozu tražnje su mnogobrojni a kao najvažnije treba istaći:

- Vremenski period (dugoročna ili kratkoročna pognoza);
- Nivo na kome se prognoziranje primenjuje:
  - Makro nivo;
  - Industrijski nivo;
  - Nivo preduzeća.
- Opštost prognoziranja (da li je prognoziranje opšteg karaktera ili je specifično za konkretnu situaciju);
- Modeli prognoziranja novog odnosno dobro utvrđenog servisa/proizvoda;
- Klasifikacija servisa/proizvoda;
- Specifični faktori karakteristični za servis/proizvod kao i za tržište (rizik i neizvesnost).

Osnovni nedostatak kod prognoziranja tražnje novih servisa/proizvoda predstavlja nedostatak statističkih

podataka. Difuzioni modeli predstavljaju najčešće korišćene kvantitativne modele prognoziranja koji na osnovu ograničenog seta podataka modeluju difuzionu krivu novog servisa/proizvoda.

#### 4. DIFUZIONI MODELI

Difuzioni modeli predstavljaju matematičke funkcije, najčešće zavisne od vremena, koje se koriste za procenu prihvatanja tehnoloških inovacija odnosno novih servisa/proizvoda. Kumulativna difuzija inovacija se najčešće predstavlja sigmoidalnom funkcijom rasta. Agregatni difuzioni modeli S oblika se mogu dobiti iz diferencijalne jednačine oblika:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \delta \cdot f(N(t)) \cdot [K - N(t)] \quad (1)$$

Gde  $N(t)$  predstavlja ukupnu penetraciju u trenutku  $t$ ,  $S$  nivo zasićenja a  $\delta$  predstavlja koeficijent difuzije koji definiše brzinu difuzije i povezuje je sa realnom i maksimalnom penetracijom. Penetracija se definiše kao proporcija populacije koja prihvata posmatrani servis/proizvod.

Svaki agregatni difuzioni model ima odgovarajuću formu funkcije  $f(N(t))$ , koja opisuje difuzioni proces inovacije. Kod linearnog logističkog modela ova funkcija je oblika  $N(t)$ , dok je kod Gompertz-ovog modela oblika  $\ln(N(t)/k)$ .

Najčešće korišćeni difuzioni modeli su Bass-ov model, Fisher–Pry model, Gompertz-ov model kao i familija logističkih modela. Svi modeli prikazuju difuziju servisa/proizvoda u formi krive S oblika. Spomenuti modeli se koriste za prognoziranje tražnje na agregatnom nivou (nivou populacije).

#### 5. LOGISTIČKI MODEL

Logistički modeli predstavljaju vrstu modela rasta koji prognoziraju penetraciju servisa/proizvoda tokom nekog vremenskog intervala na zatvorenom tržištu, u odsustvu bilo koje druge usluge. Koristi se za modelovanje S krive rasta određenog skupa koga možemo posmatrati kao populaciju. Početna faza rasta je aproksimativno eksponencijalna, da bi zatim, kako nastaje zasićenje rast usporio i u fazi zrelosti rast prestao.

Opšta forma logističkog modela glasi

$$Y(t) = \frac{S}{1 + e^{f(t)}} \quad (2)$$

Pri čemu je  $Y(t)$  procenjeni nivo difuzije,  $S$  nivo zasićenja a  $f(t)$  je matematička formulacija oblika:

$$f(t) = -a - b \cdot t(m, k) \quad (3)$$

Funkcija  $t(m, k)$  je u suštini nelinearna funkcija vremena koja se može opisati preko bilo koje sledeće formulacije, u zavisnosti od konstrukcije modela. Samo u slučaju linearno-logističkog modela je  $t(m, k) = t$ . Ovaj model je poznat i kao Fisher-Pry model (linearno logistički model).

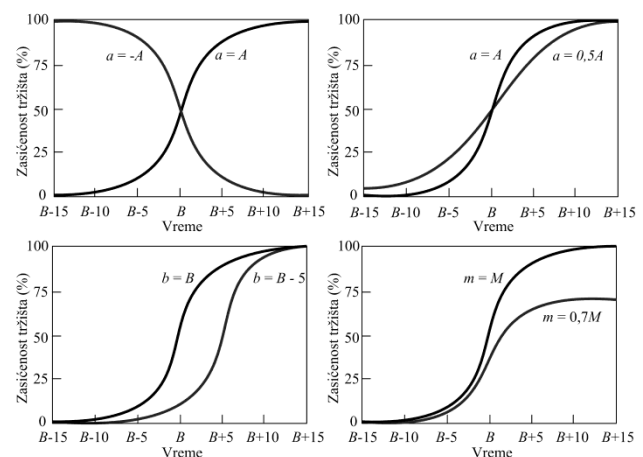
Za ukupan broj korisnika u trenutku vremena  $t$  može se napisati sledeća jednačina:

$$N(t) = \frac{m}{1 + e^{-a(t-b)}} \quad (4)$$

Gde su:

- $m$ -maksimalni potencijal tržišta;
- $a$ -parametar rasta (za  $a < 0$  parametar opadanja);
- $b$ -vremenski parametar,
- Prevojna tačka se javlja za  $t=b$  i uvek je na 50% vrednosti  $m$ , (kriva je simetrična u odnosu na prevojnu tačku) [4].

Uticaj parametara  $a$ ,  $b$  i  $M$  logističkog modela na promenu oblik S-krive prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Uticaj parametara logističkog modela na promenu oblik S-krive [5]

##### 5.1 FISHER-PRY MODEL

Fisher-Pry model (1971) se bazira na činjenici da novi servis/proizvod zamenjuje stari kao i da je brzina prihvatanja novog servisa/proizvoda zavisna od procenta starog servisa/proizvoda koji je i dalje u upotrebi. [6]: Sam model se koristi za predviđanje onih tehnologija koje ne zahtevaju veće promene u ponašanju korisnika. Za razliku od ovog modela Gompertz-ov model se koristi upravo u situacijama kada se dešavaju veće promene u ponašanju korisnika.

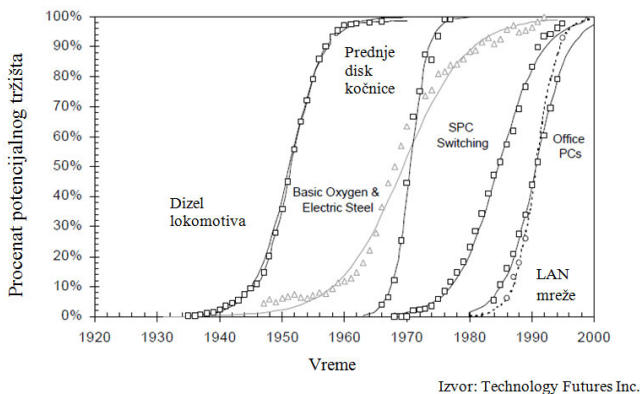
Fisher-Pry model predstavlja klasičnu logističku krivu S oblika i u literaturi se može naći i sledeći oblik modela [6]:

$$Y(t) = \frac{S}{(1+e^{(-a-bt)})} \quad (5)$$

Gde je:

- $S$  - nivo zasićenja;
- $a$  i  $b$  - parametri koje treba odrediti a koji opisuju brzinu difuzije.
- $t$  - vreme od trenutka uvođenja.
- Prelomna tačka je na  $Y(t)=S/2$ .

Na sledećoj slici su dati primeri tehnologija čija difuzija prati Fisher-Pry krivu pri čemu se razlikuju po samoj brzini difuzije.



Slika 3. Primer difuzija tehnologija koje prate oblik Fisher-Pry modela [7]

Fisher-Pry model je primenljiv u situacijama kada je prognoziranje prihvatanje bazirano na tehnologiji. Model pristupa procesu prihvatanja tehnologije kao procesu substitucije pri čemu nova tehnologija menja staru postojeću usled svoje tehničke i ekonomske superiornosti. Potencijalno tržište se posmatra kao suma stare i nove tehnologije [7].

### 6. RICHARDS-OV MODEL

Richards-ov model predstavlja generalizaciju logističkog modela. Koristeći ovaj model ispravlja se nedostatak fiksne prevojnne tačke. Richards-ov model ima četiri parametara ( $M, a, b, c$ ). Problem koji se može javiti primenom ovog modela jeste određivanje samih parametara. Za ukupan broj korisnika u trenutku vremena  $t$  može se napisati sledeća jednačina:

$$R(t) = \frac{m}{[1 + e^{-a(t-b)}]^c} \quad (6)$$

Gde su:

- $M$  - kapacitet tržišta;
- $a$  - parametar rasta (za  $a < 0$  parametar opadanja);
- $b$  - vremenski parametar;
- $c$  - određuje poziciju prevojnne tačke (tj.oblik S krive) [1].

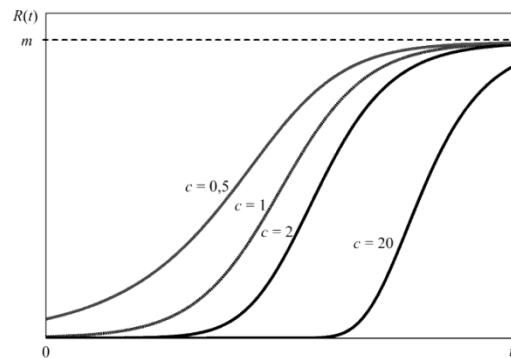
Funkcija (6) ima prevojnne tačku:

$$R(t^*) = m \cdot \left( \frac{c}{c+1} \right)^c \quad (7)$$

$$t^* = b + \frac{\ln c}{a} \quad (8)$$

koja dostiže minimalnu vrednost kada  $c \rightarrow \infty$  i ne može biti manja od  $m/e \approx 0,368m$ . Za  $c = 1$ , Richards-ov model se svodi na logistički model i tada je  $R(t^*) = 0,5m$ . Maksimalna vrednost prevojnne tačke  $R(t^*)$  teži  $m$  kada  $c$  teži nuli, tako da važi relacija

$$e^{-1} < \frac{R(t_i)}{m} = \left( \frac{c}{1+c} \right)^c < 1 \quad (9)$$



Slika 4. Efekat promene parametra  $c$  Richards-ovog modela na difuziju servisa/proizvoda [5]

Kao i logistički model, Richards-ov model ne može da modelira trenutak u kome se servis/proizvod uvodi na tržište ( $N(t) = 0$ ), jer samo kada  $t \rightarrow -\infty, R(t)$  teži 0.

### 7. GOMPERTZ-OV MODEL

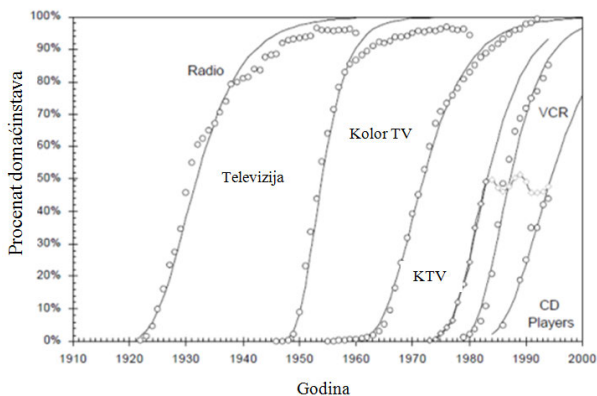
Gompertz-ov model prikazuje S krivu koja je asimetrična, pri čemu brzina prihvatanja usporava sa vremenom odnosno kako se vrši progres novog servisa/proizvoda. Gornjoj odnosno asimptoti buduće vrednosti se može prići mnogo postepenije u odnosu na donju asimptotu u poređenju sa logističkom funkcijom kod koje kriva simetrično prilazi obema asimptotama. Gompertz-ova funkcije je data preko formule:

$$Y(t) = S e^{-e^{-a-bt}} \quad (10)$$

Gde je  $S$  nivo zasićenja,  $Y(t)$  procenjeni nivo difuzije u trenutku  $t$ , parametar  $a$  se odnosi na vreme nakon koga difuzija dostiže nivo od 37%, a parametar  $b$  određuje brzinu difuzionog procesa.

Primera radi Gompertz-ova kriva dobro opisuje difuziju mobilnih telefona koju karakterišu visoki inicijalni troškovi što je dovelo do sporog rasta u početku, da bi se zatim desio period brzog rasta a zatim došlo do usporenja

i dolaska u fazu zasićenje [8].

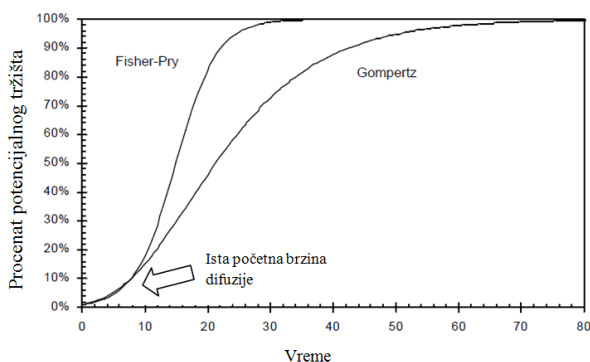


Izvor: Technology Futures Inc.

Slika 5. Primer difuzija tehnologija koje prate oblik Gompertz-ove krive [7]

### 7.1 KOMPATIVNA ANALIZA GOMPERTZ-OVOG I FISHER-PRY MODELA

Kada su poznati podaci difuzije novog servisa/proizvoda u prvih nekoliko godina od trenutka uvođenja moguće je na osnovu seta postojećih podataka primenom regresione analize dobiti potrebne parametre modela koji će se iskoristiti za generisanje krive kumulativne difuzije (kao na slici). Prikazana dva difuziona procesa, Fisher-Pry i Gompertz-ov, od kojih oba pouzdano prikazuju inicijalni proces difuzije ali se kasniji rast drastično razlikuje shodno samoj matematičkoj interpretaciji modela. Jasno je da difuzija opisana Gompertz-ovim modelom ima sporiji proces prihvatanja. Sama situacija na tržištu, vrsta tehnologije, ograničavajući faktori razvija i njeni pokretači kao i primenjen scenario razvoja tehnologije određuju koji je model bolji. Iskustva su pokazala da Fisher-Pry model daje pouzdanije rezultate u situacijama kod kojih je ključna vodilja prihvatanja nove tehnologije tehnološka i ekonomska zastarelost postojeće. Sa druge strane Gompertz-ov model se pokazao kao pouzdaniji u slučaju prognoziranja difuzije tehnologija kod kojih je glavni pokretač substitucije proces odumiranja postojeće tehnologije [7].



Izvor: Technology Futures Inc.

Slika 6. Uporedni prikaz Fisher-Pry i Gompertz-ovog modela generisanih za isti set inicijalnih podataka [7]

Gompertz-ov model je u suštini bolji kod prognoziranja

prihvatanja novog servisa/proizvoda od strane korisnika – potrošača gde se uočava eventualno usporenje brzine difuzije. Ono se objašnjava činjenicom da, za razliku od poslovnih korisnika, potrošači nisu prisiljeni da prihvataju novu tehnologiju kako bi ostali konkurentni na tržištu (neće ispasti iz posla ako ne prihvate tehnologiju) [7].

### 8. KOMBINOVANI MODEL – BASS-OV DIFUZIONI MODEL

Praksa je pokazala da se Bass-ov difuzioni model pokazao kao izuzetno precizan model kada se govori o prognoziranju difuzije novih servisa. Bass-ov model opisuje proces prihvatanja novog servisa posmatrajući interakciju između postojećih i potencijalnih korisnika.

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 pretpostavku 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. U osnovnom Bass-ovom modelu figuriše parametar  $m$ , koji predstavlja potencijal tržišta odnosno broj potencijalnih korisnika. Model pretpostavlja da je veličina tržišta konstantna odnosno nezavisna od vremena [9].

Kumulativni broj korisnika koji su prihvatili novi servis za vreme  $t$  Bass je predstavio sledećom jednačinom:

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (11)$$

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. [10]

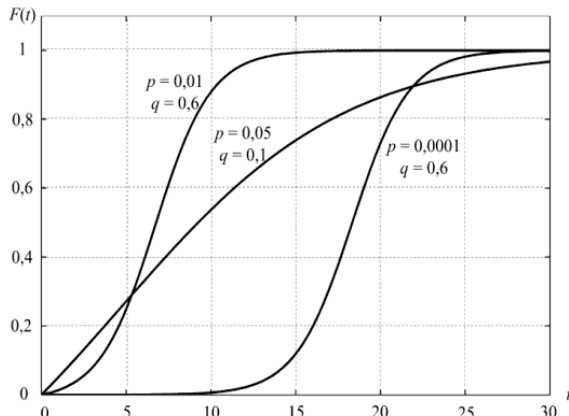
Prevojna tačka se dobija za  $t = t^*$ , i određena je sa:

$$t^* = \frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{q}{p}\right) \quad (12)$$

$$N^* = m \frac{(q-p)}{2q} \quad (13)$$

Prateći Bass-ovu teoriju lako se može modelovati kriva životnog ciklusa servisa/proizvoda. Promenom vrednosti parametra inovacije i imitacije utiče se na oblik krive životnog ciklusa odnosno krive koja opisuje nivo prihvatanja novog servisa/proizvoda tokom vremena.





Slika 7. Efekat promene parametra imitacije i inovacije na difuziju servisa/proizvoda [5]

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).

## 6. ZAKLJUČAK

Prognoziranje difuzije novih servisa/proizvoda igra važnu ulogu u donošenju poslovnih odluka. Stoga se velika pažnja pridaje razvoju i upotrebi modela čijom upotrebom se mogu dobiti verodostojne prognoze.

Poznato je da funkcija difuzije novih servisa/proizvoda prati krivu S oblika pa su vremenom razvijeni različiti modeli za prognoziranje difuzije novih servisa/proizvoda koji upravo generišu krivu S oblika. Neki od često korišćenih modela su Bass-ov model, Fisher-Pry model, Gompertz-ov model i dr. Cilj ovih modela je da generišu funkciju difuzije odnosno širenja tehnologije tj. servisa tokom određenog vremenskog perioda uz što manju grešku u odnosu na realne podatke. Svaka od pomenutih funkcija opisuje difuziju u formi krive S oblika s tom razlikom što svaki od modela zahvaljujući karakterističnoj matematičkoj interpretaciji i primenjenim parametrima modela generiše krivu difuzije koja se razlikuje u brzini difuzije na početku ili kraju vremenskog perioda, prelomnoj tački, simetričnosti krive i sl.

U zavisnosti od karakteristika same tehnologije ili servisa, vrste tržišta za koje je namenjena, strategiji kojom će se nastupati na tržištu, faktorima koji pokreću ili usporavaju razvoj nove tehnologije odnosno servisa, činjenici da li će se difuzija bazirati na odumiranju stare tehnologije ili na superiornosti nove tehnologije zavisi i koji model prognoziranja treba koristiti.

## LITERATURA

[1] S. Radas, "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.

[2] G. L. Lilien, A. Rangaswamy, A. De Bruyn, "Principles of Marketing Engineering, Trafford Publishing", Victoria, BC, Canada, 2007.

[3] Singh M.: "New Product Forecasting", ESD 260, September 2006., available at: <http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Engineering-Systems-Division/ESD-260/Fall-2006/78AF7753-3FFD-4433-8941-00E96A7B073A/0/lect5.pdf>

[4] Sokele M.: "Predvidjanje u telekomunikacijama", Organizacija telekomunikacione mreže, 2004., available at: [http://www.fer.hr/download/repository/Predvidjanje\\_u\\_telekomunikacijama.pdf](http://www.fer.hr/download/repository/Predvidjanje_u_telekomunikacijama.pdf)

[5] V. Radojičić, B. Bakmaz, S. Veličković, Prognoziranje novih telekomunikacionih servisa, Saobraćajni fakultet, 2013.

[6] Michelfelder R. & Morrin M.: "Overview of New Product Diffusion Sales Forecasting Models", available at: <http://www.royaltysource.com/news/Overview%20of%20New%20Product%20Diffusion%20Sales%20Forecasting%20Models.pdf>

[7] R. L. Hodges, L. K. Vanston, "Forecasts of Access Line Competition in the Local Exchange", Technology Futures Inc., 2003.

[8] Islam, Towhidul; Fiebig, Denzil G.; Meade, Nigel "Modelling multinational telecommunications demand with limited data", International Journal of Forecasting 18 (4): 605–624, (2002).

[9] 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.

[10] D. Allen, "New telecommunication services: Network externalities and critical mass", Telecommunications Policy, 12, 57-271, 1983.

# INTERNET POVEZIVANJE SENZORSKIH ČVOROVA INTERNET CONECTION WITH SENSOR NODES

Mirko Kosanović, Miloš Kosanović

Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš

**Sadržaj** – Bežične senzorske mreže (BSM) predstavljaju kolekciju malih, jeftinih bežičnih senzorskih čvorova (SČ), koji su organizovani u klastere ili mreže. Oni su raspoređeni u širokom geografskom području, a sposobni su da potpuno samostalno, kontinuirano prate ili mere pojave u prirodi, izvrše njihovu obradu i pošalju ih bežičnom komunikacijom. Ali, BSM obično ne mogu da rade potpuno samostalno, u potpunoj izolaciji, odnosno one moraju biti povezane sa nekom drugom vrstom mreže (LAN, WAN). Kako je Internet postao de-facto standard za WAN mreže, postalo je neophodno povezati BSM sa Internetom i tako omogućiti da prikupljeni podaci budu vidljivi sa različitih mesta. U ovom radu razmatrane su karakteristike BSM-a koje utiču na povezivanje sa Internetom, analizirana su aktuelna poznata rešenja i predloženo je jedno energetski efikasno rešenje.

**Abstract** - Wireless sensor networks (WSN) are a collection of small, low-cost wireless sensor nodes (SN), which are organized in clusters or networks. They are distributed over a wide geographic area, and are capable completely independent, to continuously monitor and measure the phenomena of nature, carry out their processing and send them wireless communication. But WSN usually cannot work completely independently, in complete isolation, or they must be associated with a different type of network (LAN, WAN). As the Internet has become the de-facto standard for WAN network, it has become necessary to connect WSN to the Internet and thus enable the data collected are visible from different places. In this paper we notice the performance of WSN's which are affecting to the connection on Internet, we analyzed the current known solutions and proposed a energy-efficient solution.

## 1. UVOD

BSM predstavlja jednu distribuiranu računarsku mrežu koja se sastoji od velikog broja bežičnih senzorskih čvorova (SČ), koji potpuno samostalno mogu da formiraju mrežnu infrastrukturu, putem koje oni prikupljaju, obrađuju i razmenjuju podatke. Neke od ključnih karakteristika BSM su: a) SČ-ovi su gusto raspoređeni u regionu i veoma su podložni otkazima (kvarovima); b) uglavnom se ne koristi jedinstvena globalna identifikacija (ID) SČ-ova; c) čvorovi rade sa strogo limitiranim energetskim resursima i d) količina računarskih kapaciteta i memorijski prostor svakog SČ su ograničeni [1]. U principu, BSM može da radi kao samostalna mreža ili da bude povezana sa drugim mrežama. Ali za mnoge aplikacije, BSM ne radi efikasno u punoj izolaciji. Mora da se omogući način za spoljašnje nadgledanje događaja kao i za pristup podacima koje nam daje mreža SČ-ova. Dakle, javlja se potreba da BSM povežemo na već postojeću mrežnu infrastrukturu tj. da omogućimo povezivanje sa TCP/IP mrežama- Internetom.

Na taj način možemo da konfiguriramo veoma složenu distribuiranu heterogenu mrežu (DHN). Takva veza, s jedne strane, omogućuje potpuno transparentan rad BSM za sve krajnje korisnike u DHN mreži, ali, sa druge strane, stvara nove izazove koji se odnose na razvoj i istraživanja u ovoj oblasti. Imajući u vidu da skup TCP/IP protokola postaje *de facto* standard u mrežnom okruženju, sasvim je razumno da razmotrimo mogućnosti da povežemo BSM sa TCP/IP baziranim mrežama, kao što je na primer Internet. Međutim, ovaj zadatak, povezivanje BSM na postojeću infrastrukturu Interneta, donosi sa sobom i nekoliko izazova. Svaka mreža koja želi da bude povezana sa Internetom treba da se pozabavi pre svega pitanjem kako da se poveže sa standardnim TCP/IP protokolima. Ovaj problem je u fokusu našeg interesovanja u ovom radu. Cilj predloženog rada biće da istraži načine povezivanja BSM sa Internetom, odnosno implementacija skupa TCP/IP protokola u BSM. Imajući u vidu da komunikacija ima dominantan uticaj na potrošnju energije, u radu se predlaže način da se ona smanji, smanjivanjem dužine polja zaglavlja u protokolima. Dobijeni rezultati pokazuju da energetska efikasnost koja se postiže smanjivanjem TCP/IP zaglavlja daje rezultate koji su za 60% bolji u odnosu na korišćenje standardnog TCP/IP zaglavlja koje se koristi na Internetu

## 2. OSOBINE TCP/IP SKUPA PROTOKOLA

Skup TCP/IP protokola spada u jako zahtevne protokole, jer gotovo svi oni zahtevaju jake resurse za njihovo izvršavanje. Tu se pre svega misli na veću memoriju i jaču procesorsku snagu koja je potrebna za njihovu primenu. Kako za većinu stacionarnih uređaja to nije bio problem, ovi protokoli su danas postali mrežni standard, koji zbog svoje funkcionalnosti i efikasnosti svi poštuju i primenjuju. Sa pojavom bežičnih uređaja i sve većom potrebom za njihovim umrežavanjem, javlja se problem implementacije TCP/IP protokola. To naročito dolazi do izražaja kod bežičnih SČ-ova, kako zbog već pomenutih ograničenja, tako i zbog limitiranog trajanja istih u pogledu napajanja električnom energijom. Kako je napajanje kod tih čvorova realizovano sa baterijama, koje zbog prirode primene BSM-a nije isplativo da se menjaju, potrebno je život tih čvorova maksimalno produžiti tj. svesti potrošnju na najmanju moguću meru. Najveći deo energije ovi čvorovi troše u komunikaciji pa je očigledno da se tu može postići i najveća ušteda u potrošnji. Kako TCP/IP protokoli predstavljaju jako zahtevne protokole, kod kojih su samo zaglavlja dosta velika (IPv4-24 bajta, IPv6-40 bajta, UDP-8 bajta, TCP-24 bajta), jasno je da bi puna primena ovih protokola u BSM-a bio potpuni promašaj sa gledišta energetske isplativosti i efikasnosti. Za samo 2-3 bajta korisnih podataka morali bi da prenosimo 30-tak bajtova, a samim tim i potrošimo veliki deo električne energije, a to indirektno znači da bi životni vek tih SČ-ova bio sveden na samo nekoliko dana [2].

### 3. PRIMENLJIVOST TCP/IP U BSM

Jedna od glavnih prednosti direktne primene TCP/IP protokola, kao osnovnih komunikacionih protokola BSM-a, je ta da BSM-e postaju sastavni adresabilni deo mreže svih mreža-Interneta, i to bez upotrebe bilo kakvih dodatnih urteđaja. Svaki od senzorskih čvorova ima svoju jedinstvenu adresu koja mu omogućava da bude potpuno ravnopravan član bilo koje TCP/IP mreže, a samim tim i direktan pristup svim resursima. Dugo se verovalo da je implementacija TCP/IP protokol steka na senzorskim čvorovima neizvodljiva, zbog skromnih memorijskih i procesorskih mogućnosti, mada to niko u literaturi nije dokumentovao. Nasuprot tome u radu [3] prikazano je da je implementacija TCP/IP protokol steka moguća i na vrlo skromnim računarskim resursima (8-bitni mikrokontroler sa samo 2Kb memorije). Implementacija lwIP (*lightweight IP*) i  $\mu$ IP (*micro IP*) zahteva samo nekoliko stotina bajtova RAM memorije za svoj rad što su više nego skromni zahtevi. Kod uvođenja TCP/IP u BSM-a javljaju se i neki problemi koji ograničavaju i uslovljavaju njegovu primenu. To se pre svega odnosi na:

**Veličina zaglavljaja kod TCP/IP u odnosu na podatke** – već smo napomenuli da veličina zaglavljaja kod TCP/IP protokola varira od 28 do 40 bajtova. Ako kod BSM-a, podaci koji se šalju iznose nekoliko bajta, ispada da se samo na prenos zaglavljaja potroši 90% ukupne energije koja je potrebna za slanje svakog paketa što je potpuno neprihvatljivo rešenje [3]. Kako je ušteda energije napajanja jedan od primarnih uslova za efikasan rad BSM-a, gotovo svi do sada razvijeni protokoli na svim OSI nivoima, projektovani sa osnovnim ciljem da zadovolje ovaj uslov. Na primer, kod najraširenijeg operativnog sistema za BSM-e TinyOS, veličina zaglavljaja iznosi samo samo 5% od okvira koji se šalje [4]. Jedan od načina da se ovaj problem prevaziđe je da se izvrši komprecija TCP/IP zaglavljaja. To daje dobre rezultate kada se radi o standardnim bežičnim komunikacijama ali ne i kod BSM-a zbog njene višeskokovite (*multi hop*) prirode.

**Greške u bitovima (*bit-error*)** – TCP/IP protokoli su projektovani za žičane veze kod kojih je ovaj tip greške bio veoma redak. Zato su ovi protokoli na svaku grešku koja se detektovala u komunikaciji, reagovali tako što su smanjivali intezitet slanja okvira, jer se predpostavljalo da je do grešaka dolazilo zbog jačeg saobraćaja. Ovakva reakcija nije poželjna kod BSM'a, jer je procenat grešaka u bitovima kod njih mnogo veći, pa bi se performanse ove mreže značajno umanjile ako bi se primeni ovaj princip. Velika potrošnja zbog ponovnog slanja okvira – zbog interaktivne prirode uspostavljanja veze putem TCP/IP protokola, zbog višeskokovite (*multi hop*) prirode prenosa okvira kod BSM-a kao i zbog povećanog broja grešaka kod prenosa, nepotrebno se troše energetske resursi senzorskog čvora.

**Razvoj novih protokola usmeravanja** - u okviru svake IP adrese postoji jedan deo koji se odnosi na adresiranje mreže i upravo se taj deo adrese koristi kod standardnih TCP/IP protokola usmeravanja, gde oni svoju

komunikaciju zasnivaju na jednom glavnom računaru-ruteru (*host-centring*). Za razliku od ovoga, kod BSM-a komunikacija se zasniva na vrsti podataka koji se prikupljaju (*data-centring*). Ovde je svaki senzorski čvor ujedno i ruter zbog same prirode BSM-a (*multi hop* organizacija). Zato i veliki broj razvijenih protokola usmeravanja za BSM-e upravo zasniva svoj rad na podacima koje prikuplja i prosleđuje [5].

**Komunikacioni modeli** – razlikujemo tri osnovna komunikaciona modela po kojima se odvija komunikacija senzorskih čvorova u BSM-a i to su:

1. Komunikacija zasnovana na čvoru (*Node-Centring*) – kod ove komunikacije podrazumeva se da svaki čvor ima svoj jedinstveni ID broj na osnovu koga se vrši usmeravanje poruka u BSM-a [3].
2. Komunikacija zasnovana na podacima (*Data-Centring*) - ovde ne postoji jedinstvena identifikacija senzorskih čvorova već se komunikacija odvija na osnovu *broadcast* poruka. Postoje dve vrste tih poruka: poruka interesovanja (*Interest packet*), koju šalje onaj koji traži podatke i poruka objave (*Advertisement packet*) koju šalje onaj senzorski čvor koji ima tu poruku. Kada se ove dve poruke susretnu u nekom senzorskom čvoru onda je pronađen prenosni put između prijemnika i predajnika [6].
3. Komunikacija zasnovana na lokaciji (*Location-Centring*) – ovde senzorski čvorovi imaju jedinstvenu prostornu adresu koja je direktno zavisna od fizičke lokacije na kojoj se taj senzorski čvor nalazi. Naime, ukoliko nam je poznata pozicija svakog čvora moguće je znatno smanjiti vreme pristupa svakom čvoru, putem izbora najoptimalnijih puteva, a samim tim znatno uštedeti utrošak električne energije [7].

Razmatrajući ova tri modela dolazimo do zaključka da prvi i treći model potpuno odgovaraju zahtevima standardnih TCP/IP protokola, što nas navodi na činjenicu da se u takvim modelima ovaj protokol lako može prilagoditi i primeniti u uslovima BSM-a.

**Problem adresiranja čvorova** – osnovni uslov za funkcionisanje jedne TCP/IP mreže je da svaki entitet u mreži ima svoj jedinstven IP broj preko koga je on prepoznatljiv. Ograničeni broj IP adresa kod IPv4 rešen je preko dodatnog DHCP servisa ili sa verzijom IPv6. I jedno i drugo rešenje sa gledišta BSM-a ima svoje mane i to: angažovanje još jednog entiteta koji je *host-centring* orijentisan (DHCP servis) i problem još većeg zaglavljaja kod IPv6 zbog povećanja adresnog prostora (40 bajtova).

Na osnovu svega što smo gore naveli, očigledno je da na ovom polju u budućnosti mora intezivno da se radi, da bi se pronašla optimalna rešenja koja bi omogućila da TCP/IP postane dobra alternativa za osnovni komunikacioni protokol kod BSM-a.

### 4. MODELI POVEZIVANJA

U zavisnosti od primenjene komunikacione arhitekture, za povezivanje BSM sa TCP/IP mrežama razlikujemo sledeće modele povezivanja (sl. 1):

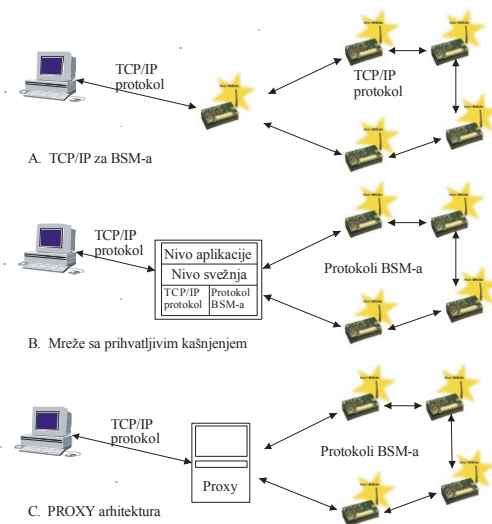
1. **Proxy** - U ovom modelu kompletna komunikacija između TCP korisnika i SČ odvija se preko proxy

računara. Komunikacioni protokol koji se koristi u BSM može slobodno da se izabere. Postoje dva različita načina na osnovu kojih proxy računar ostvaruje svoju operativnost i povezuje BSM sa TCP/IP mrežama [8]:

1. *relay* - u ovom režimu svi podaci koji dolaze iz jedne mreže prenose se na drugu mrežu.

2. *front-end* - proxy pro-aktivno prikuplja podatke iz BSM i skladišti ove informacije u svojoj bazi. Korisnici iz TCP/IP mreže mogu da zahtevaju određene podatke i to različitim upitima, kao što je SQL ili WEB-bazirani upiti.

Oba rešenja imaju neke nedostatke, koji ih eliminišu iz upotrebe pa se one ne primenjuju uopšte. Kao prvo, ovaj način je dosta nepouzdan. Kada proxy server prestane sa radom, sve veze do i od BSM ne postoje. Kao drugo, proxy primena obično zavisi od određenog zadatka ili određenog skupa protokola. To znači da za svaku aplikaciju trebamo da imamo različiti proxy računar [8].



Slika 1. Vrste TCP/IP povezivanja sa BSM mrežama

2. **Overlay** - Postoje dve vrste metoda koje se zasnivaju na *Overlay* arhitekturama i to: *TCP/IP overlay sensor networks*, i *Sensor networks overlay TCP/IP* [9]. Prvi pristup ukazuje da je moguće implementirati TCP/IP protokol i u mikroročunarskim sistemima sa veoma siromašnim resursima: 8-bitni microprocesor sa samo 2KB RAM memorije [3]. U drugoj metodi protokol stek BSM je implementiran preko TCP/IP stek i svaki korisnik Interneta se smatra kao virtuelni senzorski čvor. Virtuelni senzorski čvor može prepoznati BSM pakete, jer on ima instaliran BSM protokol stek pored standardnog TCP/IP steka. Brojni problemi prate implementaciju TCP/IP u BSM. Oni se mogu identifikovati kao: veliko zaglavlje, visoka stopa loših poruka, velika potrošnja energije za *end-to-end multi-hop* retransmisije, razlike u protokolima usmeravanja i implementacija adresiranja svakog senzorskog čvora kao i različite šeme usmeravanja podataka [7].

3. **Gateway** - Jedan od osnovnih uređaja koji obezbeđuje vezu između bežičnih i TCP/IP mreža je mrežni prolaz (*gateway*). On izvršava nekoliko zadataka kao što su konverzija protokola, reguliše kašnjenje poruka, itd. Sva

rešenja, koja koriste *gateway* uređaj kao sredstvo za povezivanje, mogu se grupisati u sledeće dve kategorije: *gateway* zavistan od aplikacije i mreže koje dozvoljavaju kašnjenje poruka (*Delay Tolerant Network-DTN*). *Gateway* zavistan od aplikacije predstavlja jednostavan *gateway* koji radi u aplikacionom sloju [10]. DTN, je slično rešenje. Osnovna razlika u odnosu na aplikacioni *gateway* sastoji se u sledećem: On realizuje jedan novi sloj, kako u TCP/IP tako i BSM, nazvan paket sloj (*Bundle Layer*). Glavna funkcija ovog sloja je da upamti i prosledi pakete između dve mreže (sl. 1).

## 5. MREŽE SA PRIHVATLJIVIM KAŠNENJEM

Veliki razvoj bežičnih komunikacija zadnjih godina uslovio je da se računari sve više umrežavaju putem ovog medijuma. To je donelo nove probleme jer je trebalo prilagoditi već postojeće razvijene protokole za primenu u novim uslovima. Sve veći prodor i primena mobilnih i satelitskih komunikacija još više je produbio taj problem. Očigledno je da se karakteristike žičnih i bežičnih medijuma dosta razlikuju, pa je vrlo teško napraviti jedinstvene protokole koji bi optimalno povezivali računare koji se nalaze na ovim medijumima. Zato je razvijena nova tehnologija poznata kao "Mreže sa prihvatljivim kašnjenjem" (*Delay Tolerant Network - DTN*), čija je osnovna uloga bila da se prevaziđu sve te razlike i povežu ove različite mreže [10]. Osnovna ideja na kojoj se bazira rad ovih mreža leži na tehnici koja je poznata kao "upamti i prosledi" (*store-and-forward*). Svaki senzorski čvor prvo upamti primljeni paket i čeka povoljan trenutak da ga prosledi do sledećeg čvora. Sve dok ne dobije potvrdu da je paket ispravno primljen on se čuva u memoriji, dok se sa prijemom potvrde on briše. To zahteva da svaki čvor ima dovoljno memorijskih resursa da bi mogao da prihvati veći broj paketa kod intenzivnijeg saobraćaja. Najveća prednost ovakve komunikacije je da se kod lošeg prijema okvira ponavlja samo zadnje slanje između čvorova. Kako kod BSM-a, paket od predajnika do prijemnika prolazi kroz više čvorova, jasno je kolika se ušteda postiže ovom tehnikom. Da bi se to ostvarilo arhitektura DTN-a je realizovana u vidu više posebnih regiona koji dele jedan zajednički sloj nazvan svežanj (*bundle layer*). Svaki od ovih regiona predstavlja posebnu mrežu za koju važe njena interna pravila komuniciranja tj. protokoli. Taj sloj nalazi se između transportnog i aplikacionog sloja u TCP/IP referentnom modelu. Njegova uloga je da formira okvire koji se šalju - *bundles*, a koji se sastoje iz dva dela: aplikacionih podataka i meta podataka koji definišu sam okvir, kao i da se stara o ispravnoj primopredaji tih paketa. To se postiže zahvaljujući jednom ili više mrežnih prolaza - *gateway*, koji se nalaze u svakom od DTN regiona. Na taj način postiže se da se svaki od ovih regiona ima nezavisnu arhitekturu, komunikacione karakteristike i sopstvene protokole. Kada se BSM-e povezuju sa TCP/IP mrežama korišćenjem DTN arhitekture, postoje najmanje dva regiona kao što je prikazano na slici 1B. Jedan od njih je TCP/IP region sa standardnim karakteristikama i protokolima, a drugi je BSM region koji na drugoj strani ima tipične karakteristike senzorskih mreža i svoje protokole. Između ta dva regiona nalazi se čvor sa

karakteristikama mrežnog prolaza-*gateway*, koji ima ulogu da premosti i prilagodi razlike između ova dva regiona. Kako se topologija BSM-a često menja zbog neaktivnosti nekih čvorova (*sleep mode*) ili zbog prekida rada, to potrebno da se već utvrđeni pravci komunikacije čvorova često menjaju, a ponekad i da se izvrši podela na manje mrežne celine. DTN arhitektura nam upravo pruža mogućnost da se i takve manje particionisane BSM povežu sa TCP/IP mrežama, jednostavnim formiranjem jednog ili više regiona sa odgovarajućim mrežnim prolazima, koji će putem DTN-a biti povezani sa TCP/IP regionom tj. mrežom.

## 6. PROXY ARHITEKTURA

Jedan od najjednostavnijih i najstarijih načina da se dve različite mreže povežu je primena specijalizovanog računara – proxy servera. Jedini uslov je da taj računar fizički bude povezan na obe mreže, i da se na njemu izvršava aplikacioni program koji vrši usaglašavanje i prilagođavanje formata podataka, koji se šalju iz jedne u drugu mrežu. Kako se celokupna komunikacija između čvorova u TCP/IP mreži i BSM-a odvija preko proxy servera, izbor komunikacionih protokola koji će se koristiti u BSM-a je potpuno slobodan i nezavistan od TCP/IP mreže. Postoje dva moda rada proxy servera u kojima on može da radi i to:

1. kao primopredajnik – u ovom modu rada se svi podaci koji dolaze iz BSM-e ili TCP/IP mreže jednostavno proslede u suprotnom pravcu. Čvorovi sa TCP/IP mreže mogu selektivno da traže neke podatke od nekih čvorova iz BSM-a, i taj će zahtev proxy server predati selektivno traženim čvorovima.

2. kao *front-end* računar – ovaj način rada je nešto složeniji od prethodnog jer ovde proxy server ima ulogu i servera baze podataka koji se dobijaju iz BSM-a. Naime, svi podaci koji se dobijaju iz BSM-a se sakupljaju i pamte u bazi podataka koja se čuva na ovom računaru. TCP/IP čvorovi mogu sada da pristupe ovim podacima u vidu klasičnih SQL upita ili putem WEB interfejsa. Ovaj način realizacije pruža nam još jednu prednost, a to je sigurnost i zaštita podataka od neželjenog pristupa, putem verifikacije kako samih podataka tako i korisnika tj. čvorova koji ih sakupljaju, predaju i traže.

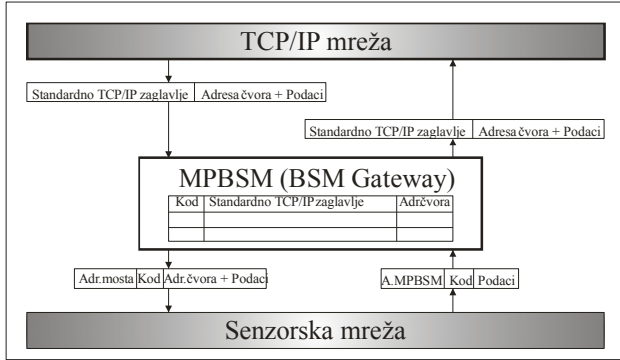
Ovakvo rešenje ima i nekoliko mana koje ograničava njegovu primenljivost u svim uslovima. Jedan od tih nedostataka je da je konekcija ovih mreža direktno zavisna od jednog računara. Ukoliko dođe do greške ili otkaza kod tog računara gubi se svaka komunikacija između mreža. Drugi nedostatak je da se projektovanje svakog proxy računara mora raditi od aplikacije do određenih protokola koji se koriste u mrežama koje se povezuju. Pored toga ne postoji neki generalni mehanizam koji će povezati sve proxy servere ukoliko imamo više parcijalnih BSM-a koje povežujemo sa TCP/IP mrežom. Od proxy servera se takođe zahteva da ima malo veće resurse od čvorova, kao i da ima stalno napajanje, jer je potrebno da neprekodno bude aktivan kako bi se veza održala. Upravo zbog ovoga, ovo rešenje se primenjuje u uslovima kada su čvorovi BSM-e smešteni u neposrednoj blizini proxy servera.

## 7. MODIFIKOVANI MODEL POVEZIVANJA

Nijedan od gore pomenutih metoda ne zadovoljava u potpunosti efikasno povezivanje BSM-a sa TCP/IP mrežama. Svako od izloženih rešenja ima svoje prednosti i mane, i u suštini mnogo zavisi od sredine gde se primenjuje i vrste aplikacije koju izvršava. Sa druge strane, sva ova tri metoda imaju i dodirne tačke, tako da omogućuju da se međusobnom kombinacijom postigne efikasnije rešenje. Analizirajući postojeće metode kao i rešenje [4] kreirali smo poboljšanu verziju jednog mrežnog prolaza (MPBSM), čija je osnovna uloga da premosti razlike između protokola koji se koriste kod BSM-a i TCP/IP mreža. Rešenje je zasnovano činjenici da su većina čvorova u okviru BSM-a hijerarhijski ili lokaciono organizovani u grupe. U okviru svake od ovih grupa-lokacija postoji glavni čvor – *sink*, koji je zadužen da komunicira sa svim ostalim čvorovima iz te grupe. Zbog ravnopravne opterećenosti svakog čvora iz grupe, vrši se ciklična promena čvorova koji imaju ulogu glavnog čvora. Upravo taj glavni čvor predstavlja i mrežni prolaz prema TCP/IP mreži i zadužen je da pored usmeravnja saobraćaja izvrši i određene izmene u okvirima koji se šalju, kako bi protokoli sa obe strane ovog mrežnog prolaza mogli normano da funkcionišu. Kao što vidimo sa slike broj 2. osnovna ideja se sastoji u jednoj bazi podataka koja je zadužena da upamti relacije između standardnog TCP/IP zaglavlja i jedinstvenog koda koji definiše primljeni okvir, kako bi se izvršila bezbedna translacija TCP/IP okvira u BSM okvir. Celokupna komunikacija se odvija na sledeći način:

1. Sa TCP/IP mreže do MPBSM-a dolazi standardni TCP/IP okvir, koji se sastoji od zaglavlja i podataka. U okviru podataka ovde je potrebno ubaciti adresu čvora od koga se traži informacija. Adresa tog čvora se nalazi na početku polja koje prenosi podatke, i nju ubacuje aplikacija koja traži informaciju.
2. MPBSM-a prihvata taj okvir i iz njega izdvaja standardno TCP/IP zaglavlje i adresu prozvanog čvora, formira i dodaje jedinstveni kod primljenog okvira i pamti ih u bazi podataka. Jedinstveni kod je ovde potreban da bi se u povratku rekonstruisao stvarni TCP/IP okvir. Ovaj kod rešava probleme koji su imala dosadašnja rešenja [4] u vidu okvira koji dolaze od različitih klijenata sa TCP/IP mreže, a koji prozivaju isti senzorski čvor. Pored toga, ovaj kod može posebno obeležavati podatke koji se nalaze u primljenom okviru tj. da li su to stvarni podaci ili neke komande.
3. Nakon izdvajanja i pamćenja potrebnih podataka formira se BSM okvir koji se sastoji od adrese čvora, dodatog koda i podataka i on se sada šalje prema čvorovima BSM-e. Ovako formirani okvir iznosi svega nekoliko bajtova, pa je samim tim drastično smanjeno vreme potrebno za slanje okvira.
4. Čvor koji prepozna svoju adresu preuzima podatke i izvršava zahtevane zadatke. Nakon toga on formira novi okvir u koji smešta adresu MPBSM-a, jedinstveni kod okvira i tražene podatke. Ovde nije potrebno da se šalje i adresa čvora jer je ona jednoznačno već definisana sa jedinstvenim kodom koji se šalje. To dodatno smanjuje veličinu okvira koji se šalje i svodi ga na najoptimalniju veličinu.

5. Osnovni zadatak MPBSM-a, kada stigne poslati okvir, je da na osnovu jedinstvenog koda okvira pronađe u bazi podataka standardno zaglavlje TCP/IP okvira i na osnovu toga formira sličan okvir sa okvirom koji je u prvom koraku primio. Jedina razlika je u promenjenim adresama prijemnika i predajnika, kao i u podacima.



Slika 2. Blok šema MPBSM

Predloženo rešenje je jako prilagodljivo različitim protokolima jer u suštini ono ne zavisi od njih. Tako na primer svejedno je da li se radi o Ipv4 ili Ipv6 protokolu jer je samo potrebno povećati memorijski prostor za pamćenje većeg zaglavlja. Dalji rad na ovom rešenju podrazumvaće razrešavanje problema dvostruke adresa tj. adresa mrežnog prolaza i adresa čvora, a samim tim i spuštanjem ovog rešenja na niži referentni TCP/IP nivo.

### 8. ANALIZA PERFORMANSI MPBSM

U cilju da bi procenili performanse predloženog rešenja mi smo pretpostavili sledeće: a.) svaki senzorski čvor u okviru klastera je vidljiv kao TCP/IP addressiblna jedinica b) protokoli iznad i ispod mrežnog sloja moraju da ostanu nepromenjeni, c) prenos podataka između dve komunikacione jedinice je *store-and-forward* tipa d) jedan ili više skokovita (*multihop*) topologija je dozvoljena; d) prenos podataka odvija se bez grešaka, odnosno bez retransmisija. Uspešan prenos podataka jedne poruke između dva senzorska čvora (slanje poruke i prijem odgovora) zavisi od najkraćih *end-to-end* kašnjenja. Ova vrsta komunikacije uključuje sledeća kašnjenja koja mogu da se pojave:

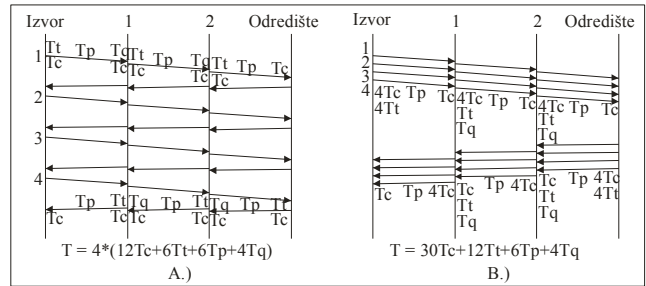
1.  $T_t$  (prenosno vreme) - vreme potrebno za prenos jedne poruke. Ono zavisi od propusnog opsega kanala, brzine prenosa, dužine poruke, kao i tehnike kodiranja.
2.  $T_p$  (propagaciono vreme) - vreme propagacije signala između dva senzorska čvora.
3.  $T_c$  (procesno vreme) - vreme potrebno za obradu jedne poruke.
4.  $T_k$  (vreme čekanja) - srednje vreme koje poruke čekaju u redu da bi bile poslate.

Ukupno vreme koje je potrebno da bi se ostvarila komunikacija a dato je u referenci [7] definisano je kao:

$$T_{ref} = 2mh(2T_c + T_t + T_p) + 2m(h-1)T_q \quad (1)$$

dok je u našem rešenju, koje predlažemo u ovom radu, dato sa:

$$T_{ps} = 2(m+1)hT_c + 2(m+h-1)T_t + 2hT_p + 2m(h-1)T_q \quad (2)$$



Slika 3. Vreme potrebno za slanje četiri poruke

Gde  $m$  predstavlja ukupan broj prenetih poruka,  $h$  odgovara broju skokova (koliko puta poruka putuje od senzorskog čvora do senzorskog čvora). Na slici 3A prikazan je princip slanja jedne poruke kroz četiri senzorska čvora. Slika 3B prikazuje slanje četiri poruke. Imajmo u vidu da ovde postoji preklapanje između slanja poruka.

U cilju procene performansi ovog predloga mi smo pretpostavili sledeće:

- brzina prenosa podataka je  $R = 720$  kbps,
- jedna poruka koja se šalje u BSM sastoji se od  $N = 46$  bajta,
- brzina prostiranja signala je  $v_p = 3 * 10^8$  m/s,
- rastojanje između SNS je uniforma, i unutar opsega  $d = (10-150)$  m,
- CPU klok je  $f = 12$  MHz i prosečan broj instrukcija da bi obradili jedan bajt je  $n = 10$  instrukcija sa  $t = 4$  takta po instrukciji.

Usvajajući gore navedene pretpostavke i zamenom ovih vrednosti u  $T_c$ ,  $T_t$  and  $T_p$  mi dobijamo:

$$T_t = N / R = 46 * 8 / 720 \text{ kbps} = 499.13 \mu\text{s} \quad (3)$$

$$T_p = d / v_p = 0,1 \mu\text{s} \text{ for } d = 30 \text{ m} \quad (4)$$

$$T_c = N * n * t / f = 46 * 10 * 4 / 12 = 153,33 \mu\text{s} \quad (5)$$

Za saobraćaj bez retransmisija  $T_q = 0$ .

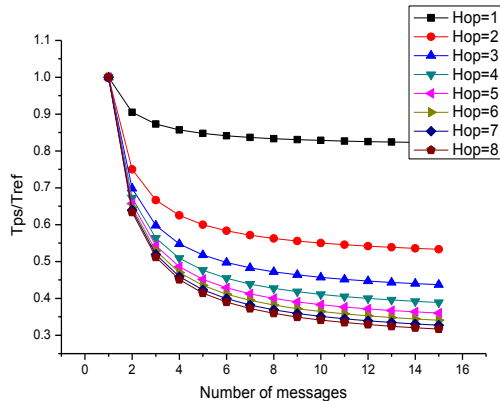
Imajući u vidu da je  $T_t \gg T_p$  i  $T_c \gg T_p$  mi možemo da ignorišemo  $T_p$  i  $T_q$  u odnosu na  $T_t$  i  $T_c$ , respektivno. Uvešćemo novi merni faktor  $\Phi(m, h)$ , i dati mu ime faktor smanjenja saobraćaja. Uvedeni faktor  $\Phi(m, h)$  se definiše kao odnos između ukupnog vremena potrebnog za obavljanje komunikacije u našem predlogu ( $T_{ps}$ ) i ukupnog vremena definisanog u Ref. [7] ( $T_{ref}$ ). Ova metrika ukazuje na procenat smanjenja potrebnog vremena za izvršavanje prenosa poruka  $T_{ps}$  (naš predlog) u odnosu na  $T_{ref}$  (predlog iz reference), i to u funkciji različitog broja poslanih poruka  $m$ , i različitog broja preskoka  $h$ , kao parametara.

$$\Phi(m, h) = \frac{T_{ps}}{T_{ref}} = \frac{mh + h + \frac{T_t}{T_c}(m + h - 1)}{2mh + \frac{T_t}{T_c}mh} \quad (6)$$

Zamenom vrednosti za  $T_t=499,13\mu s$  i  $T_c=153,33\mu s$  mi možemo da definišemo odnos  $T_t/T_c \approx 10/3$ . Na osnovu jednačine (6) i zamenom vrednosti dobijamo:

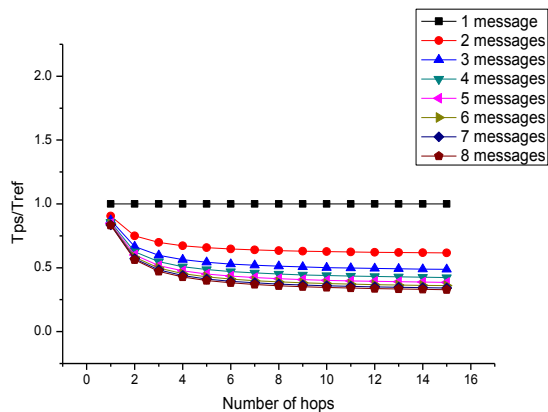
$$\Phi(m, h) = \frac{Tps}{Tref} = \frac{3mh + 13h + 10m - 10}{16mh} \quad (7)$$

Slika 5 prikazuje dijagram uvedenog faktora  $\Phi$  u zavisnosti od  $m$ , sa  $h$  kao parametrom. Kao što se može videti iz sl.5 povećanjem  $m$  i  $h$ , faktor  $\Phi(m, h)$  se smanjuje, što znači da naš predlog ima bolje performanse (od 17% za  $m=10$  i  $h=1$ , do 66% za  $m=10$  i  $h=8$ ).



Slika 4. Faktor  $\Phi(m, h)$  u funkciji od  $m$  sa parametrom  $h$

Slika 4. prikazuje dijagram uvedenog faktora  $\Phi$  u zavisnosti od  $m$ , sa  $h$  kao parametrom. Kao što se može videti iz sl.4 povećanjem broja poruka koje se šalju kao i sa povećanjem broja skokova, faktor  $\Phi(m, h)$  se smanjuje, što znači da naš predlog ima bolje performanse (od 17% za  $m=10$  i  $h=1$ , do 66% za  $m=10$  i  $h=8$ ).



Slika 5. Faktor  $\Phi(m, h)$  u funkciji  $h$  sa parametrom  $m$

Slika 5. prikazuje faktor  $\Phi(m, h)$  u funkciji od  $h$ , sa parametrom  $m$ . Analizirajući Sliku 6. možemo da zaključimo da se za veći broj poruka ( $m > 2$ ), faktor  $\Phi(m, h)$  smanjuje, što nam govori da naš predlog ima bolje performanse u odnosu na Ref. [7] (od 33% za  $m=2$  i  $h=4$ , i do 58% za  $m=8$  i  $h=4$ ).

## 9. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatrana je mogućnost povezivanja SČ-ova sa Internetom. Ova konekcija nam omogućava da dobijemo bilo koju informaciju koju sakuplja svaki SČ u BSM, sa bilo kog mesta i vremenski bilo kada. To potvrđuje da se u budućnosti može očekivati, da svaki SČ postane standardni klijent/server čvor, a samim tim svi principi klijent/server komunikacije biće uspostavljene i primenjivaće se u BSM. Imajući u vidu da komunikacija ima dominantan uticaj na potrošnju energije, u tom cilju mi smo predložili smanjenje dužine zaglavlja. Prema dobijenim rezultatima, možemo zaključiti da je energetska efikasnost postignuta smanjivanjem TCP/IP zaglavlja produžava vek trajanja senzorskih čvorova za 60 odsto, u odnosu na standardno TCP/IP zaglavlje koje se koristi na Internetu.

## LITERATURA

- [1] Ian F.Akyildiz, Mehmet Can Vuran, Wireless Sensor Networks, ISBN 978-0-470-03601-3, WILEY, 2010
- [2] M.Kosanović, "Primena standardnih transportnih protokola u bežičnim senzorskim mrežama", YU INFO 2009, Kopaonik 8-11.03.2009
- [3] Adam Dunkels, "Towards TCP/IP for Wireless Sensor Networks", Malardalen University Licentiate Thesis No. 45, Swedish Institute of Computer Science, March 2005.
- [4] M.Kosanović, M.Stojčev, "Implementation of TCP/IP Protocols in Wireless Sensor Networks", ICEST 2007, Ohrid, Macedonia, June 2007
- [5] K.Akkaya, M.Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks", [www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/ee8863/supplements/routing1.pdf](http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/ee8863/supplements/routing1.pdf), pos. 20.11.2014
- [6] C.Intanagonwivat, R.Govindan, D.Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", Proc.ACM MobiCom'00, Boston, MA, 2000, pp. 56-67
- [7] S.Lei, W.Xiaoling, Xu Hui, Z.Jie, J.Cho, S.Lee, "Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks", SEUS-WCCIA'06, 2006
- [8] M.Zhang, S.Pack, K.Cho, D.Chang, Y.Choi, T.Kwon, "An Extensible Interworking Architecture (EIA) for Wireless Sensor Networks and Internet", [www.mmlab.snu.ac.kr/publications/docs/EIA\\_APNOM2006.pdf](http://www.mmlab.snu.ac.kr/publications/docs/EIA_APNOM2006.pdf), pos. 12.12.2014
- [9] K.Mayer, W.Fritsche, "IP-enabled Wireless Sensor Networks and their integration into the Internet?", [http://portal.acm.org/ft\\_gateway.cfm?id=11426878&type=a5-mayer.pdf](http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=11426878&type=a5-mayer.pdf), pos. 10.11.2014
- [10] Z.Z.Marco, K.Bhaskar, "Integrating Future Large-scale Wireless Sensor Networks with Internet", USC Computer Science Technical Report CS 03-792, 2003

# PRIMENA TRANSPARENTNOG PROKSI SERVISIA U SLOŽENOJ L3 ARHITEKTURI MREŽE

## USAGE OF TRANSPARENT PROXY SERVICES IN COMPLEX L3 ARCHITECTURE OF NETWORKS

Zoran Vojnović, Ivan Nejgebauer, Milan Kerac  
*O.J. ARMUNS, Univerzitet u Novom Sadu*

**Sadržaj** – U radu je opisano rešenje transparentnog proksiranja u složenoj L3 arhitekturi mreže korišćenjem WCCP-a sa posebnim osvrtom na transparentno proksiranje HTTPS saobraćaja.

**Abstract** – This paper describes a transparent proxying solution in a complex L3 computer network architecture using WCCP with specific emphasis on transparent HTTPS proxying.

### 1. UVOD

Porast broja i vrsta servisa globalne mreže, interneta, kao i porast broja korisnika interneta imali su za posledicu nastajanje potrebe za proksi servisima. Pod proksi servisom podrazumeva se korišćenje posrednika (proksi servera) prilikom komunikacije između klijenta i servera na nivoima iznad transportnog nivoa OSI referentnog modela[1]. Nivoje iznad transportnog nivoa OSI referentnog modela, u daljem radu, nazivaćemo aplikativni nivoi OSI referentnog modela. Upotreba proksi servisa omogućava efikasno upravljanje tokovima saobraćaja koje nazivamo proksiranje.

Postoje različiti tipovi proksi servisa među kojima je najpoznatiji *Web* proksi servis koji se koristi za proksiranje HTTP i HTTPS saobraćaja. Današnje implementacije *Web* proksi servera poseduju, pored osnovne funkcije proksiranja HTTP i HTTPS saobraćaja, dodatne funkcije kao što je proksiranje FTP saobraćaja, keširanje sadržaja radi bržeg pristupa, filtriranja saobraćaja kao i primene različitih sigurnosnih polisa.

Osnovni problem prilikom proksiranja je to što klijentska strana u komunikaciji mora imati implementiranu podršku za upotrebu proksi servisa, odnosno mora postojati podrška u klijentskoj aplikaciji i/ili u operativnom sistemu računara na kome se izvršava klijentska aplikacija. Osnovni problem uključuje i činjenica da implementirana podrška za upotrebu proksi servisa često zahteva i određene konfiguracione akcije od strane korisnika klijentske strane. Zbog sve većeg broja korisnika koji koriste sve veći broj računara sa različitim operativnim sistemima i sve veći broj aplikacija koje zahtevaju komunikaciju, najčešće ka internetu, osnovni problem proksiranja je sve izraženiji.

Transparentni proksi servis rešava problem klijentske strane u komunikaciji za slučaj korišćenja proksi servisa, ali uvodi nove tehničke probleme koje treba rešiti. Ovaj način proksiranja zasniiva se na presretanju saobraćaja između dva računara i nasilnom umetanju u komunikaciju

bez znanja klijenta. Najizraženiji problem transparentnog proksi servisa je zahtev da se transparentni proksi server nalazi na putanji prenosnog nivoa OSI referentnog modela između dva računara. Dodatni problem je presretanje HTTPS saobraćaja zbog narušavanja osnovnih principa bezbednosti podataka prilikom prenosa, a koji su definisani uređenom četvorkom bezbednosti (autentifikacija, integritet, poverljivost, neporecivost). Presretanje HTTP saobraćaja u osnovi ne predstavlja problem zbog toga što HTTP po svojim karakteristikama ne pruža sigurnost i poverljivost podataka prilikom transporta.

### 2. WCCP

*Web Cache Communication Protocol* (WCCP) je tehnologija za rutiranje po sadržaju aplikativnih nivoa OSI referentnog modela, razvijena od strane kompanije Cisco. Protokol omogućava ruterima da, na osnovu tipa saobraćaja na aplikativnom nivou OSI referentnog modela, preusmere paket.

Verzija Cisco *Internetwork Operating System*-a (IOS-a) 12.1 omogućava korišćenje WCCP protokola verzije 1 [2] ili verzije 2 [3]. Ograničenja WCCP verzije 1 su:

- Omogućava preusmeravanje samo HTTP saobraćaja;
- Samo jedan ruter može biti vezana WCCP protokolom na klaster transparentnih proksi servera.

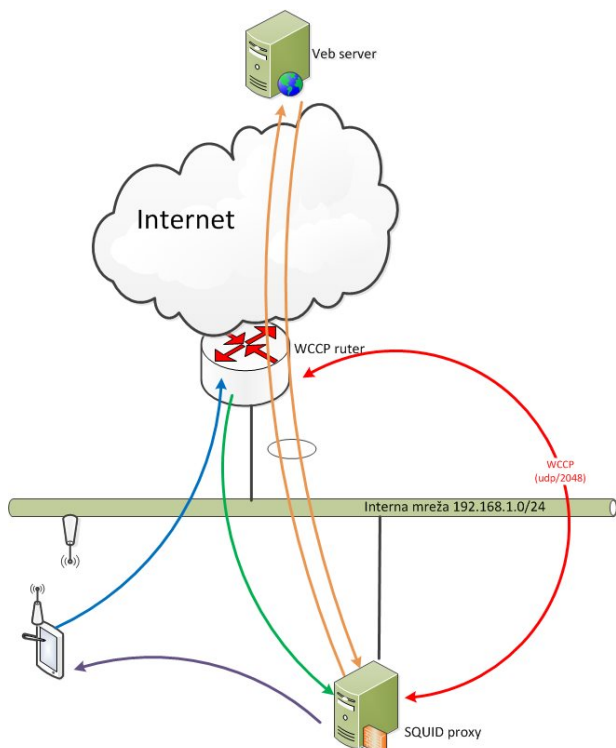
WCCP verzija 2 omogućava:

- Omogućava preusmeravanje 255 različitih servisnih grupa koje definišu saobraćaj po bilo kom TCP ili UDP portu;
- Više rutera (do 32) može preusmeravati saobraćaj na isti klaster transparentnih proksi servera (maksimalno 32 servera u klasteru);
- Raspodelu opterećenja transparentnih proksi servera u klasteru;
- Preusmeravanje se može vršiti preko multikast adresa;
- Autentifikaciju korišćenjem MD5 deljenih ključeva.

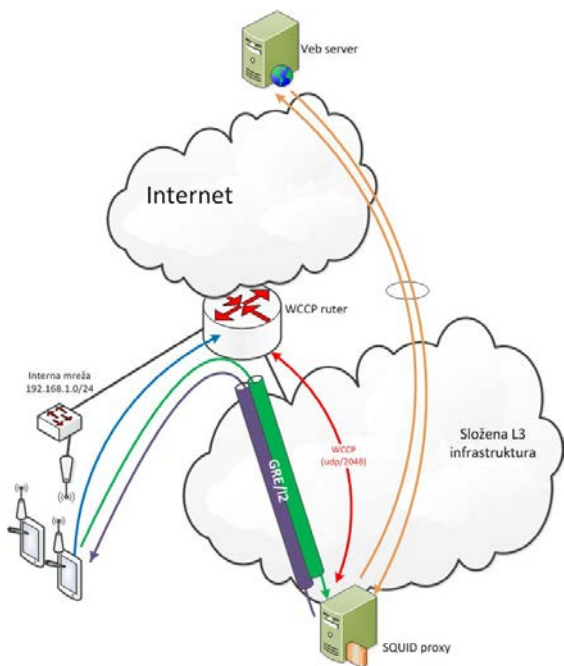
Preusmeravanje saobraćaja može se obaviti na dva načina:



- **Preusmeravanje na 2. nivou OSI referentnog modela:** saobraćaj se preusmerava prepisivanjem određene MAC adrese u frejma (slika 1);
- **Preusmeravanje na 3. nivou OSI referentnog modela:** saobraćaj se preusmerava kroz GRE tunel koji se formira između rutera i transparentnog proksi servera (slika 2).



Slika 1. – Preusmeravanje na 2. nivou OSI referentnog modela



Slika 2. – Preusmeravanje na 3. nivou OSI referentnog modela

Korišćenje preusmeravanja saobraćaja na 2. Nivou OSI referentnog modela zahteva da klijenti i transparentni proksi server budu u istom broadcast domenu. Ovaj način preusmeravanja unosi manje kašnjenje u komunikaciju i ne dovodi do fragmentacije IP paketa. U složenoj L3 arhitekturi mreže WCCP sa korišćenjem preusmeravanja saobraćaja na 3. nivou OSI referentnog modela je rešenje osnovnog problema transparentnog proksi servisa pošto omogućava pozicioniranje transparentnog proksi servera u skladu sa arhitekturom mreže. Kod preusmeravanja na 3. Nivou OSI referentnog modela povratni saobraćaj (u smeru od proksi servera prema klijentu) moguće je realizovati na dva načina:

- Saobraćaj ide izvan GRE tunela;
- Saobraćaj ide kroz GRE tunel.

U slučaju složene L3 arhitekture mreže, saobraćaj u smeru od proksi servera prema klijentu ide kroz GRE tunel kako bi tokovi saobraćaja bili što jednostavniji.

### 3. TRANSPARENTNO PROKSIRANJE HTTPS SAOBRAĆAJA

Prilikom eksplicitnog proksiranja HTTPS protokola, HTTP agent se obraća proksi serveru i pomoću metode CONNECT traži uspostavljanje veze sa ciljnim serverom. Ako se veza uspešno uspostavi, proksi server u daljem toku razmene podataka samo igra ulogu posrednika, bez pokušaja da tumači sadržaj ili da ga kešira; pretpostavlja se da će komunikacija biti šifrovana i stoga nepodložna analizi.

Postojeće implementacije transparentnog HTTPS proksiranja ne pokušavaju da oponašaju ovakav tretman, već se uključuju u proces razmene podataka do te mere da potpuno poništavaju očekivanja privatnosti vezana za HTTPS protokol. Koraci u uspostavljanju veze su sledeći:

1. Na osnovu presretnutog početnog paketa, proksi server uspostavlja vezu sa određivim serverom i započinje kriptografsku konverzaciju. Jedan od elemenata koji se tom prilikom preuzima sa servera je serverski sertifikat.
2. Koristeći puno ime određivog servera iz preuzetog sertifikata, proksi server generiše lažni sertifikat sa tim imenom, pomoću koga se predstavlja HTTP agentu u posebno započetoj kriptografskoj konverzaciji.
3. Ukoliko je uspostavljanje kriptovane veze u oba smera uspešno, proksi server nastavlja da razmenjuje podatke između agenta i određivog servera.

Ovakav način rada je i etički i tehnički problematičan ukoliko se očekuje da klijenti nisu tesno ugovorno vezani za provajdera proksi servisa. Zbog toga je za potrebe rešenja opisanog u ovom radu razvijena posebna implementacija proksi servisa za HTTPS protokol koja funkcioniše na sledeći način:

1. Na osnovu presretnutog početnog paketa, transparentni HTTPS proksi server otvara vezu

ka standardnom HTTP/HTTPS proksi serveru i šalje CONNECT zahtev za uspostavljanje veze ka odredišnom serveru.

2. Ako je odgovor na CONNECT zahtev potvrđan, transparentni HTTPS proksi nastavlja da razmenjuje podatke između agenta i odredišnog servera.

Na ovaj način, očekivanje privatnosti nije narušeno, logovanje detalja o zahtevanim vezama je omogućeno, kao i iskorišćavanje ili uspostavljanje proizvoljne hijerarhije proksi servisa.

#### 4. IMPLEMENTACIJA

Imajući u vidu navedene probleme, implementacija rešenja je podeljena u dve faze:

1. Transparentno proksiranje HTTP saobraćaja;
2. Transparentno proksiranje HTTPS saobraćaja.

Podešavanje rutera [4] zahteva definisanje servisne grupe koja opisuje saobraćaj koji treba preusmeriti ka proksi serveru. Za često korišćene protokole aplikativnog nivoa (HTTP, HTTPS, FTP ...) postoje predefinisane grupe. Ostala podešavanja se vezuju za svaku servisnu grupu ponaosob. Za implementaciju proksi servera iskoristili smo Squid, *open source Web caching proxy* [5].

Za HTTP saobraćaj potrebno je izvršiti podešavanja za servisnu grupu 0 (*web-cache*):

1. Veza između liste klijenata čiji saobraćaj će biti preusmeren (*access* lista WCCP-ALLOW) i liste proksi servera prema kojima će saobraćaj biti preusmeren (*access* lista WCCP-SERVERS) definisana je komandom u globalnom konfiguracionom modu CLI rutera: *ip wccp web-cache redirect-list WCCP-ALLOW group-list WCCP-SERVERS*.
2. Na interfejsu rutera na kojem će biti posmatran saobraćaj koji treba preusmeriti potrebno je definisati smer saobraćaja koji se posmatra i servisnu grupu koja definiše saobraćaj koji će biti preusmeren.
3. Definisanje GRE tunela neophodno je samo sa strane proksi servera pošto je u Cisco IOS-u WCCP implementiran tako da automatski otvara GRE tunel. Konfiguracija GRE tunela na Linux operativnom sistemu data je na slici 3.
4. Instanca proksi servera koja je zadužena za HTTP saobraćaj mora se konfigurirati kao transparentni proksi sa uključenim opcijama za WCCP. WCCP opcije u *Squid* konfiguracionom fajlu prikazane su na slici 4.

HTTPS saobraćaj predefinisana je servisnom grupom 70 koja se sa strane rutera podešava identično kao i servisna grupa 0. Implementacija proksiranja je realizovana na način opisan u prethodnom poglavlju sa tim da je transparentni HTTPS proksi server realizovan kao *Python* skript dok je standardni

HTTPS proksi realizovan u okviru iste instance *Squid*-a kao i transparentni proksi za HTTP saobraćaj.

```
DEVICE="tun0"
BOOTPROTO="static"
ONBOOT="yes"
TYPE="GRE"
MY_INNER_IPADDR=172.16.1.1
PEER_OUTER_IPADDR=x.x.x.x
PEER_INNER_IPADDR=x.x.x.x
NETMASK="255.255.255.0"
```

Slika 3. – Konfiguracija GRE tunela na Linux operativnom sistemu

```
wccp2_router x.x.x.x
wccp2_forwarding_method 1
wccp2_return_method 1
wccp2_assignment_method hash
wccp2_service standard 0
```

Slika 4. – WCCP opcije u *Squid* konfiguracionom fajlu

U slučajevima složenijih L3 arhitektura mreže potrebno je definisati polaznu adresu GRE tunela sa strane rutera.

#### 5. ZAKLJUČAK

Rešenje opisano u ovom radu omogućava transparentno proksiranje saobraćaja različitih grupa klijenata korišćenjem centralizovanih proksi servera u složenoj L3 arhitekturi. Fleksibilnost i skalabilnost ovog rešenja dozvoljava njegovu primenu u različitim arhitekturama mreža. Realizacija proksiranja HTTPS saobraćaja prikazana u ovom rešenju ne narušava bezbednost i privatnost garantovanu HTTPS-om.

Usavršavanje rešenja je moguće u pravcu proširenja grupe servisa, odnosno protokola aplikativnog nivoa koje je potrebno proksirati. Radi boljih performansi transparentni proksi servera za HTTPS saobraćaj trebalo bi realizovati kao opciju u okviru implementacije proksi servera.

#### 6. LITERATURA

[1]	Network Caching Technologies, <a href="http://docwiki.cisco.com/wiki/Network_Caching_Technologies#WCCP_Network_Caching">http://docwiki.cisco.com/wiki/Network_Caching_Technologies#WCCP_Network_Caching</a>
[2]	Cieslak, M. and D. Forster, "Cisco Web Cache Coordination Protocol V1.0", Work in Progress.
[3]	Cieslak, M., Forster, D., Tiwana, G. and R. Wilson, "Cisco Web Cache Coordination Protocol V2.0", Work in Progress.
[4]	Configuring Web Cache Services Using WCCP, <a href="http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/co_nfigfun/configuration/guide/ffun_c/fcf018.html">http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/co_nfigfun/configuration/guide/ffun_c/fcf018.html</a>
[5]	Squid caching proxy, <a href="http://www.squid-cache.org/">http://www.squid-cache.org/</a>

# KOMPRESIJA ECG SIGNALA PRIMENOM ITERATIVNOG POSTUPKA I ADAPTACIJE KVANTIZERA NA OSNOVU SREDNJE VREDNOSTI I VARIJANSE

## COMPRESSION OF ECG SIGNALS BY USING ITERATIVE PROCEDURE AND ADAPTATION OF QUANTIZER BASED ON THE MEAN VALUE AND VARIANCE

Aleksandar Jocić, Zoran Perić, Dragan Denić, Goran Miljković, Dragan Radenković, Vladeta Milenković  
*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet*

**Sadržaj** – U ovom radu je poboljšan iterativni postupak adaptacije opsega uniformnog kvantizera primenjenog u okviru DPCM (Differential Pulse Code Modulation) sistema. Sistem je prilagođen i primenjen za kompresiju ECG signala. Adaptacija opsega uniformnog kvantizera se vrši na osnovu procenjene srednje vrednosti i varijanse signala razlike za odgovarajuću iteraciju - u okviru frejma (dugoročna adaptacija). Takođe, za svaki podfrejm se vrši prekidačka kvantizacija (kratkoročna adaptacija). Primenjen je jednostavan linearni prediktor prvog reda.

**Abstract** – In this paper procedure for uniform quantizer range adaptation applied within DPCM (Differential Pulse Code Modulation) system for ECG signal compression is improved. The system is adapted and applied for ECG signal compression. The adaptation of the uniform quantizer range is performed based on the estimated mean value and variance of signal difference for the appropriate iteration - within the frame (long-term adaptation). Also, the switching quantization is performed for each subframe (short-term adaptation). The simplest first order linear predictor is applied

### 1. UVOD

Tokom procesa A/D konverzije mernih signala, tačnost i brzina su oprečni zahtevi. Kod pojedinih signala, kakvi su biomedicinski, bitne informacije su sadržane u pojedinim segmentima i te segmente u procesu A/D konverzije treba tretirati tako da se postigne veća tačnost pri njihovoj reprodukciji. Segmente signala koji nose manje bitne, ili nebitne informacije treba tretirati tako da se postigne veći stepen kompresije signala [1],[2].

U oblasti telemedicine (telemedicine, health monitoring) adaptivni metodi za kompresiju signala imaju veliki značaj. Ovakvi metodi se implementiraju i u sistemima za daljinsko praćenje vitalnih parametara funkcionisanja čovečjeg organizma. Neretko se ovi parametri posmatraju u relativno dužem vremenskom periodu, pa može doći do promene očekivanih statističkih vrednosti dobijenih signala kao što su maksimalna vrednost, srednja vrednost, varijansa... Kako bi sistem za merenje i prenos tih veličina bio što efikasniji i tačniji potrebno je da bude adaptivan tim promenama. Obzirom da količina podataka pri takvim merenjima može biti velika, resursi memorije za čuvanje, a naročito prenosnih puteva ograničeni, mobilni uređaji u telemedicinskom sistemu troše dosta energije za slanje tih

podataka, jasna je potreba za kompresijom tj. smanjenjem količine podataka za prenos informacije [3]-[5].

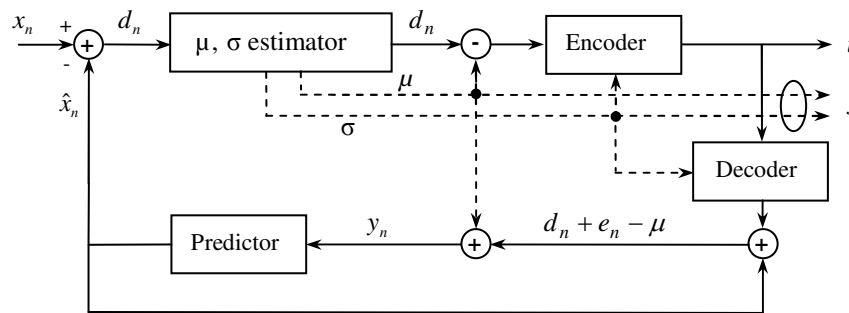
Najvažnije karakteristike metoda za kompresiju signala su mera kompresije, greška rekonstruisanog signala u odnosu na originalni i kompleksnost same metode [1]-[7]. Osnovni cilj kome se teži pri kompresiji ECG signala je ostvariti porast stepena kompresije uz očuvanje kvaliteta rekonstruisanog signala. Cena koja se pri tome najčešće plaća je povećanje kompleksnosti metode tj. sistema.

U literaturi su predloženi metodi za kompresiju ECG signala bazirani na diferencijalnoj impulsnoj kodovanoj modulaciji [4], [6]. U cilju povećanja stepena kompresije, uz održavanje kvaliteta kompresovanog signala, ali i smanjenja kompleksnosti sistema, u ovom radu je predložen model sistema za kompresiju baziran na primeni DPCM tehnike niske složenosti. Dakle, predloženi DPCM sistem se sastoji od linearnog prediktora prvog reda i uniformnog kvantizera male bitske brzine.

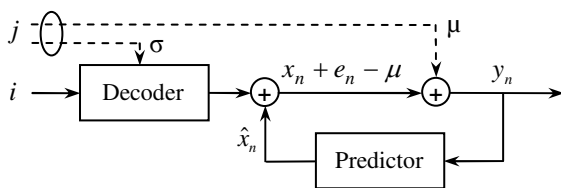
U cilju optimizacije predloženog DPCM sistema, tj. uniformnog kvantizera signala razlike, a na osnovu činjenice da su kod ECG signala vrednosti amplitude u periodu depolarizacije ćelija srca (QRS kompleks) [7], pa i u periodu repolarizacije ćelija (T segment), višestruko veće nego u ostalom periodu [2], vrši se prilagođenje kvantizera ovim kratkim segmentima signala, tj. uvodi se tzv. „kratkoročna adaptacija“ [1]. Za segmente velike amplitudske dinamike, predlaže se korišćenje uniformnog kvantizera sa većim brojem amplitudskih nivoa od kvantizera koji je namenjen za obradu sporo promenljivih segmenata male amplitudske dinamike. Bliže rečeno, koristi se prekidačka kvantizacija [1].

Kako kompresiju ECG signala treba izvršiti tako da je informacija i posle kompresije pouzdana, pored kratkoročne adaptacije kvantizera vrši se i njegova "dugoročna adaptacija" [1]. Opsezi korišćenih kvantizera dodatno se adaptiraju za svaku sledeću iteraciju na osnovu vrednosti odmeraka signala razlike u tekućoj iteraciji. 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.

### 2. DPCM TEHNIKA I ADAPTACIJA KVANTIZERA NA OSNOVU SREDNJE VREDNOSTI I VARIJANSE SIGNALA RAZLIKE



Slika 1. Predajnik DPCM sistema



Slika 2. Prijemnik DPCM sistema

Tehnikom diferencijalno impulsno kodovane modulacije (DPCM) [1], [4], [6] u osnovi, se koduje signal razlike odmerene trenutne vrednosti analognog signala  $x_n$  i njene procenjene vrednosti  $\hat{x}_n$  (Sl. 1. i Sl. 2.). Procena ili predikcija tekuće vrednosti ulaznog signala  $\hat{x}_n$  ostvaruje se prediktorom u kolu povratne sprege na osnovu poznavanja rekonstruisanih vrednosti prethodnih odmeraka signala  $y_n$  i međukorelacije između susednih odmeraka. U ovom radu koristi se fiksni prediktor prvog reda tj.  $\hat{x}_n = \rho y_{n-1}$ , gde je  $\rho$  koeficijent prediktora.

Tehnikama adaptacije na različite načine transformišemo ulaznu veličinu kvantizera, i/ili parametre kvantizera sa ciljem da se izvrši optimalno opterećenje istog i smanji šum kvantizacije, tj. poveća odnos signal šum kvantizacije SQNR [1]. U ovom radu adaptacija signala razlike se vrši na osnovu procenjene srednje vrednosti  $\mu$  i varijanse signala razlike  $\sigma$ . Procena ovih veličina se vrši na osnovu proračunatih vrednosti istih u prethodnoj iteraciji za svaki podfrejm pojedinačno. Tako se na ulaz kvantizera dovodi pomenuti signal razlike  $d_n$  umanjeno za procenjenju srednju vrednost ( $d_n = x_n - \hat{x}_n - \mu$ ), a opseg uniformnog kvantizera  $x_m$  adaptira na osnovu procenjene vrednosti varijanse ( $x_m = \sqrt{3} \sigma$ ). Ovakva adaptacija opsega kvantizera se vrši uz na osnovu pretpostavke da je raspodela odmeraka signala razlike u okviru jednog podfrejma uniformna. Dekoder u povratnoj petlji predajnika (Slika 1.) kao i u prijemniku (Slika 2.) mora imati informaciju o vrednosti varijansi pojedinih podfrejmova, tj. o vrednostima adaptiranih opsega uniformnog kvantizera, a takođe u povratnoj petlji predajnika i u prijemniku mora postojati informacija o srednjoj vrednosti signala razlike u okviru podfrejmova. Podaci o ove dve veličine čine sporednu informaciju  $j$  koja se mora preneti kroz komunikacioni kanal i ona, pored glavne informacije o vrednosti odmeraka signala razlike  $i$ , doprinosi ukupnoj bitskoj brzini celog sistema  $R$ . Posebnu pažnju pri projektovanju sistema treba obratiti na minimizaciju sporedne informacije.

Kako se kvantovanjem signala razlike  $d_n$  unosi greška koju označavamo sa  $e_n$ , očigledno je da se ona dalje odražava na rekonstruisani odmerak  $y_n$  ( $y_n = x_n - \hat{x}_n - \mu + e_n + \hat{x}_n + \mu = x_n + e_n$ ) 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. ITERATIVNI POSTUPAK ADAPTACIJE UNIFORMNOG KVANTIZERA U OKVIRU DPCM SISTEMA

Uniformni kvantizer signala razlike sa prediktorom prvog reda čini DPCM sistem (Slika 1. i 2.) koji se iterativnim postupkom optimizuje u cilju efikasne kompresije ECG signala.

Kako se kod ECG signala smenjuju sporopromenjivi segmenti malih amplituda i brzopromenjivi segmenti velikih amplituda, u ovom sistemu za kompresiju ECG signala implementirani su kvantizeri namenjeni upravo obradi segmenata signala razlike 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. Ovakva podela signala upravo omogućava adekvatnu obradu pomenutih segmenata odgovarajućim kvantizerom. Kratkoročnom adaptacijom se podfrejmovi tekućeg frejma klasifikuju u dve grupe znatno različite amplitudske dinamike. Klasifikacija podfrejma se izvodi na osnovu izračunatog  $PRD_n$ -a:

$$PRD_n[\%] = 100 \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^M (x_n - y_n)^2}{\sum_{n=1}^M (x_n - \mu)^2}}, \quad (1)$$

gde je  $\mu$  srednja vrednost ulaznih odmeraka signala u okviru podfrejma. Za svaki podfrejm paralelno se određuje  $PRD_n$  primenom svih raspoloživih kvantizera. Izbor jednog od kvantizera, a time i grupe kojoj pripada podfrejm, vrši se na osnovu manje vrednosti  $PRD_n$ -a. U cilju što efikasnije kompresije ECG signala, za kvantovanje segmenata signala razlike male amplitudske dinamike, koji pripadaju prvoj grupi podfrejmova, koristi se kvantizer sa manjim opsegom i dva amplitudska nivoa (1bit/sample), dok za kvantovanje segmenata signala velike amplitudske dinamike, koji pripadaju drugoj grupi podfrejmova, se koristi kvantizer sa većim opsegom i osam amplitudska nivoa (3bit/sample). Cilj je da se na ovaj način postigne veći stepen kompresije u segmentima male dinamike a da se pri tom očuva visok kvalitet reprodukovano ECG signala koji je od većeg značaja za segmente velike dinamike.

Pored kratkoročne adaptacije uvedena je i dugoročna adaptacije kojom se za svaki frejm na osnovu statističkih karakteristika odgovarajuće grupe podfrejmova iterativno određuju adaptirani opsezi kvantizera. Kako vrednosti odmeraka signala razlike zavise od procenjene vrednosti odmerka ulaznog signala  $\hat{x}_n$  tj. od načinjene greške pri kvantizaciji  $e_n$ , koja opet zavisi od veličine kvanta, odnosno opsega uniformnog kvantizera, nameće se ideja da se adaptacija opsega kvantizera treba obaviti kroz više iteracija. Ovakvim pristupom uvodi se kašnjenje signala do krajnjeg odredišta u trajanju jednog frejma. Obzirom na namenu ovakvih telemedicinskih sistema kašnjenja reda veličine jednog frejma nisu od značaja. Pritom omogućeno je korišćenje sve moćnijih računarskih (mikrokontrolerskih, DSP...) resursa za obradu signala koji se ugrađuju u ovakvim sistemima a koji su sve više dostupniji i jeftiniji.

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 vrednosti optimalnih opsega kvantizera signala razlike korišćenih u okviru frejma, kao i podatak o tome koji kvantizer signala razlike se koristi za kvantovanje tekućeg podfrejma. Uz predpostavku da se vrednosti opsega kvantizera predstavljaju sa po 8 bita pri prenosu od predajnog do prijemnog dela sistema, može se odrediti i bitska brzina predloženog kompresionog sistema:

$$R = \frac{n_1 + 3n_2}{n_1 + n_2} + \frac{8n_o}{I} + \frac{n_q}{M} + \frac{n_\mu}{M}, \quad (2)$$

pri čemu je  $n_1$  broj podfrejmova kod kojih se odmerci signala razlike koduju jednim bitom,  $n_2$  broj podfrejmova kod kojih se odmerci signala razlike koduju sa 3 bita,  $n_o$  je broj vrednosti opsega kvantizera koje treba preneti do prijemnog dela sistema kao sporednu informaciju u okviru svakog frejma,  $n_q$  broj bita koji nose informaciju o tome koji od mogućih  $n_o$  kvantizera se koriste za svaki podfrejm pojedinačno, a  $n_\mu$  broj bita koji nose informaciju

o srednjoj vrednosti  $\mu$ . U našem slučaju  $n_o = 8$ ,  $n_q = 3$ , a  $n_\mu = 1$ .

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  $R_o$  i rekonstruisanog signala  $R$  [1], [8]:

$$CR = \frac{R_o}{R}. \quad (3)$$

Dugoročna adaptacija opsega DPCM kvantizera signala razlike vrši se na osnovu srednjih vrednosti i varijansi signala razlike određenih u podfrejmovima istog frejma. Izabrane inicijalne vrednosti opsega raspoloživih kvantizera proglašavaju se optimalnim ( $x_{m11}^{opt}$ ,  $x_{m12}^{opt}$ ,  $x_{m13}^{opt}$ ,  $x_{m14}^{opt}$  za prvu grupu podfrejmova i  $x_{m21}^{opt}$ ,  $x_{m22}^{opt}$ ,  $x_{m23}^{opt}$ ,  $x_{m24}^{opt}$  za drugu grupu podfrejmova) a zatim se adaptiraju iterativnim postupkom. Sagledavanje dobitka u pogledu kvaliteta i kompresije ostvarenih u tekućoj iteraciji ( $SQNR_n$ ,  $R$ ) u odnosu na prethodno proglašene optimalnim ( $SQNR_n^{opt}$ ,  $R_n^{opt}$ ) ispituje se na osnovu sledećeg uslova [1]:

$$\frac{SQNR_n - SQNR_n^{opt}}{R - R^{opt}} > 6. \quad (4)$$

Ukoliko je uslov (4) ispunjen novi par vrednosti se proglašava optimalnim. Iterativni postupak adaptacije opsega DPCM kvantizera, detaljno je opisan u [4].

#### 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Testiranje predloženog metoda, odnosno poređenje sa nedavno predloženim metodom je izvedeno nakon obrade realnog snimljenog ECG signala koji je korišćen i pri testiranju metoda predloženih u [4]. Za veličinu frejma odabrano je  $I=2500$  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 je obradom raspoloživog ECG signala ustanovljeno 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 sprovedena je analiza odnosa kvalitet-kompresija koji se postiže predloženim pristupom.

U Tabeli 1 prikazane su vrednosti parametara od značaja za svaku iteraciju predloženog pristupa. Kako bi se uočio pravi doprinos iterativnog postupka, za inicijalne vrednosti opsega kvantizera (nulta iteracija) su namerno odabrane neoptimalne vrednosti  $x_{mij}$  ( $i=1,2$   $j=1,2,3,4$ ) = {0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08}.

Maksimalan odnos kvalitet kompresije i bitske brzine (4) se postiže u 12. iteraciji (Tabela 1) kada su postignute vrednosti  $SQNR_n^{opt} = 23.34\text{dB}$  i  $PRD_n^{opt} = 6.81\%$ , za vrednosti opsega kvantizera dobijenih u prethodnoj iteraciji  $x_{mij}^{opt}$  ( $i=1,2$   $j=1,2,3,4$ ) = {0.02, 0.03, 0.09, 0.19, 0.47, 0.64, 0.90, 1.31}. Postupak se prekida u 13. iteraciji kada su dobijene iste vrednosti  $x_{mij}$ ,  $i=1,2$   $j=1,2,3,4$ , kao i u 10. iteraciji. Na ovaj način je određen optimalan par vrednosti ( $SQNR_n^{opt}$ ,  $R^{opt}$ ), odnosno ( $PRD_n^{opt}$ ,  $CR^{opt}$ ) koji određuju odnos kvalitet - brzina.

Tabela 1.

Iteracija	$x_{m11}$	$x_{m12}$	$x_{m13}$	$x_{m14}$	$x_{m21}$	$x_{m22}$	$x_{m23}$	$x_{m24}$	R	CR	PRD <sub>n</sub>	SQNR <sub>n</sub>
1.	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	1.78	6.74	76.01	2.38
2.	0.02	0.07	0.21	0.55	0.33	0.66	1.28	2.49	1.51	7.95	7.42	22.60
3.	0.02	0.03	0.10	0.24	0.43	0.59	0.81	1.11	1.49	8.05	9.72	20.24
4.	0.02	0.03	0.09	0.19	0.47	0.66	0.94	1.25	1.51	7.95	6.97	23.13
5.	0.02	0.03	0.09	0.23	0.45	0.62	0.85	1.16	1.50	8.01	7.82	22.14
6.	0.02	0.03	0.09	0.19	0.45	0.64	0.88	1.25	1.51	7.95	7.04	23.04
7.	0.02	0.03	0.10	0.23	0.43	0.61	0.85	1.18	1.49	8.05	8.01	21.93
8.	0.02	0.03	0.09	0.21	0.45	0.64	0.90	1.25	1.51	7.95	7.01	23.09
9.	0.02	0.03	0.09	0.21	0.43	0.61	0.85	1.18	1.50	8.01	7.84	22.12
10.	0.02	0.03	0.10	0.23	0.43	0.62	0.87	1.21	1.50	8.01	7.41	22.46
11.	0.01	0.03	0.09	0.19	0.45	0.64	0.88	1.25	1.51	7.95	7.16	22.91
12.	0.02	0.03	0.09	0.19	0.47	0.64	0.90	1.33	1.51	7.95	6.81	23.34
13.	0.02	0.03	0.10	0.23	0.43	0.62	0.87	1.21	1.50	8.01	7.53	22.46

U cilju ocene ove metode u Tabeli 2 je izvršeno poređenje rezultata sa metodom predloženom u [4].

razvoja Republike Srbije u okviru projekta pod identifikacionim brojem, III42009, kao i TR32035.

Tabela 2

	Predloženi metod	Referenca [4]
$R^{opt}$	1.51	1.45
$CR^{opt}$	7.95	8.25
$PRD^{opt}$	6.81	7,21
$SQNR^{opt}$	23.34	22.84

Očigledan je dobitak u kvalitetu kompresovanog signala koji se ogleda u poboljšanju SQNR-a za 0,5dB, odnosno PRD-a za 0,4%. Pritom je dobijen zanemarljivo lošiji rezultat bitske brzine tj. odnosa kompresije.

Bitska brzina je relativno konstantna tokom iterativnog postupka. Male varijacije se javljaju zbog preraspodele podfrejmova u okviru prve odnosno druge grupe jer je potreban broj bita za kodovanje odmeraka različit za jednu u odnosu na drugu grupu. Može se uočiti da u iteracijama gde je neznatno povećana bitska brzina veći i odnos signal šum kvantizacije - više podfrejmova je preraspodeljeno u grupu u kojoj se odmerci koduju sa 3 bita po odmerku.

## 5. ZAKLJUČAK

Primenom adaptacije opsega uniformnog DPCM kvantizera na osnovu srednje vrednosti i varijanse signala razlike, izvedene kroz iterativni postupak, postiže se veoma dobar kvalitet kodovanog signala i vrlo visoka kompresija uz neznatno povećanje ukupne bitske brzine. U budućem radu je potrebno posvetiti više pažnje ubrzanju procesa konvergencije radi uštede računarskih resursa. Adaptacijom prezentovanom u ovom radu ostvaruje se poboljšanje nedavno predložene metode.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati istraživanja predstavljeni u ovom radu podržani su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog

## LITERATURA

- [1] 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.
- [2] Malcolm S. Thaler, “The Only EKG Book You'll Ever Need“, Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- [3] C. Fira and L. Goras, “An ECG signals compression method and its validation using NNs,” *IEEE Trans.Biomed. Eng.* 55, 1319–1326, 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] 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.
- [6] 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.
- [7] P. J. Tompkins, W. J. “A Real-Time QRS Detection Algorithm”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 230-23, 1985.
- [8] 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.

# GUSTINA VEROVATNOĆE SIGNALA NA IZLAZU IZ DIVERZITI SISTEMA SA TRI MIKRODIVERZITI SC PRIJEMNIKA PROBABILITY DENSITY FUNCTION OF OUTPUT SIGNAL FROM DIVERSITY SYSTEM WITH THREE MICRODIVERSITY SC RECEIVER

Branimir Jakšić<sup>1</sup>, Danijela Aleksić<sup>2</sup>, Siniša Minić<sup>3</sup>, Ivana Dinić<sup>4</sup>, Srboj Zdravković<sup>1</sup>

*Elektronski fakultet, Niš<sup>1</sup>*

*Visoka tehnička škola, Niš<sup>2</sup>*

*Učiteljski fakultet, Leposavić<sup>1</sup>*

*Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu razmatran je diverziti sistem sa tri mikrodiverziti SC prijemnika i jednim makrodiverziti SC prijemnikom. Na ulazima u mikrodiverziti SC prijemnike prisutan je nezavisni  $k^-$  fading i korelisani spori Gama fading. Za ovaj model izračunati su gustina verovatnoća signala na izlazu iz mikrodiverziti SC prijemnika i makrodiverziti SC prijemnika. Dobijeni rezultati su grafički prikazani kako bi se pokazao uticaj Rajsovog  $k$  faktora, dubine osenčenosti kanala  $c$ , broj klastera  $\mu$  i koeficijenta korelacije  $\rho$  na gustinu verovatnoće signala na izlazu iz makrodiverziti sistema.

**Abstract** - In this paper, diversity system with three microdiversity MRC receivers and macrodiversity SC receiver is considered. Independent  $k^-$  short term fading and correlated Gamma long term fading are present at the inputs of microdiversity MRC receivers. For this model, the probability density function of microdiversity MRC receivers and macrodiversity SC receiver output signal envelopes is calculated. Influences of Gamma shadowing severity,  $k^-$  multipath fading severity, correlation coefficient and Rician factor at probability density function of macrodiversity system output signal envelopes is graphically presented.

## 1. UVOD

U bežičnim mobilnim telekomunikacionim sistemima osnovna vrsta smetnji je fading. Mogu nastati razne vrste fadinga zavisno od propagacione okoline i komunikacionog scenarija. Brzi fading nastaje zbog prostiranja signala po više puteva. Naime, interakcija talasa sa objektima koji se nalaze između predajnika i prijemnika (refleksija, difrakcija i rasejanje) prouzrokuje da na ulaz prijemnika stiže veliki broj kopija poslatog signala. Superpozicija kopija izvornog signala koje se razlikuju po kašnjenju, faznom pomeraju i slabljenju dovodi do toga da snaga signala na ulazu prijemnika nije stalna veličina. Sredina kroz koju se talas prostire može da bude linearna i nelinearna. Sredina je nelinearna kada su površine od kojih se vrši odbijanje talasa korelisane tako da polje rasipanja nije homogeno [1,2].

Spori fading nastaje zbog efekta senke. Efekat senke mogu formirati razni objekti između predajnika i prijemnika [3]. U većini slučajeva spori fading je korelisani. Promena snage signala zbog uticaja efekta senke su spore u odnosu na promenu anvelope signala zbog brzog fadinga. Zavisno od propagacione okoline, snage komponente u fazi i komponente u kvadraturi

signala na prijemniku mogu da budu iste ili različite. Anvelope signala je promenljiva zbog brzog fadinga, a snaga anvelope signala je promenljiva zbog sporog fadinga [4,5]. Statističko ponašanje signala u ovakvim sistemima može se opisati različitim raspodelama: Rejljevom, Rajsovom, Nakagami- $m$ , Vejbulovom ili  $k$ - $\mu$ .  $k$ - $\mu$  raspodela može biti upotrebljena da opiše varijaciju anvelope signala u linearnim sredinama gde postoji dominantna komponenta, postoji više klastera u propagacionoj okolini i snage komponente u fazi i kvadraturi su jednake.  $k$ - $\mu$  raspodela ima dva parametra. Parametar  $k$  je Rajsov faktor i jednak je količniku snage dominantne komponente i snage linearnih komponenti. Parametar  $\mu$  je povezan sa brojem klastera u propagacionoj okolini.  $k$ - $\mu$  raspodela je generalna raspodela [6,7]. Rajsova, Nakagami- $m$  i Rejljeva raspodela mogu se dobiti iz  $k$ - $\mu$  raspodele kao specijalni slučajevi [8]

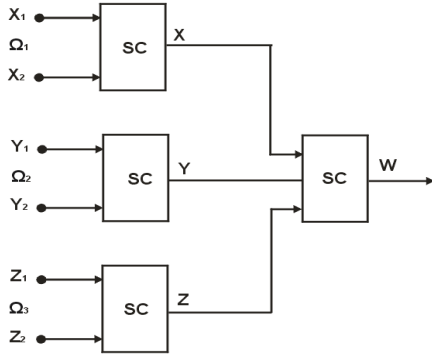
Koriste se razne diverziti tehnike da se smanji uticaj brzog fadinga i sporog fadinga na performanse sistema. Kod diverziti tehnika više replika istog informacionog signala se kombinuje. Najčešće se koriste prostorne diverzite tehnike. Prostorne diverziti tehnike su realizovane sa više antena postavljenih na prijemniku. Primenom prostornih diverziti tehnika povećava se pouzdanost sistema i kapacitet kanala bez povećanja snage predajnika i širenja frekventnog opsega. Postoji više prostornih diverziti tehnika kombinovanja koje se mogu upotrebiti da se smanji uticaj fadinga i međukanalne interferencije na performanse sistema. Najčešće korišćene diverziti tehnike su MRC (maximum ratio combining), EGC (equal gain combining) i SC (selection combining [1,6]. SC diverziti prijemnik je jednostavan za praktičnu realizaciju zbog toga što se procesiranje vrši samo na jednoj diverziti grani. SC prijemnik izdvaja granu sa najvećim odnosom signala i šuma. Ako je snaga šuma ista u svim granama onda SC prijemnik izdvaja granu sa najjačim signalom.

## 2. MODEL SISTEMA

U ovom radu razmatra se makrodiverziti sistem sa makrodiverziti SC (selection combining) prijemnikom i tri mikrodiverziti SC prijemnika. Na ulazima u mikrodiverziti SC prijemnike prisutan je nezavisni  $k$ - $\mu$  fading i spori Gama fading. Spori fading je korelisani. Koeficijent korelacije opada sa rastojanjem između antena.

Mikrodiverziti SC prijemnik smanjuje uticaj brzog fedinga na performanse sistema, a makrodiverziti SC prijemnik smanjuje uticaj sporog fedinga na performanse sistema. Makro sistem koji se razmatra može biti primenjen u jednoj ćeliji, ćelijskog mobilnog radio sistema. Mikrodiverziti prijemnici se postavljaju na baznim stanicama koje opslužuju mobilne korisnike u jednoj ćeliji. Makrodiverziti sistem koristi signale od više baznih stanica postavljenih u jednoj ćeliji ili dve i više ćelija.

Sistem koji se razmatra prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Makrodiverziti sistem sa tri mikrodiverziti MRC kombinera

Signali na ulazima u prvi SC mikrodiverziti prijemnik su označeni sa  $x_1$  i  $x_2$ , a na izlazu  $x$ . Signali na ulazima u drugi SC mikrodiverziti prijemnik su označeni sa  $y_1$  i  $y_2$ , a na izlazu  $y$ . Signali na ulazima u treći SC mikrodiverziti prijemnik su označeni sa  $z_1$  i  $z_2$ , a na izlazu  $z$ . Signal na izlazu iz makrodiverziti sistema je označen sa  $w$ . Snage signala na ulazima u mikrodiverziti prijemnike su označene sa  $\Omega_1, \Omega_2$  i  $\Omega_3$ .

Signal na izlazu iz makrodiverziti SC prijemnika  $w$  jednak je signalu na izlazu iz onog mikrodiverziti SC prijemnika čija je snaga na ulazu veća od snage signale na ulazu ostalih mikrodiverziti SC prijemnika [2].

### 3. GUSTINA VEROVATNOĆE SIGNALA

Jednačine pisati u jednoj koloni sa numeracijom uz desnu ivicu, kao

Gustina verovatnoće  $k$ - $\mu$  signala  $x_1$  i  $x_2$  data je sa

$$p_{x_i}(x_i) = \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_1^{\mu+1}}} x_i^\mu e^{-\frac{\mu(k+1)x_i^2}{\Omega_1}} \times I_{\mu-1} \left( 2\mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_1}} x_i \right), \quad i=1,2 \quad (1)$$

Parametar  $\mu$  predstavlja broj klastera kroz koji se prostire signal,  $k$  Rajsov faktor,  $x_0$  srednja snaga signala, a  $I_n(\cdot)$  modifikovana Beselova funkcija prvog reda  $n$ -te vrste. Nakon razvoja Beselove funkcije u red, izraz za gustinu verovatnoće  $x$  postaje [9]:

$$p_{x_i}(x_i) = \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_1^{\mu+1}}} x_i^\mu e^{-\frac{\mu(k+1)x_i^2}{\Omega_1}} \times \sum_{i_1=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_1}} \right)^{2i_1+\mu-1} \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} x_i^{2i_1+\mu-1}, \quad i=1,2 \quad (2)$$

Na sličan način se dobijaju i gustine verovatnoće signala na ulazima u drugi i treći mikrodiverziti SC prijemnik, respektivno:

$$p_{y_i}(y_i) = \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_2^{\mu+1}}} y_i^\mu e^{-\frac{\mu(k+1)y_i^2}{\Omega_2}} \times \sum_{i_2=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_2}} \right)^{2i_2+\mu-1} \frac{1}{i_2! \Gamma(i_2+\mu)} y_i^{2i_2+\mu-1}, \quad i=1,2 \quad (3)$$

$$p_{z_i}(z_i) = \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_3^{\mu+1}}} z_i^\mu e^{-\frac{\mu(k+1)z_i^2}{\Omega_3}} \times \sum_{i_3=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_3}} \right)^{2i_3+\mu-1} \frac{1}{i_3! \Gamma(i_3+\mu)} z_i^{2i_3+\mu-1}, \quad i=1,2 \quad (4)$$

Kumulativna verovatnoća od  $x_i, i=1,2$  je

$$F_{x_i}(x_i) = \int_0^{x_i} dt p_{x_i}(t) = \frac{2\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_1^{\mu+1}}} \sum_{i_1=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_1}} \right)^{2i_1+\mu-1} \times \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} \int_0^{x_i} dt t^{2i_1+2\mu-1} e^{-\frac{\mu(k+1)t^2}{\Omega_1}}, \quad i=1,2 \quad (5)$$

Nakon rešavanja integrala primenom [9] dobija se izraz za kumulativnu verovatnoću signala na ulazu u prvi mikrodiverziti SC kombiner:

$$F_{x_i}(x_i) = \frac{\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k \Omega_1^{\mu+1}}} \sum_{i_1=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_1}} \right)^{2i_1+\mu-1} \times \left( \frac{\Omega_1}{\mu(k+1)} \right)^{i_1+\mu} \times \gamma \left( i_1+\mu, \frac{\mu(k+1)}{\Omega_1} x_i^2 \right), \quad i=1,2 \quad (6)$$

gde  $\gamma(\cdot)$  predstavlja donju nepotpunu Gama funkciju. Primenom postupka za dobijanje kumulativne verovatnoće signala na ulazu u prvi mikrodiverziti SC prijemnik mogu se dobiti i kumulativne verovatnoće signala  $y_i$  i  $z_i$  na ulazima u drugi i treći mikrodiverziti SC prijemnik. Gustina verovatnoće signala na izlazu iz prvog mikrodiverziti SC kombinera je



$$p_x(x) = p_{x_1}(x)F_{x_2}(x) + p_{x_2}(x)F_{x_1}(x) = 2p_{x_1}(x)F_{x_2}(x), \quad (7)$$

gde je  $p_{x_1}$  dato sa (2) a  $F_{x_2}$  sa (6). Nakon zamena (2) i (6) u (7) dobija se

$$p_x(x) = 4 \left( \frac{\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k} \Omega_1^{\mu+1}} \right)^2 e^{-\frac{\mu(k+1)x^2}{\Omega_1}} \times \sum_{j_1=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_1}} \right)^{2j_1+\mu-1} \frac{x^{2j_1+2\mu-1}}{j_1! \Gamma(j_1+\mu)} \cdot (8) \times \sum_{i_1=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_1}} \right)^{2i_1+\mu-1} \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} \times \left( \frac{\Omega_1}{\mu(k+1)} \right)^{i_1+\mu} \gamma \left( i_1+\mu, \frac{\mu(k+1)}{\Omega_1} x^2 \right)$$

gde  $\gamma(\cdot)$  predstavlja donju nepotpunu Gama funkciju.

Gustina verovatnoće signala na izlazu iz drugog i trećeg mikrodiverziti SC kombinera je

$$p_y(y) = p_{y_1}(y)F_{y_2}(y) + p_{y_2}(y)F_{y_1}(y) = 2p_{y_1}(y)F_{y_2}(y) = 4 \left( \frac{\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k} \Omega_2^{\mu+1}} \right)^2 \times e^{-\frac{\mu(k+1)y^2}{\Omega_2}} \sum_{j_2=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_2}} \right)^{2j_2+\mu-1} \cdot (9) \times \frac{y^{2j_2+2\mu-1}}{j_2! \Gamma(j_2+\mu)} \sum_{i_2=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_2}} \right)^{2i_2+\mu-1} \times \left( \frac{\Omega_2}{\mu(k+1)} \right)^{i_2+\mu} \gamma \left( i_2+\mu, \frac{\mu(k+1)}{\Omega_2} y^2 \right)$$

i

$$p_z(z) = p_{z_1}(z)F_{z_2}(z) + p_{z_2}(z)F_{z_1}(z) = 2p_{z_1}(z)F_{z_2}(z) = 4 \left( \frac{\mu(k+1)^{\frac{\mu+1}{2}}}{k^{\frac{\mu-1}{2}} e^{\mu k} \Omega_3^{\mu+1}} \right)^2 \times e^{-\frac{\mu(k+1)z^2}{\Omega_3}} \sum_{j_3=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_3}} \right)^{2j_3+\mu-1} (10) \times \frac{z^{2j_3+2\mu-1}}{j_3! \Gamma(j_3+\mu)} \sum_{i_3=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{\frac{k(k+1)}{\Omega_3}} \right)^{2i_3+\mu-1} \times \left( \frac{\Omega_3}{\mu(k+1)} \right)^{i_3+\mu} \gamma \left( i_3+\mu, \frac{\mu(k+1)}{\Omega_3} z^2 \right)$$

Gustina verovatnoće signala na izlazu iz makrodiverziti SC prijemnika jednaka je gustini verovatnoće signala na izlazu iz onog mikrodiverziti SC prijemnika čija je snaga na ulazu veća od snage signala na ulazu druga dva mikrodiverziti SC prijemnika [9]. Na osnovu ovoga je gustina verovatnoće signala na izlazu iz makrodiverziti SC prijemnika jednaka

$$p(w) = \int_0^{\infty} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 p_x \left( \frac{w}{\Omega_1} \right) p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) + \int_0^{\infty} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_3 p_x \left( \frac{w}{\Omega_2} \right) p_{\Omega_2\Omega_1\Omega_3}(\Omega_2\Omega_1\Omega_3) + \int_0^{\infty} d\Omega_3 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 p_x \left( \frac{w}{\Omega_3} \right) p_{\Omega_3\Omega_1\Omega_2}(\Omega_3\Omega_1\Omega_2) = I_1 + I_2 + I_3, \quad (11)$$

gde je  $p_x(w/\check{\Omega}_1)$ ,  $p_x(w/\check{\Omega}_2)$  i  $p_x(w/\check{\Omega}_3)$  dato sa (8), (9) i (10), respektivno. Združena gustina verovatnoće snaga  $\check{\Omega}_1$ ,  $\check{\Omega}_2$  i  $\check{\Omega}_3$  je data sa:

$$p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) = \frac{1}{\Gamma(c)(1-\rho^2)\rho^{c-1}\Omega_0^{c+2}} \times \sum_{i_1=0}^{\infty} \left( \frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)} \right)^{2i_1+c-1} \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+c)} \times \sum_{i_2=0}^{\infty} \left( \frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)} \right)^{2i_2+c-1} \frac{1}{i_2! \Gamma(i_2+c)} \times \Omega_1^{i_1+c-1} \Omega_2^{i_2+c-1} \Omega_3^{i_3+c-1} e^{-\frac{\Omega_1+\Omega_2(1+\rho)+\Omega_3}{\Omega_0(1-\rho)}} \cdot (11)$$

Integral  $I_1$  je jednak

$$I_1 = \int_0^{\infty} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 p_x \left( \frac{w}{\Omega_1} \right) p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) = \frac{4\mu^2(k+1)^{\mu+1}}{k^{\mu-1}e^{2\mu k}} \sum_{i_2=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{k(k+1)} \right)^{2i_2+\mu-1} w^{2i_2+2\mu-1} \times \frac{1}{i_2! \Gamma(i_2+\mu)} \times \sum_{i_1=0}^{\infty} \left( \mu \sqrt{k(k+1)} \right)^{2i_1+\mu-1} \times \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} \frac{1}{(\mu(k+1))^{i_1+\mu}} \times \frac{1}{\Gamma(c)(1-\rho^2)\rho^{c-1}\Omega_0^{c+2}} \sum_{i_3=0}^{\infty} \left( \frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)} \right)^{2i_3+c-1} \times \frac{1}{i_3! \Gamma(i_3+c)} \sum_{i_4=0}^{\infty} \left( \frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)} \right)^{2i_4+c-1} \frac{1}{i_4! \Gamma(i_4+c)} \times \int_0^{\infty} d\Omega_1 \Omega_1^{i_3+c-1-i_1-\frac{\mu-1}{2}-i_2-\frac{\mu-1}{2}-2(\mu+1)}$$

$$\times e^{-\frac{\mu(k+1)w^2}{\Omega_1} - \frac{\Omega_1}{\Omega_0(1-\rho)}} \gamma\left(i_1 + \mu, \frac{\mu(k+1)}{\Omega_1} w^2\right) \times \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \Omega_2^{i_3+i_4+c-1} e^{-\frac{\Omega_2(1+\rho)\Omega_1}{\Omega_0(1-\rho)}} \int_0^{\Omega_1} d\Omega_3 \Omega_3^{i_4+c-1} e^{-\frac{\Omega_3}{\Omega_0(1-\rho)}} \quad (12)$$

Nakon primene [9] za rešavanje drugog i trećeg integrala u (3.47),  $I_1$  postaje

$$I_1 = \frac{4\mu^2(k+1)^{\mu+1}}{k^{\mu-1}e^{2\mu k}} \sum_{i_2=0}^{\infty} (\mu\sqrt{k(k+1)})^{2i_2+\mu-1} w^{2i_2+2\mu-1} \times \frac{1}{i_2! \Gamma(i_1+\mu)} \sum_{i_1=0}^{\infty} (\mu\sqrt{k(k+1)})^{2i_1+\mu-1} \times \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} \frac{1}{(\mu(k+1))^{i_1+\mu}} \times \frac{1}{\Gamma(c)(1-\rho^2)\rho^{c-1}\Omega_0^{c+2}} \sum_{i_3=0}^{\infty} \left(\frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)}\right)^{2i_3+c-1} \times \frac{1}{\Gamma(c)(1-\rho^2)\rho^{c-1}\Omega_0^{c+2}} \sum_{i_3=0}^{\infty} \left(\frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)}\right)^{2i_3+c-1} \times \frac{1}{i_3! \Gamma(i_3+c)} \sum_{i_4=0}^{\infty} \left(\frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)}\right)^{2i_4+c-1} \times \frac{1}{i_4! \Gamma(i_4+c)} (\Omega_0(1-\rho))^{i_4+c} \int_0^{\infty} d\Omega_1 \Omega_1^{i_3+c-i_1-i_2-3\mu-2} \times e^{-\frac{\mu(k+1)w^2}{\Omega_1} - \frac{\Omega_1}{\Omega_0(1-\rho)}} \gamma\left(i_1 + \mu, \frac{\mu(k+1)}{\Omega_1} w^2\right) \times \gamma\left(i_3 + i_4 + c, \frac{(1+\rho)\Omega_1}{\Omega_0(1-\rho)}\right) \gamma\left(i_4 + c, \frac{\Omega_1}{\Omega_0(1-\rho)}\right) \quad (13)$$

Nakon razvoja Gama funkcije

$$\gamma(n, x) = \frac{1}{n} x^n e^{-x} {}_1F_1(1, n+1, x) = \frac{1}{n} x^n e^{-x} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{n!}{(n+i)!} x^i \quad (14)$$

i primenom [9] dobija se

$$I_1 = \frac{4\mu^2(k+1)^{\mu+1}}{k^{\mu-1}e^{2\mu k}} \sum_{i_2=0}^{\infty} (\mu\sqrt{k(k+1)})^{2i_2+\mu-1} w^{2i_2+2\mu-1} \times \frac{1}{i_2! \Gamma(i_1+\mu)} \sum_{i_1=0}^{\infty} (\mu\sqrt{k(k+1)})^{2i_1+\mu-1} \times \frac{1}{i_1! \Gamma(i_1+\mu)} \frac{1}{(\mu(k+1))^{i_1+\mu}} \times \frac{1}{\Gamma(c)(1-\rho^2)\rho^{c-1}\Omega_0^{c+2}} \sum_{i_3=0}^{\infty} \left(\frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)}\right)^{2i_3+c-1} \times \frac{1}{i_3! \Gamma(i_3+c)} \sum_{i_4=0}^{\infty} \left(\frac{\sqrt{\rho}}{\Omega_0(1-\rho)}\right)^{2i_4+c-1} \times \frac{1}{i_4! \Gamma(i_4+c)} (\Omega_0(1-\rho))^{i_4+c} \times \frac{1}{i_1+c} (\mu(k+1)w^2)^{i_1+c} \sum_{j_1=0}^{\infty} \frac{(i_1+c)!}{(i_1+c+j_1)!} (\mu(k+1)w^2)^{j_1} \times \frac{1}{i_3+i_4+c} (\Omega_0(1-\rho))^{i_3+i_4+c} \sum_{j_2=0}^{\infty} \frac{(i_3+i_4+c)!}{(i_3+i_4+c+j_2)!} \frac{1}{(\Omega_0(1-\rho))^{j_2}} \times \frac{1}{i_4+c} (\Omega_0(1-\rho))^{i_4+c} \sum_{j_3=0}^{\infty} \frac{(i_4+c)!}{(i_4+c+j_3)!} \frac{1}{(\Omega_0(1-\rho))^{j_3}} \times \left(\frac{2\mu(k+1)w^2\Omega_0(1-\rho)}{2+\rho}\right)^{\frac{-2i_1-i_2+2i_3+2i_4-j_1+j_2+j_3-3\mu+2c-2}{2}} \times K_{-2i_1-i_2+2i_3+2i_4-j_1+j_2+j_3-3\mu+2c-2} \left(2\sqrt{\frac{2\mu(k+1)w^2(2+\rho)}{\Omega_0(1-\rho)}}\right) \quad (15)$$

gde je  $K_n(x)$  modifikovana Beselova funkcija druge vrste,  $n$ -tog reda i argumenta  $x$ .

Primenom metode za računanje integrala  $I_1$ , rešavaju se i integral  $I_2$  i  $I_3$ :

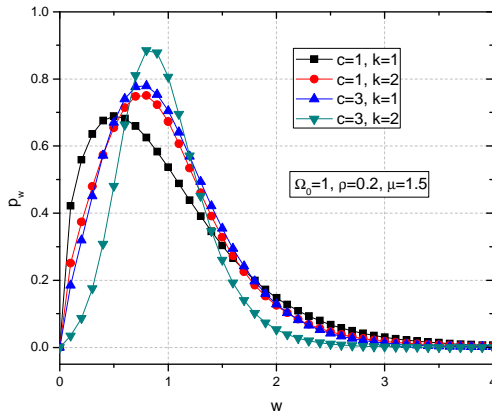
$$I_2 = \int_0^{\Omega_2} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 p_y\left(\frac{w}{\Omega_2}\right) p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) \quad (16)$$

i

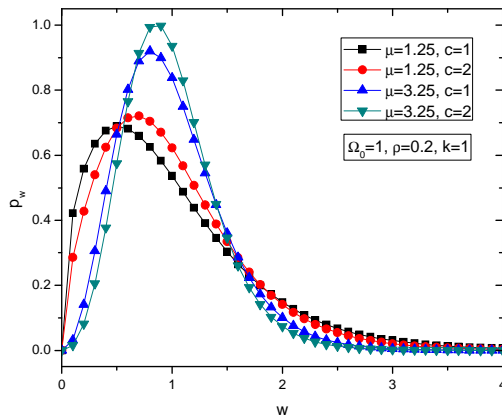
$$I_3 = \int_0^\infty d\Omega_3 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_1 P_z\left(\frac{w}{\Omega_3}\right) P_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3). \quad (17)$$

#### 4. NUMERIČKI REZULTATI

Na Slici 2 je prikazana gustina verovatnoće signala  $w$  na izlazu iz makrodiverziti sistema za različite vrednosti dubine osenčenosti kanala  $c$  i Rajsovog  $k$  faktora. Broj klastera  $\mu=1.5$ . Vrh gustine verovatnoće je viši za visoke vrednosti dubine osenčenosti kanala  $c$  i Rajsovog  $k$  faktora.



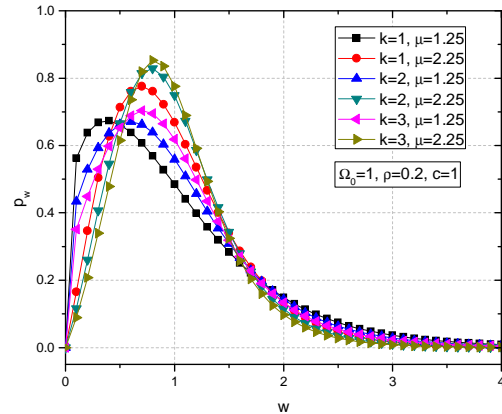
Slika 2. Gustina verovatnoće signala  $w$  na izlazu iz makrodiverziti sistema za različite vrednosti dubine osenčenosti kanala  $c$  i Rajsovog  $k$  faktora.



Slika 3. Gustina verovatnoće signala  $w$  na izlazu iz makrodiverziti sistema za različite vrednosti broja klastera  $\mu$  i dubine osenčenosti kanala  $c$ .

Na Slici 3 je data gustina verovatnoće signala  $w$  na izlazu iz makrodiverziti sistema za različite vrednosti broja klastera  $\mu$  i dubine osenčenosti kanala  $c$ . Rajsov faktor iznosi  $k=1$ . Viši vrhovi gustine verovatnoće se dobijaju za više vrednosti broja klastera  $\mu$  i za više vrednosti dubine osenčenosti kanala  $c$ .

Na Slici 4 je prikazana promena Gustina verovatnoće signala  $w$  na izlazu iz makrodiverziti sistema za različite vrednosti Rajsovog  $k$  faktora i broja klastera  $\mu$ . Dubina osenčenosti kanala je  $c=1$ . Sa povećanjem Rajsovog  $k$  faktora i broja klastera vrhovi gustine verovatnoće su više izraženiji. Koficijent korelacije za sva tri grafika je  $\rho=0.2$ , srednja kvadratna promena snage  $\bar{O}_0=1$ .



Slika 4. Gustina verovatnoće signala  $w$  na izlazu iz makrodiverziti sistema za različite vrednosti Rajsovog  $k$  faktora i broja klastera  $\mu$ .

#### 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatran je diverziti sistem sa tri mikrodiverziti SC prijemnika i jednim makrodiverziti SC prijemnikom. Na ulazima u mikrodiverziti SC prijemnike prisutan je nezavisni  $k$ - $\mu$  feding i korelisani spori Gama feding. Mikrodiverziti SC prijemnik smanjuje uticaj brzog fedinga na performanse sistema, a makrodiverziti SC prijemnik smanjuje uticaj sporog fedinga na performanse sistema. Za ovaj sistem izračunati su gustina verovatnoća signala na izlazu iz diverziti sistema. Gustina verovatnoća signala je važne statistička karakteristika na osnovu koje se računaju druge statističke karakteristike prvog i drugog reda.

Kada je parametar  $k=0$ , onda  $k$ - $\mu$  raspodela prelazi u Nakagami- $m$  raspodelu, a kada je  $\mu=1$ , Rajsova raspodela se može dobiti iz  $k$ - $\mu$  raspodele. Kada je  $k=0$  i  $\mu=1$ ,  $k$ - $\mu$  raspodela prelazi u Rejljevu raspodelu. Kada parametar  $\mu$  opada, oština uticaja fedinga raste, a kada parametar  $\mu$  raste, oština uticaja fedinga opada. Kada oština uticaja fedinga raste performanse sistema pogoršavaju. Oštiri uticaj fedinga se javlja kada je Rajsov  $k$  faktor manji.

#### LITERATURA

- [1] Stuber, G. L., Mobile communication, 2nd ed., Kluwer Academic Publisher, Dordrecht 2003.
- [2] Panic, S., Stefanovic M, Anastasov, J. and Spalevic, P., Fading and Interference Mitigation in Wireless Communications, CRC Press, USA, 2013.

- [3] Simon, M. K. and Alouini M. S., Digital Communication over Fading Channels, John Wiley & Sons, USA, 2000.
- [4] Panic, S., Stefanovic, D., Petrovic, I., Stefanovic, M., Anastasov, J. and Krstic, D., "Second-order statistics of selection macro-diversity system operating over Gamma shadowed  $\kappa$ - $\mu$  fading channels", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Vol. 2011, Article ID 151, pp.1-7, 2011.
- [5] Yacoub, M. D., "The  $\eta$ - $\mu$  distribution and the  $\kappa$ - $\mu$  distribution", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 49, No. 1, pp. 68-81, 2007.
- [6] Proakis, J., Digital Communications, 4th ed, McGraw-Hill, New York, 2001.
- [7] Shankar, P. M., "Analysis of microdiversity and dual channel macrodiversity in shadowed fading channels using a compound fading model", International Journal of Electronics and Communications (AEUE), Vol. 62, No. 6, pp. 445-449, 2008.
- [8] Sekulovic, N. and Stefanović, M., "Performance Analysis of System with Micro- and Macrodiversity Reception in Correlated Gamma Shadowed Rician Fading Channels", Wireless Personal Communications, Vol. 65, No. 1, pp. 143-156, 2012.
- [9] Gradshteyn, I. S. and Ryzhik, I. M., Table of Integrals, Series and Products, Academic Press, San Diego, 2000.

# SREDNJI BROJ OSNIH PRESEKA SIGNALA NA IZLAZU IZ MRC PRIJEMNIK U PRISUSTVU FEDINGA IZVEDEN SIMULACIJOM AVERAGE LEVEL CROSSING RATE OF MRC RECEIVER OUTPUT SIGNAL OVER FADING CHANNEL DERIVED BY SIMULATING

Danijel Djosic<sup>1</sup>, Caslav Stefanovic<sup>1</sup>, Vladeta Milenkovic<sup>2</sup>, Srboj Zdravkovic<sup>2</sup>, Edis Mekic<sup>3</sup>

*Faculty of Mathematics and Science, Kosovska Mitrovica, Serbia<sup>1</sup>*

*Faculty of Electronic Engineering, Nis, Serbia<sup>2</sup>*

*Department of Computer Technologies, Novi Pazar, Serbia<sup>3</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu razmatran je diverziti sistem sa MRC kombinierom. Anvelopa signala je promenljiva zbog uticaja brzog fedinga koji nastaje zbog prostranje signala po više puteva. MRC diverziti tehnika je primenjena da se smanji uticaj fedinga na performanse sistema. Simulacijom je dobijen srednji broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC prijemnika. Za ovo je korišćen programski paket MATLAB<sup>®</sup>. Numerički rezultati su prikazani grafički i pokazuju uticaj parametra fedinga na performanse sistema.

**Abstract** - In this paper maximal ratio combining (MRC) diversity receiver is considered. Received signal experiences multipath fading resulting in signal envelope variation. MRC is used to reduce short term fading effects on system performance. In this paper MRC receiver operating over Nakagami- $m$ ,  $\alpha$ - $\mu$ , Rician and  $k$ - $\mu$  fading channels. Average level crossing rate of signal envelope at output of MRC receiver is determined by simulating in MATLAB<sup>®</sup>. Numerical results are presented graphically to show the influence fading parameters on average level crossing rate.

## 1. UVOD

Brzi fading ima veliki uticaj na verovatnoću greške bežičnog telekomunikacionog sistema, a takođe i na kapacitet kanala. Brzi fading nastaje zbog prostiranja signala po više puteva, zbog odbijanja, prelamanja, savijanja i rasipanja elektromagnetnog talasa. Anvelopa signala na ulazu u prijemnik može da bude opisana pomoću raznih raspodela. Koja će raspodela biti upotrebljena da opiše kanal u prisustvu fedinga zavisi od toga da li postoji dominantna komponenta, da li važi centralna granična teorema ili ima više klastera. Najčešće se upotrebljavaju Relijeva raspodela, Rajsova raspodela, Nakagami- $m$  raspodela,  $\eta$ - $\mu$  raspodela i  $k$ - $\mu$  raspodela. Koriste se razne tehnike kombinovanja da se smanji uticaj brzog fedinga na performanse sistema.

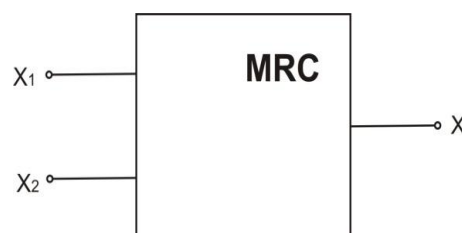
Najčešće se upotrebljavaju kombinovanje sa maksimalnim odnosom (maximal ratio combining MRC), kombinovanje sa istom težinom (equal gain combining EGC) i selectivno kombinovanje (selection combining SC) prjemnici [2]. MRC prijemnik daje najbolje rezultate ali je komplikovan za realizaciju. Ovo je zbog toga što je potrebno da MRC prijemnik proceni amplitudu i fazu dobijenog signla, a za ovo mu je potrebno proveru impulsa na svakoj grani kombinera. EGC tehnika je srednje rešenje. SC prijemnik je pogodan za praktičnu realizaciju jer procesiranje se radi samo na jednoj grani.

SC prijemnik obezbeđuje lošije performanse od EGC i MRC kombinera.

U ovom radu će se razmatrati srednji broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC kombinera, kada se na njegovim ulazima pojavljuje nezavisan i identičan brzi fading. Srednji broj osnih preseka može da se izračuna kao srednja vrednost od prvog izvoda slučajnog procesa [3]. Da bi se ovo izračunalo potrebno je poznavati združenu gustinu verovatnoće signala i njegovog prvog izvoda. Ovu združenu gustinu verovatnoće je u nekim slučajevima teško izračunati. U ovom radu će se srednji broj osnih preseka odrediti simulacijom primenjujući programski paket MATLAB<sup>®</sup>. Analiza srednjeg broja osnih preseka je značajna jer se pomoću nje može odrediti srednje vreme trajanja otkaza sistema koji je važna mera performanse sistema. Verovatnoća greške je u više radova [2-3] određena simulacijom, čime su potvrđeni teorijski dobijeni rezultati. Dobijeni rezultati u ovom radu mogu se primeniti pri projektovanju i analizi performansi bežičnih telekomunikacionih sistema koji koriste MRC diverziti tehniku da se smanji uticaj brzog fedinga na verovatnoću otkaza sistema.

## 2. SREDNJI BROJ OSNIH PRESEKA SIGNALA NA IZLAZU IZ MRC PRIJEMNIKA U PRISUSTVU NAKAGAMI-M FEDINGA

Razmatra se MRC prijemnik sa dva ulaza. Na ulazima je prisutan Nakagami- $m$  fading koji je nezavisan i identičan. Model sistema koji je razmatran prikazan je na slici 1.



Slika 1. MRC prijemnik sa dva ulaza

Signali na ulazima su označeni sa  $x_1$  i  $x_2$ , a signal na izlazu je označen sa  $x$ . Kvadrat signala na izlazu jednak je zbiru kvadrata signala na ulazima:

$$x^2 = x_1^2 + x_2^2 \quad (1)$$

Kvadrat Nakagami- $m$  slučajne promenljive  $x_1$  je:

$$x_1^2 = x_{11}^2 + x_{12}^2 + \dots + x_{12m}^2 \quad (2)$$

Kvadrat Nakagami- $m$  slučajne promenljive  $x_2$  je:

$$x_2^2 = x_{21}^2 + x_{22}^2 + \dots + x_{22m}^2 \quad (3)$$

Gde su  $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{12m}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{22m}$  Gausove slučajne promenljive koje su nezavisne, sa srednjim vrednostima nula i sa istim varijansama. Zamenom se dobija:

$$x^2 = x_{11}^2 + x_{12}^2 + \dots + x_{12m}^2 + x_{21}^2 + x_{22}^2 + \dots + x_{22m}^2 \quad (4)$$

Slučajna promenljiva  $x$  ima  $\chi^2$  raspodelu sa gustinom verovatnoće:

$$p_x(x) = \frac{2}{\Gamma(2m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} x^{4m-1} e^{-\frac{m}{\Omega}x^2} \quad (5)$$

gde je  $m$  oština fedinga Nakagami- $m$  slučajnih promenljive  $x_1$  i  $x_2$ , a  $\Omega$  je njihova srednja vrednost. Prvi izvod od  $x$  je:

$$x\dot{x} = x_{11}\dot{x}_{11} + x_{12}\dot{x}_{12} + \dots + x_{12m}\dot{x}_{12m} + x_{21}\dot{x}_{21} + x_{22}\dot{x}_{22} + \dots + x_{22m}\dot{x}_{22m} \quad (6)$$

Prvi izvod od Gausove slučajne promenljive je Gausova slučajna promenljiva. Linearna transformacija od Gausovih slučajnih promenljivih je Gausova slučajna promenljiva. Na osnovu ovoga  $\dot{x}$  ima uslovnu Gausovu gustinu verovatnoće sa srednjom vrednošću:

$$\bar{\dot{x}} = \frac{1}{x^2} (x_{11}\bar{\dot{x}}_{11} + x_{12}\bar{\dot{x}}_{12} + \dots + x_{12m}\bar{\dot{x}}_{12m} + x_{21}\bar{\dot{x}}_{21} + x_{22}\bar{\dot{x}}_{22} + \dots + x_{22m}\bar{\dot{x}}_{22m}) = 0 \quad (7)$$

Varijansa od  $\dot{x}$  je jednaka:

$$\sigma_{\dot{x}}^2 = \frac{1}{x^2} (x_{11}^2\sigma_{\dot{x}_{11}}^2 + x_{12}^2\sigma_{\dot{x}_{12}}^2 + \dots + x_{12m}^2\sigma_{\dot{x}_{12m}}^2 + x_{21}^2\sigma_{\dot{x}_{21}}^2 + x_{22}^2\sigma_{\dot{x}_{22}}^2 + \dots + x_{22m}^2\sigma_{\dot{x}_{22m}}^2) \quad (8)$$

gde je  $\sigma_{\dot{x}_{11}}^2 = \sigma_{\dot{x}_{12}}^2 = \dots = \sigma_{\dot{x}_{12m}}^2 = \pi^2 f m^2 \frac{\Omega}{m}$ .

Zamenom se dobija varijansa od  $\dot{x}$  u obliku [1]:

$$\sigma_{\dot{x}}^2 = \frac{1}{x^2} \pi^2 f m^2 \frac{\Omega}{m} (x_{11}^2 + x_{12}^2 + \dots + x_{12m}^2 + x_{21}^2 + x_{22}^2 + \dots + x_{22m}^2) = \frac{1}{x^2} \pi^2 f m^2 \frac{\Omega}{m} x^2 = \pi^2 f m^2 \frac{\Omega}{m} \quad (9)$$

Združena gustina verovatnoće od  $x$  i  $\dot{x}$  je:

$$p_{x\dot{x}}(x\dot{x}) = p_{\dot{x}/x}(\dot{x}/x)p_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\dot{x}}} e^{-\frac{\dot{x}^2}{2\sigma_{\dot{x}}^2}} \frac{2}{\Gamma(2m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} x^{4m-1} e^{-\frac{m}{\Omega}x^2} \quad (10)$$

Srednji broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC prijemnika je [6]:

$$N_x = \int_0^{\infty} d\dot{x} \dot{x} = p_{x\dot{x}}(x\dot{x}) = \frac{2}{\Gamma(2m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} x^{4m-1} e^{-\frac{m}{\Omega}x^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sigma_{\dot{x}} = \frac{2}{\Gamma(2m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} x^{4m-1} e^{-\frac{m}{\Omega}x^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \pi f m \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{1/2} = \frac{f m \sqrt{2\pi}}{\Gamma(2m)} \frac{m^{2m-1/2}}{\Omega^{2m-1/2}} x^{4m-1} e^{-\frac{m}{\Omega}x^2} \quad (11)$$

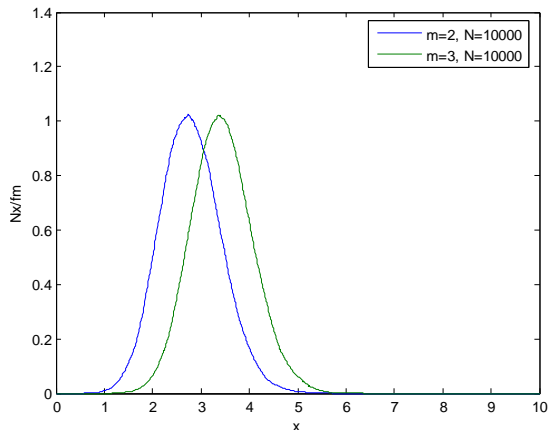
Primenjujući ovu formulu na slici 2 je prikazan srednji broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC prijemnika. Na istoj slici je prikazan srednji broj osnih preseka dobijen simulacijom u MATLAB®-u. Simulacija je izvršena na sledeći način. Kvadrat Nakagami- $m$  slučajne

promenljive jednak je zbiru  $2m$  kvadrata Gausovih nezavisnih slučajnih promenljivih sa srednjim vrednostima nula i sa istim varijansama [8-9].

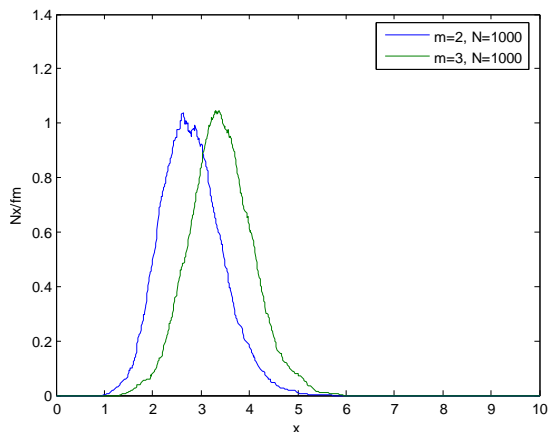
Razmatra se slučaj kada je  $m=2$ . Na osnovu ovoga se odrede osam Gausovih vektora dužine  $N$  uzoraka. Ovi vektori se kvadriraju i na ovaj način se formiraju dva kvadrirana Nakagami- $m$  vektora. Vektor kvadrata signala na izlazu iz MRC prijemnik dobija se kao zbir osam kvadriranih Gausovih vektora. Korenovanjem ovog vektora dobija se vektor signala na izlazu iz MRC prijemnika, zatim se odredi srednji broj osnih preseka obog vektora.

Program koji ovo određuje je formiran na sledeći način. Prvo se formira vektor čiji je svaki član jednak razlici vektora uzoraka u razmatranom vektoru i vrednosti anvelope za koju se određuje srednji broj osnih preseka vektora. Zatim se formira vektor koji se sastoji od  $N-1$  članova i čiji je svaki član jednak proizvodu dva susedna člana u predhodno formiranom vektoru. Broj negativnih članova u ovako formiranom vektoru predstavlja broj osnih preseka slučajnog procesa signala na izlazu iz MRC prijemnika. Usrednavanjem ovog broja dobija se srednji broj osnih preseka signala.

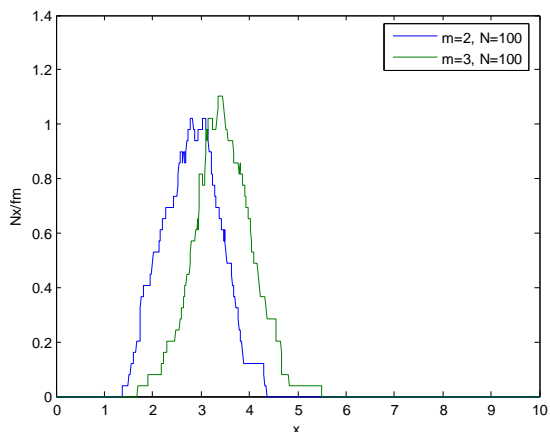
Na slici 2 je prikazan srednji broj osnih preseka u zavisnosti od nivoa signala za koji se određuje srednji broj osnih preseka. Srednji broj osnih preseka se određuje za tri vrednosti dužine vektora  $N$ . Za  $N=10000$  dobijaju se najbolji rezultati. Performanse sistema su bolje za manje vrednosti srednjeg broja osnih preseka. Sa slike se vidi da se srednji broj osnih preseka smanjuje kada se parametar  $m$  Nakagami- $m$  fedinga povećava. Rezultati takođe pokazuju dobro slaganje sa teoriskim dobijenim rezultata i rezultata dobijenih simulacijom za slučaj kada je  $m=2$ . Srednji broj osnih preseka takođe opada kada srednja snaga procesa signala na izlazu iz MRC prijemnika raste. Verovatnoća greške i verovatnoća otkaza opadaju kada raste srednja vrednost signala na izlazu iz MRC prijemnika. Kriva koja predstavlja srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope signala, prvo raste sa porastom anvelope, dostiže maksimum, a zatim sa porastom anvelope srednji broj osnih preseka opada. Uticaj anvelope signala na srednji broj osnih preseka je veći sa manje vrednosti parametra  $m$  Nakagami- $m$  fedinga. Pomoću ovih rezultata može se odrediti srednje vreme trajanja otkaza sistema. Srednje vreme trajanja otkaza sistema jednako je količniku verovatnoće otkaza i srednjeg broja osnih preseka. Verovatnoća otkaza beziznog telekomunikacionog sistema može da se dobije simulacijom na taj način što se prvo formira histogram signala na izlazu iz MRC prijemnika, a zatim se odredi verovatnoća da je ovaj signal manji od unapred određenog prvog prijema.



Slika 2. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametar  $m$  i kada je  $N=10000$



Slika 3. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametar  $m$  i kada je  $N=1000$

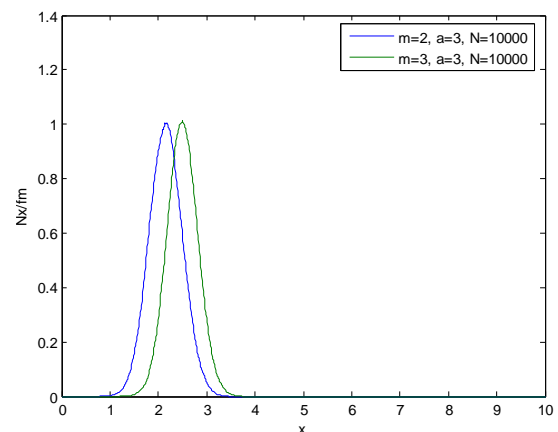


Slika 4. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametar  $m$  i kada je  $N=100$

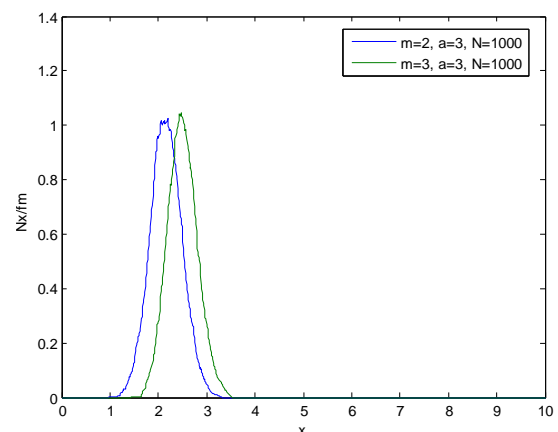
### 3. SIMULACIJA SIGNALA NA IZLAZU IZ MRC PRIJEMNIKA KADA SE NA NJEGOVIH ULAZIMA POJAVLJUJE NEZAVISAN I IDENTIČAN $\alpha$ - $M$ FEDING

Kao i u predhodnom slučaju posmatra se MRC prijemnik sa dva ulaza. Na ulazima se pojavljuje nezavisan i

identičan  $\alpha$ - $\mu$  feding. Uzorci  $\alpha$ - $\mu$  slučajne promenljive se dobijaju stepenovanjem uzoraka Nakagami- $m$  fedinga sa  $2/\alpha$  [10]. Na osnovu ove definicije se formira vektor uzoraka  $\alpha$ - $\mu$  slučajne promenljive. Parametar  $\alpha$  je povezan sa nelinearnošću propagacione okoline. Parametar  $\mu$  određuje broj klastera u propagacionoj okolini [11].  $\alpha$ - $\mu$  vektor se formira na sledeći način. Neka je  $\alpha=3$  i  $\mu=2$ . Prvo se formiraju četiri Gausova vektora dužine  $N$ . Zatim se ovi vektori kvadriraju i sabiraju. Od vektora zbir se nađe kvadratni koren. Ovaj vektor je Nakagami- $m$  vektor za  $m=2$ . Zatim se ovaj vektor stepenuje sa  $2/3$  i dobija se  $\alpha$ - $\mu$  vektor sa parametrom  $\mu=2$ ,  $\alpha=3$  i srednja snaga ovog vektora je 1. Na isti način se formira još jedan  $\alpha$ - $\mu$  vektor identičan predhodno dobijenom vektoru. Kvadrat vektora na izlazu iz MRC prijemnik jednak je zbiru kvadrata vektora na njegovim ulazima. Na osnovu ovoga se dobija vektor signala na izlazu iz MRC prijemnika. Prvo se kvadriraju oba  $\alpha$ - $\mu$  vektora a zatim se sabiraju i za ovaj zbir se nađe kvadratni koren. Ovako dobijen vektor je vektor signala na izlazu iz MRC prijemnik. Koristeći isti algoritam kao i u predhodnom slučaju može da se odredi sredni broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC prijemnika.

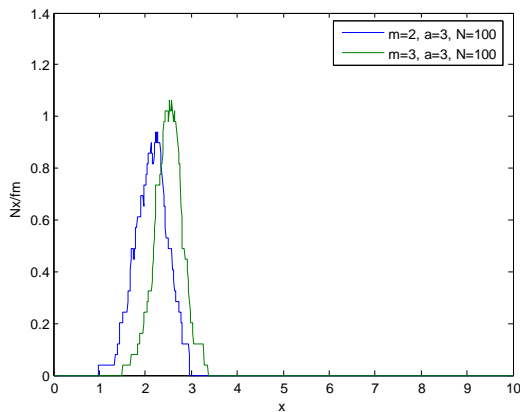


Slika 5. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametre  $m, \alpha$  i kada je  $N=10000$



Slika 6. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametre  $m, \alpha$  i kada je  $N=1000$

Na osnovu ovako dobijenog vektor može da se odredi histogram signala na izlazu iz MRC prijemnika. Pomoću ovog histograma može da se odredi gustina verovatnoće signala na izlazu iz MRC prijemnika, kumulativna verovatnoća signala na izlazu iz MRC prijemnika i verovatnoća otkaza sistema. Pomoću dobijenih rezultata može da se odredi uticaj parametra  $\alpha$ - $\mu$  na performanse sistema. Srednji broj osnih preseka opada kada parametri  $\alpha$  i  $\mu$  se povećavaju, a sa ovim se performanse sistema poboljšavaju.

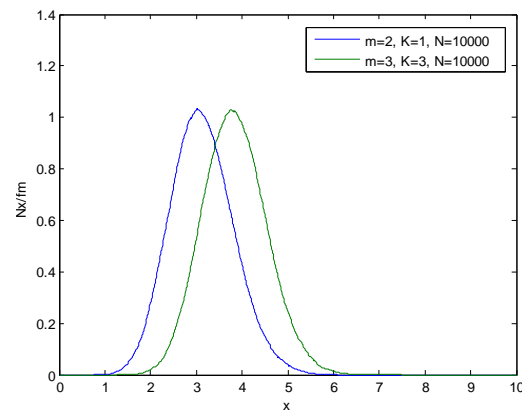


Slika 7. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametre  $m, \alpha$  i kada je  $N=100$

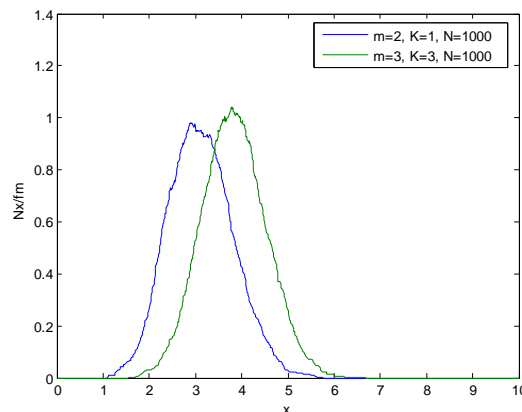
#### 4. SIMULACIJA SIGNALA NA IZLAZU IZ MRC PRIJEMNIKA KADA SE NA NJEGOVIH ULAZIMA POJAVLJUJE NEZAVISAN I IDENTIČAN $K$ - $M$ FEDING

Anvelopa signala u sredinama u kojima postoji više klastera i u svakom klasteru može biti formirana dominantna komponenta i pri tome postoje uslovi da važi centralna granična teorema, može biti opisana  $k$ - $\mu$  raspodelom [4-5]. Ova raspodela ima dva parametra. Parametar  $k$  je Rajsov faktor i jednak je količniku snage dominantne komponente i snage sketering konponentate. Parametar  $\mu$  određuje broj klastera u propagacionj okolini. Kvadrat  $k$ - $\mu$  slučajne promenljive jednak je zbiru kvadrata Gausovih slučajnih promenljivih sa određenim srednjim vrednostima i sa istom varijansom. Na osnovu ovoga može se simulacijom da se formira vektor uzoraka  $k$ - $\mu$  signala određene dužine. Naka je parametar  $\mu=2$  i  $k=4$ . Prvo se formiraju četiri Gausova vektora sa varijansom 1. Srednje vrednosti ovih Gausovih vektora se određuje na osnovu Rajsovog faktora. Ovi Gausovi vektori se kvadriraju, sabiraju i zatim je iz svakog člana ovako dobijenog vektora određen kvadratni koren. Na isti način se formira još jedan  $k$ - $\mu$  vektor koji je prisutan na drugom ulazu u MRC prijemnik. Kao i u predhodnom slučaju vektor signala na izlazu iz MRC prijemnika se dobija kvadriranjem vektora signala na ulazima u MRC prijemnik, sabranjem i korenovanjem ovako dobijenog vektora [7]. I za ovako dobijeni vektor u radu određen srednji broj osnih preseka pomoću odgovarajućeg algoritma. Krive srednjeg broja osnih preseka prvo rastu sa porastom anvelope, zatim dostižu maksimum, a zatim srednji broj osnih preseka opada sa porastom anvelope. Sa

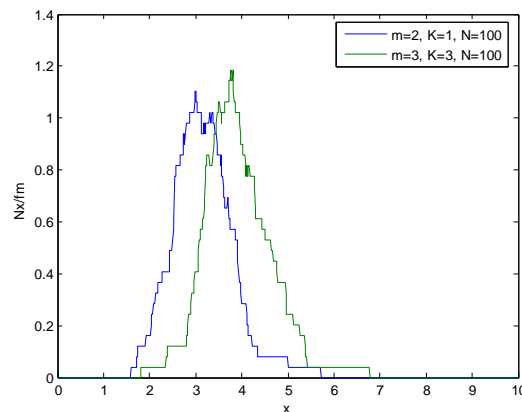
porastom Rajsovog faktora srednji broj osnih preseka opada i takođe opada oštrina fedinga. Kada Rajsov faktor raste onda raste snaga dominantne komponente ili opada snaga sketering konponentate. Oštrina fedinga opada kada raste snaga domonantne komponente ili opada snaga sketering konponentate. Rezultati pokazuju da srednji broj osnih preseka opada kada raste parametar  $\mu$ . Kao i u predhodnim slučajevima može jednostavno da se odredi histogram i pomoću njega da se odredi gustina verovatnoće signala na izlazu iz MRC prijemnik, kumulativna verovatnoća i verovatnoća otkaza.



Slika 8. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametre  $m, K$  i kada je  $N=10000$



Slika 9. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametre  $m, K$  i kada je  $N=1000$



Slika 10. Srednji broj osnih preseka u zavisnosti od anvelope  $x$ , za parametre  $m, K$  i kada je  $N=1000$



## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu se razmatra MRC prijemnik koji se koristi da se smanji uticaj fedinga na performanse sistema. Na ulazu u MRC prijemnik prisutan je brzi feding. Razmatra se slučaj kada se na ulazu u MRC prijemnik pojavljuje feding, koji može biti opisan sa Nakagami- $m$  raspodelom,  $\alpha$ - $\mu$  raspodelom i  $k$ - $\mu$  raspodelom. Kvadrat signala na izlazu iz MRC prijemnik jednak je zbiru kvadrata signala na njegovim ulazima. Kvadrat Nakagami- $m$  fedinga jednak je zbiru kvadrata  $2m$  Gausovih vektora sa srednjim vrednostima nula i istim varijansama. Na osnovu ovoga se formira Nakagami- $m$  vektor.  $\alpha$ - $\mu$  slučajni vektor se dobija stepenovanjem Nakagami- $m$  vektora. Kvadrat  $k$ - $\mu$  vektora se dobija sabiranjem kvadrata  $2m$  Gausovih vektora, sa određenim srednjim vrednostima i istim varijansama. Na ovaj način može da se formira Nakagami- $m$  vektor,  $\alpha$ - $\mu$  vektor i  $k$ - $\mu$  vektor. Ovi vektori se formiraju simulacijom u MATLAB<sup>®</sup>-u. Takođe, u radu je simulacijom određen srednji broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC prijemnika. Performanse sistema su bolje za manje vrednosti srednjeg broja osnih preseka. Pomoću dobijenih rezultata može da se odredi i srednje vreme trajnja otkaza sistema kao i kumulativna verovatnoća i srednje vreme trajanja otkaza. Verovatnoća otkaza može da se odredi pomoću histograma slučajnog procesa signala na izlazu iz MRC prijemnika. U radu je pokazano da srednji broj osnih preseka signala na izlazu iz MRC prijemnika opada kada raste parametar  $\mu$  i Rajssov faktor.

## LITERATURA

- [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] M. K. Simon, M. S. Alouini, Digital Communication over Fading Channels, USA: John Wiley & Sons. 2000.
- [3] J. Proakis, "Digital Communications", 4<sup>th</sup>ed. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [4] Yacoub, M. D. (2001), The  $\kappa$ - $\mu$  Distribution: General Fading Distribution, Vehicular Technology Conference, VTC 2001 Fall. IEEE VTS 54th (Volume:3 ), 2001.
- [5] Yacoub, M. D. (2007). The  $\kappa$ - $\mu$  Distribution and the  $\eta$ - $\mu$  Distribution, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 49, No. 1, pp. 68 – 81, February 2007.
- [6] I. Gradshteyn, I. Ryzhik. Tables of Integrals, Series, and products. Academic Press, New York 1994.
- [7] Bandjur M., Jovkovic S., Djosic D., Spalevic P., Petrovic M., Maricic S., *Second order statistics of MRC receiver over  $k$ - $\mu$  fading channel*, UNITECH-GABROVO November 2013, Vol. 2, pages 131-136, ISSN: 1313-230X.
- [8] Iskander D. Mathiopouls T. Analytical level crossing rate and average fade duration in Nakagami- $m$  fading channels. IEEE Transactions on Communication; 50(8); 1301-9; 2002.
- [9] 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.
- [10] Panic S, et al. (2013). Fading and Interference Mitigation in Wireless Communications, USA, CRC Press
- [11] Đošić D., Stefanović Č., Panić S., Kontrec N., Spalević P., Stamenković N.: *Second order statistics of MRC receiver over  $\alpha$ - $\mu$  multipath fading channels*, ICEST 2013, Ohrid, Republic of Macedonia, Vol. 2, pages 83-87, ISBN: 978-9989-786-90-7, 26 - 29 June 2013.

# BEŽIČNI SISTEMI ZA POZICIONIRANJE U ZATVORENOM PROSTORU BAZIRANI NA RSSI METODI

## WIRELESS INDOOR POSITIONING SYSTEMS BASED ON RSSI METHOD

Jelena Mišić<sup>1</sup>, Bratislav Milovanović<sup>2</sup>, Nikola Vasić<sup>2</sup>, Ivan Milovanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Inovacioni centar naprednih tehnologija, Niš, Srbija*

<sup>2</sup>*Singidunum univerzitet, Beograd, Srbija*

ms.jelena.misic@gmail.com, batam@pogled.net, nvasic@singidunum.ac.rs, ivanm@singidunum.ac.rs

**Sadržaj** – U okviru ovog rada dat je pregled bežičnih sistema za pozicioniranje u zatvorenom prostoru koji se baziraju na RSSI metodi. Takođe, navedene su i osobine sistema za pozicioniranje koje se koriste za ocenu sistema za pozicioniranje. Detaljno je opisan princip određivanja lokacije objekata/osobe primenom RSSI metode. Prikazani su princip rada i performance za svaki od navedenih sistema. Na kraju radu sumirane su performance svih opisanih sistema i izvedeni određeni zaključci.

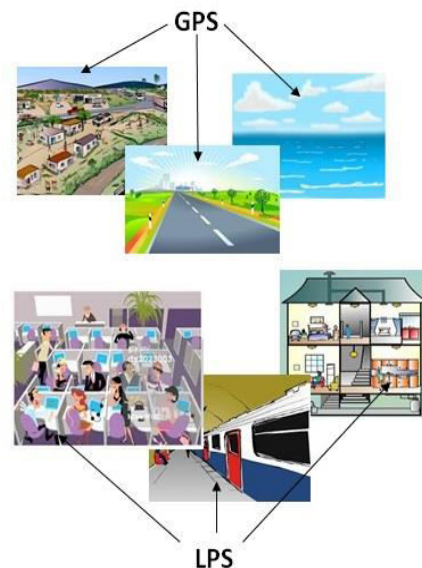
**Abstract** – In this paper an overview of wireless indoor positioning systems based on RSSI method is presented. Also, the criteria for positioning systems estimation are listed. The RSSI method is explain in detail. A brief explanation of all mentioned positioning systems is provided and their performances are listed. At the end of the paper the performances of all mentioned systems are summarizes and major conclusions are derived.

### 1. UVOD

Sistemi za pozicioniranje već duže vreme predstavljaju predmet brojnih istraživanja, i interesovanje za ovu vrstu sistema iz godine u godinu postaje sve veće. Porast interesovanja uslovljen je sve većom željom i potrebom korisnika da imaju tačnu informaciju o svom položaju u svakom trenutku i na svakom mestu. Samim tim i broj istraživanja posvećenih ovoj temi u svakodnevnom je porastu.

Sistemi za pozicioniranje se mogu definisati kao mehanizmi za određivanje tačne pozicije objekta/osobe u prostoru (na bazi EM talasa). Postoji dosta veliki broj sistema ove vrste, i oni se mogu kategorisati na osnovu različitih kriterijuma. Jedan od njih je veličina oblasti pokrivanja sistema za pozicioniranje, i po ovom kriterijumu sistemi za pozicioniranje se dele na globalne i lokalne. Globalni sistemi za pozicioniranje, *GPS* (*GPS – Global Positioning Systems*) omogućavaju pozicioniranje na celokupnoj površini Zemlje, određivanjem geografske dužine i širine na kojoj se nalazi objekat/osoba [1]. S obzirom da sistemi za globalno pozicioniranje pokrivaju celokupnu površinu Zemlje, stiče se utisak da je njihovo postojanje sasvim dovoljno za određivanje lokacije bilo gde na Zemlji, i da su sistemi za lokalno pozicioniranje, *LPS* (*LPS – Local Positioning System*) apsolutno nepotrebni. Međutim, pozicioniranje pomoću *GPS*-a nije

moguće na svakom mestu. Naime, u visoko urbanim oblastima, nemoguće je odrediti poziciju objekta/osobe korišćenjem *GPS*-a sa zadovoljavajućom tačnošću. Takođe, na mestima koja se nalaze ispod nivoa Zemljine površine, i u zatvorenom prostoru, pogotovu onom koji se nalazi u sredini zgrada apsolutno je nemoguće odrediti lokaciju primenom *GPS*-a. Na navedenim mestima dolazi do blokade signala što može dovesti do pogrešnog pozicioniranja ili u krajnjem slučaju do nemogućnosti pozicioniranja. S obzirom da je na pomenutim mestima, pozicioniranje itekako potrebno, sasvim se jasno vidi potreba za sistemima za lokalno pozicioniranje. Na osnovu svega navedenog zaključuje se da globalni i lokalni sistemi za pozicioniranje ne predstavljaju konkurentne sisteme, već se moraju koristiti u kombinaciji, SI.1.



Slika 1. Globalni i lokalni sistemi za pozicioniranje

Sistemi za pozicioniranje se mogu grupisati i na osnovu vrste informacija koju pružaju, i po ovom kriterijumu sistemi se dele na *2D* i *3D* sisteme. *2D* sistemi, kao što im i samo ime govori, omogućavaju pozicioniranje u dve dimenzije. Iako je uglavnom sasvim zadovoljavajuće znati svoju *2D* poziciju, postoje slučajevi kada to nije dovoljno. Ukoliko se osoba/objekat nalazi u višespratnoj zgradi, ili garaži koja ima više nivoa, i želi da zna svoju lokaciju, lociranje pomoću *2D* sistema neće dati zadovoljavajući rezultat, jer osoba/objekat neće imati

informaciju na kom se spratu nalazi, pa samim tim ni pozicioniranje neće biti odgovarajuće. Zbog pomenute činjenice razvijeni su 3D sistemi za pozicioniranje koji omogućavaju pozicioniranje u sve tri dimenzije.

S obzirom na novi trend življenja, ljudi sve više vremena provode u zatvorenom prostoru, pa se samim tim povećava potreba za sistemima za pozicioniranje u ovakvom okruženju. Sistemi za pozicioniranje u zatvorenom prostoru svrstavaju se u lokalne sisteme, odnosno sisteme koji omogućavaju pozicioniranje na prostoru koji je pokriven lokalnom mrežom. Prostor pokrivanja mreže definisan je samom mrežom, i njegova veličina varira od mreže do mreže.

Kao što je već napomenuto razvijeno je dosta sistema za pozicioniranje kako u otvorenom, tako i u zatvorenom prostoru [2]-[3]. Navođenje svakog od njih bilo bi suviše opširno, pa je u okviru ovog rada dat pregled nekih od značajnijih sistema za pozicioniranje u zatvorenom prostoru koji se baziraju na merenju *RSSI* vrednosti.

U okviru Sekcije II navedeni su kriterijumi za ocenu sistema za pozicioniranje. U Sekciji III opisane su metode za pozicioniranje u zatvorenom prostoru. Sekcija IV sadrži detaljan opis *RSSI* metode. U okviru Sekcije V dat je pregled sistema za pozicioniranje u zatvorenom prostoru baziranih na *RSSI* metodi, dok su u Sekciji VI sumirane performanse opisanih sistema i dati određeni zaključci i smernice za dalja istraživanja.

## 2. KRITERIJUMI ZA OCENU SISTEMA ZA POZICIONIRANJE

Sistemi za pozicioniranje mogu biti realizovani na različite načine i primenom različitih tehnologija i metoda, što onemogućava njihovu komparaciju na strukturnom nivou. Zbog navedene činjenice definisan je skup kriterijuma koji omogućava uniformno ocenjivanje performansi sistema za pozicioniranje [4], a to se: tačnost, preciznost, kompleksnost, skalabilnost, stabilnost, sigurnost i cena. Definisanjem kriterijuma za ocenu sistema za pozicioniranje omogućava se upoređivanje performansi sistema koji strukturno mogu biti apsolutno različiti.

Tačnost sistema za pozicioniranje predstavlja Euklidovo rastojanje između procenjene pozicije i stvarne pozicije prijemnika. Tačnost sistema se izražava u metrima (m). Tačnost sistema se odnosi na grešku prilikom pozicioniranja, i predstavlja srednju vrednost te greške. Što je tačnost sistema veća, odnosno greška manja, to je sistem za pozicioniranje bolji.

Preciznost sistema za pozicioniranje predstavlja verovatnoću tačnog pozicioniranja. Ova karakteristika se često meša sa tačnošću sistema. Međutim, iako su tačnost i preciznost usko povezane, one se ne mogu poistovetiti. Takođe, prilikom ocene sistema za pozicioniranje ne može se posmatrati samo tačnost, a ni samo preciznost sistema, već se moraju posmatrati i tačnost i preciznost. Ponekad se

preciznost definiše kao standardna devijacija greške pozicioniranja, premda je u opštem slučaju preciznost kumulativna funkcija raspodele greške pozicioniranja. Preciznost se definiše za određeno rastojanje (npr. 2m, 5m, itd.) i izražava se u procentima. Ukoliko je preciznost npr. 85% na 2m, to znači da je u 85% slučajeva greška manja od 2m.

Kompleksnost sistema odnosi se na kompleksnost hardvera i softvera neophodnih za pravilno funkcionisanje sistema. Iako bi se možda pretpostavilo da se sa povećanjem komponenata i algoritama postižu bolje performance sistema, ovo pravilo važi samo do određene granice. Veoma kompleksni sistemi imaju samo prividno dobre performance, jer iako se u ovakvim sistemima možda postiže bolja tačnost i preciznost, povećanjem hardvera i softvera narušavaju se neke druge performance sistema (npr. brzina odziva, energetska efikasnost).

Skalabilnost sistema pokazuje kako i koliko se menja procenjen položaj prijemnika sa promenom njegovog stvarnog položaja. Iako je poželjno da skalabilnost bude što manja, odnosno da se položaj prijemnika detektuje što tačnije, nije dobro da bude isuviše mala, jer bi to stvorilo redundantnost sistema. Ukoliko bi skalabilnost bila veoma mala detektovala bi se svaka, čak i najmanja promena položaja prijemnika, što bi značilo da ukoliko sedite za radnim stolom, i pomerite se kako biste se javili na telefon, detektovala bi se promena Vašeg položaja, što je apsolutno nepotrebno.

Stabilnost sistema za pozicioniranje se definiše kao sposobnost sistema da nastavi normalno da funkcioniše u slučaju da se javi odsustvo određenih signala ili da se detektuju *RSSI* vrednosti koje se ne nalaze u *RSS* mapi formiranoj u *offline* fazi. Ovakav scenario može biti uslovljen postojanjem prepreke ili otkazivanjem rada određenog dela sistema za pozicioniranje. U tom slučaju može doći do nemogućnosti detektovanja signala, ili se može detektovati "lažna" *RSSI* vrednost. U oba navedena slučaja doći će do pogrešnog pozicioniranja. Iz navedenog se može zaključiti da je stabilnost jedna od ključnih karakteristika sistema. U pojedinim slučajevima je bolje "žrtvovati" tačnost zarad poboljšanja stabilnosti.

Sigurnost sistema je takođe bitna karakteristika. Ova karakteristika je posebno bitna u sistemima za pozicioniranje koji nemaju civilnu namenu, ali je svakako bitna i u civilnim sistemima. Sigurnost sistema podrazumeva otpornost sistema na ometajuće signale i druge vrste napada na sistem.

Cena sistema definisana je sumom cene opreme neophodne za funkcionisanje sistema i, cene rada i održavanja sistema. Pod cenom rada podrazumevaju se tekući troškovi, kao što je utrošak električne energije. Sasvim je jasno da je poželjno da cena sistema bude što niža, ali s obzirom da je cena sistema indirektno proporcionalna nekim drugim karakteristikama sistema, neophodno je naći neki kompromis.

### 3. METODE ZA POZICIONIRANJE U ZATVORENOM PROSTORU

Kao što je već napomenuto do sada je razvijen veliki broj bežičnih sistema za pozicioniranje u zatvorenom prostoru, različitih performansi [5]. Vrsta bežičnih mreža koja se koristi za realizaciju sistema varira od sistema do sistema. Neki od sistema za pozicioniranje realizovani su zasebnim sistemima, dok drugi predstavljaju nadogradnju na već postojeće sisteme. Takođe, pojedini sistemi za pozicioniranje se baziraju na primeni samo jedne vrste bežičnih sistema, dok drugi sistemi (hibridni sistemi) za rad koriste nekoliko vrsta bežičnih sistema. Svaka od navedenih grupa ima svoje dobre i loše strane. Prednost sistema za pozicioniranje realizovanih zasebnim sistemima je što su njihove performanse veoma dobre, ali im je cena viša, a vreme implementacije duže, dok su sistemi koji predstavljaju nadogradnju na već postojeće sisteme malo slabijih performansi, ali im je implementacija znatno jeftinija i brža. Hibridni sistemi predstavljaju kompromis, s obzirom da se u znatnoj meri zadržavaju dobre karakteristike svake od primenjenih tehnologija.

Bez obzira na vrstu bežične mreže kojom je realizovan sistem za pozicioniranje, princip rada sistema za pozicioniranje se uglavnom zasniva na merenju određenih veličina signala, čije se vrednosti potom koriste za određivanje lokacije prijemnika [6]. Mogu se meriti različiti parametri, što zavisi od metode koja se koristi u sistemu za pozicioniranje, ali se pozicioniranje uglavnom zasniva na merenju: vremena propagacije signala *TOA* (*Time of Arrival*), pravca prostiranja signala *AOA* (*Angle of Arrival*), vremenske razlike propagacije više signala *TDOA* (*Time Difference of Arrival*) ili *RSSI* vrednosti (*Received Signal Strength Indicator*). Sve navedene metode imaju svoju pozitivnu i negativnu stranu. Jedna od prednosti *TOA*, *TDOA* i *DOA* metoda je velika tačnost, dok im je glavna mana to što je za njihov rad neophodno postojanje optičke vidljivosti između predajnika i prijemnika. Takođe, dodatni nedostatak *TOA* i *TDOA* metoda je to što je neophodna i vremenska sinhronizacija predajnika i prijemnika čija se lokacija određuje. Sa druge strane *DOA* ne zahteva vremensku sinhronizaciju ali je u poređenju sa *TOA* metodom potrebno dosta više opreme (smart antene, najmanje dva prijemnika...). Međutim, iako *RSSI* metod ima nešto manju tačnost od drugih metoda, on ne zahteva optičku vidljivost između predajnika i prijemnika, pa se zbog toga većina savremenih sistema za lociranje bazira upravo na primeni ove metode.

### 4. POZICIONIRANJE PRIMENOM *RSSI* METODE

Kao što je već napomenuto primena nekih metoda za pozicioniranje zahteva vremensku sinhronizaciju prijemnika i predajnika i/ili dodatnu opremu, što povećava kako kompleksnost sistema za pozicioniranje, tako i njegovu cenu. Ranije su sistemi za pozicioniranje uglavnom razvijani u vojne svrhe, tako da kompleksnost i cena nisu bili ključni faktori. No, danas se većina sistema za pozicioniranje razvija za civilnu upotrebu, pa su samim tim cena sistema, i njegova kompleksnost veoma bitni

faktori. Kako bi se cena i kompleksnost sistema sveli na minimum, sve veći broj dizajnera sistema za pozicioniranje se odlučuje za primenu *RSSI* metode, s obzirom da ova metoda ne zahteva nikakva dodatna ulaganja.

*RSSI* vrednost predstavlja veličinu koja je povezana sa *RF* snagom signala, ali joj nije jednaka. Naime, tačnost merenja snage signala i osetljivost prijemnika, odnosno opseg vrednosti snage signala, dat u *dBm*-ima, koje prijemnik može da detektuje, zavisi od same opreme, odnosno proizvođača, pa je tako i mapiranje odnosa *RF* snage signala i *RSSI*-a različita za različitu opremu. Bitno je napomenuti da se prilikom pozicioniranja uvek meri snaga signala, na osnovu koje se kasnije dobija *RSSI* vrednost.

*RSSI* metoda ima dva principa rada, prvi se zasniva na formiranju *RSS* mape koju sačinjavaju *RSSI* vektori, dok se drugi zasniva na proračunu gubitaka snage signala prilikom propagacije signala.

Prvi princip sastoji se od dve faze, *offline* faze i *online* faze. U okviru *offline* faze vrši se merenje emitovane snage signala svih predajnika na celokupnom prostoru koji obuhvata sistem za lokalno pozicioniranje. Merenja snage se vrši u unapred definisanim pozicijama (tačkama). Od vrednosti dobijenih merenjem formiraju se *RSSI* vektori, pri čemu se svakoj poziciji pridružuje jedan *RSSI* vektor. Elementi vektora su *RSSI* vrednosti dobijene na osnovu izmerene snage signala, dok je dimenzija vektora jednaka broju predajnika koje se nalaze u sistemu za pozicioniranje.

Pravilan odabir broja i pozicija tačaka u kojima se vrši merenje predstavlja jedan od bitnijih faktora u procesu merenja. Ni prevelik, a ni premali broj mernih pozicija ne predstavljaju dobro rešenje, merne pozicije ne smeju biti ni suviše bliske, ni suviše udaljene. Ukoliko su suviše bliske narušava sa skalabilnost sistema, a ukoliko su suviše udaljene opada tačnost sistema. Jedno od pravila po kome se određuje broj mernih tačaka je da rastojanje između njih bude jednako tačnosti koju sistem za pozicioniranje treba da ima.

U *online* fazi vrši se određivanje lokacije na osnovu prethodno formirane *RSS* mape. Lokacija se određuje tako što se izvrši merenje snage signala na određenoj lokaciji, izračunava se odgovarajuća *RSSI* vrednost, odnosno vektor i potom se taj vektor poredi sa vektorima u *RSS* mapi. Procenjena lokacija prijemnika izjednačava se sa pozicijom *RSSI* vektora koji se u najvećoj meri poklapa sa *RSSI* vektorom dobijenim nakon merenja snage signala na prijemnikovoj lokaciji.

Sam princip određivanja lokacije prijemnika pomoću *RSS* mape može biti različit, najčešće korišćeni principi su: princip "*k najbližih tačaka*" [7], Bajesova klasifikacija [8] ili primena veštačkih neuronskih mreža [9]-[11].

Primena veštačkih neuronskih mreža u sistemima za pozicioniranje dobija sve veći značaj. Veštačke neuronske

mreže, *ANN* (*ANN* - *Artificial Neural Networks*) predstavljaju jedan od moćnih alata za modelovanje širokog spektra primene. *ANN* se mogu definisati kao paralelne, visoko povezane strukture koje se baziraju na jednostavnim, nelinearnim elementima – neuronima. Glavna prednost neuronskih mreža leži u njihovoj jednostavnoj i lakoj primeni, bez upotrebe komplikovanih i vremenski zahtevnih matematičkih proračuna. Takođe, za razvoj neuronske mreže potrebno je poznavati samo ulazne i izlazne parametre mreže, odnosno parove pobuda-odziv, što ih čini idealnim kandidatima za proračun lokacije prijemnika u *RSSI* metodi.

Drugi pristup *RSSI* metode ne sadrži *offline* fazu, već se lokacija određuje odmah nakon merenja snage signala. Lokacija se izračunava po propagacionom modelu, pri čemu se vrši izračunavanje rastojanja ( $R_i$ ) između prijemnika i svakog od  $i$  detektovanih predajnika. Kako su lokacije svih predajnika poznate, nakon određivanja rastojanja  $R_i$  udaljenost prijemnika od svakog od  $i$  predajnika se direktno može izračunati. Nedostatak ove metode je činjenica da se nakon merenja ne dobija pozicija prijemnika već njegova udaljenost od predajnika, pa je potrebno najmanje tri predajnika kako bi se lokacija prijemnika mogla odrediti. Najčešće primenjivan model koji funkcioniše po ovom principu je Kalmanov filter [12].

## 5. PREGLED SISTEMA BAZIRANIH NA *RSSI* METODI

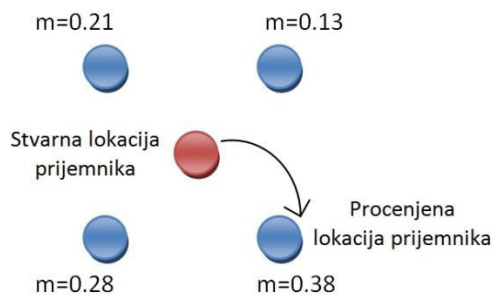
Sistemi za pozicioniranje u zatvorenom prostoru koji se baziraju na primeni *RSSI* metode najčešće se realizuju pomoću *WLAN* sistema (*Wireless Local Area Network*). *WLAN* sistemi imaju širok spektar primene što je uslovalo relativno brz razvoj i usavršavanje ovih sistema. Samim tim i razvoj sistema za pozicioniranje baziranih na ovim sistemima beleži brz razvoj. Glavna prednost *WLAN* sistema za pozicioniranje je njihova niska cena i jednostavna i brza realizacija, jer ovi sistemi ne zahtevaju nikakvu dodatnu opremu, nego se jednostavno implementiraju u već postojeće *WLAN* sisteme; dok im je glavna mana nedostatak velike tačnosti i visoke stabilnosti prouzrokovanih nestabilnošću nivoa detektovane snage usled višestrukih putanja. Kod većine sistema ove vrste preciznost je 50% na 2m, dok je tačnost 2-5m [3]. Većina sistema iz ove grupe realizovana je isključivo pomoću *WLAN*-a, dok ima i onih kod kojih je *WLAN* tehnologiju kombinovana sa nekom drugom tehnologijom, u cilju poboljšanja sveukupne tačnosti i preciznosti sistema za pozicioniranje.

Jedan od sistema za pozicioniranje realizovan isključivo preko *WLAN*-a je sistem RADAR [13]. Ovaj sistem spada u determinističke sisteme, u kojima se snaga signala predajnika na određenoj lokaciji predstavlja skalarnom veličinom, i to najčešće njenom srednjom vrednošću. U RADAR sistemu se za određivanje lokacije prijemnika koristi neprobabilistička metoda “*k* najbližih tačaka” (*k nearest neighbors- kNN*) koja se bazira na upoređivanju *RSSI* vrednosti dobijene od izmerene snage signala i  $k$  najpribližnijih *RSSI* vrednosti iz *RSS* mape. *RSSI* vrednost

koja se najmanje razlikuje od dobijene *RSSI* vrednosti uzima se kao krajnji rezultat, i pozicija prijemnika se izjednačava sa pozicijom te vrednosti na *RSS* mapi. U [13] predložena su dva načina formiranja *RSS* mape, prvi se zasniva na empirijskim merenjima nivoa snage, a drugi na modelu propagacije signala zasnovanom na *WAF* (*Wall Attenuation Factor*) i *FAF* (*Floor Attenuation Factor*) vrednostima. Empirijski model bazira se samo na merenjima nivoa snage signala u određenim tačkama u prostoru pokrivanja sistema za pozicioniranje. Merenja se vrše tokom određenog vremenskog perioda (npr. nekoliko dana), pri čemu se za svaku mernu poziciju merenje ponavlja po nekoliko puta. Ovakav način merenja obezbeđuje tačnije pozicioniranje jer se *RSS* mapa formira od velikog skupa podataka. S druge strane propagacioni model zasniva se na proračunima nivoa snage u određenim tačkama, pri čemu se nivo snage proračunava tako što se od nivoa snage koju emituje predajnik oduzimaju gubici prostiranja. Na osnovu eksperimenata prikazanih u [13] ustanovljeno je da empirijski model obezbeđuje veću tačnost u odnosu na model propagacije signala, dok primena propagacionog modela znatno smanjuje vreme neophodno za realizaciju sistema. Takođe, ustanovljeno je da je prosečna tačnost RADAR sistema 2-3m.

Primer probabilističkog *WLAN* sistema za pozicioniranje je sistem Horus opisan u [14]. Kod Horus sistema za određivanje lokacije prijemnika koriste se probabilističke metode, od kojih je najčešće upotrebljavana Bajesova klasifikacija. Princip određivanja lokacije prijemnika sastoji se od niza koraka. Kao i kod većine sistema baziranih na *RSSI* metodi, najpre se u tačno određenim tačkama vrši merenje prijemne snage i za svaku od tačaka se formira *RSSI* vektor, od kojih se formira *RSS* mapa, a potom se *RSSI* vektor dobijen na osnovu izmerene snage signala na lokaciji prijemnika poredi sa prethodno definisanom *RSS* mapom i kroz niz postupaka određuje se lokacija prijemnika. Eksperimentalno je pokazano da je tačnost ovog sistema direktno proporcionalna broju uzoraka korišćenih za formiranje *RSS* mape. Takođe, prikazanim eksperimentima utvrđeno je da je tačnost ovog sistema 2m, a preciznost 90% na 2.1m. Pored navedenih karakteristika, prednosti Horus sistema su i velika stabilnosti i veoma niska cena realizacije.

U [15] prikazani su sistemi koji predstavljaju modifikaciju prethodno opisanog Horus sistema. Naime, *offline* faza je ista kao kod originalnog Horus sistema, ali se *online* faza razlikuje. U prvoj modifikaciji, u *online* fazi za određivanje lokacije koristi se tehnika određivanja centra mase. Naime, svakoj mernoj poziciji iz *offline* faze pridružuje se određena masa, koja je jednaka verovatnoći da se osoba/objekat nađe na toj poziciji. Prema ovoj tehnici pozicioniranja ukoliko bi se prijemnik (osoba/objekat) našao na poziciji koja je između  $N$  pozicija, za njegovu poziciju bi se usvojila ona pozicija koja ima najveću težinu, odnosno najveću verovatnoću pojavljivanja,  $S1.2$ .



Slika 2. Princip određivanja položaja prijemnika primenom tehnike centra mase

Druga modifikacija Horus sistema prikazana u [15] se takođe odnosi na modifikaciju *online* faze. Za određivanje lokacije koristi se tehnika vremenskog usrednjavanja. Naime, poredi se  $N$  prethodnih položaja prijemnika, i kao trenutni položaj uzima se srednja vrednost  $N$  prethodnih položaja. Prema rezultatima prikazanim u [15] primenom tehnike centra mase u *online* fazi Horus sistema postiže se poboljšanje performansi od 13% u odnosu na originalni Horus sistem, dok se primenom tehnike vremenskog usrednjavanja postiže poboljšanje performansi od 15-24% u zavisnosti od broja prethodnih pozicija koje se koriste za proračun lokacije. Eksperimentalno je pokazano i da se u drugoj modifikaciji tačnost pozicioniranja može povećati povećanjem broja prethodno poznatih pozicija, ali se ujedno i vreme potrebno za lociranje prijemnika znatno povećava, što narušava performanse sistema.

Još jedan WLAN sistem za pozicioniranje je i Ekahau sistem, predstavljen u [16]. Ekahau sistem, kao i prethodno opisan Horus sistem, u *online* fazi za određivanje lokacije prijemnika koristi Bajesovu klasifikaciju. Ekahau sistema sastoji se od Ekahau menadžera, Ekahau komunikatora i Ekahau prijemnika. Svaki Ekahau prijemnik mora da bude opremljen Ekahau aplikacijom, koja predstavlja komunikacioni interfejs sa Ekahau komunikatorom. Prilikom određivanja lokacije prijemnika Ekahau prijemnik preko aplikacije stupa u komunikaciju sa Ekahau komunikatorom, koji podatke dobijene od prijemnika prosleđuje Ekahau menadžeru. Funkcija Ekahau menadžera je da analizira podatke koje dobija od komunikatora i da na osnovu modela koje sadrži odredi lokaciju prijemnika koju potom prosleđuje komunikatoru. Komunikator ovu informaciju prosleđuje Ekahau aplikaciji, koja informaciju pretvara u oblik koji je razumljiv Ekahau korisniku. Eksperimentima je utvrđeno da je tačnost ovog sistema 1m, a preciznost 50% na 2m.

Ekahau aplikacija može biti prilagođena različitim platformama. Primer Ekahau aplikacije razvijene za Android platformu opisan je u [17]. Svrha Ekahau Android aplikacije je merenje snage prijemnog signala i komunikacija sa Ekahau serverom. Naime, ova aplikacija meri nivo prijemnog signala i šalje informaciju o snazi signala Ekahau serveru, koji kao povratnu informaciju šalje lokaciju prijemnika. Pored mogućnosti pozicioniranja, u radu je prikazana još jedna primena ovog sistema, a to je određivanje najkraćeg puta do željene lokacije. Za određivanje putanje koristi se *Dijkstra* algoritam, koji putanju određuje po principu po kome funkcioniše kretanje taksista na ulicama. Naime, kada se

odredi trenutna lokacija prijemnika i njegova željena lokacija, *Dijkstra* algoritam proračunava koja najbliža pozicija u odnosu na trenutnu poziciju je "slobodna", pri čemu se pod slobodnom pozicijom podrazumeva ona na koju prijemnik može direktno da ode sa svoje trenutne pozicije. Direktni prolaz sa pozicije na poziciju moguć je samo ukoliko nema prepreka između pozicija, kao što su zidovi, podovi itd. Kada se odredi skup svih "slobodnih" pozicija između trenutne i željene lokacije algoritam prikazuje putanju po kojoj prijemnik treba da se kreće da bi došao do svoje željene pozicije, Sl.3.



Slika 3. Prikaz proračuna najkraće putanje do željene lokacije primenom *Dijkstra* algoritma

Primer hibridnog WLAN sistema za pozicioniranje dat je u [18]. U ovom slučaju WLAN tehnologija je kombinovana sa *Bluetooth* tehnologijom, pri čemu su iskorišćene dobre strane svake od tehnologija, veliki domet WLAN-a i visoka preciznost *Bluetooth*-a. Pozicioniranje u ovom sistemu vrši se na sledeći način: u fazi pre-pozicioniranja formira se RSS mapa za prostor na kome se vrši pozicioniranje, formirana mapa se snima u svakom od WLAN predajnika i predajnici koriste ovu mapu za određivanje lokacije korisnika (prijemnika); u fazi pozicioniranja, pozicioniranje se vrši na dva nivoa, nivo *Bluetooth*-a, i nivo WLAN-a, pri čemu se nivo WLAN-a aktivira samo ukoliko pozicioniranje na nivou *Bluetooth*-a nije moguće. Naime, na početku pozicioniranja prijemnik skenira predajnike u svojoj okolini, i ukoliko detektuje *Bluetooth* predajnik, on od detektovanog predajnika preuzima informaciju o njegovoj lokaciji i tu lokaciju uzima kao svoju; ukoliko ne detektuje ni jedan *Bluetooth* predajnik, vrši skeniranje WLAN predajnika i od detektovanih WLAN predajnika preuzima informaciju o lokaciji, izračunatu na osnovu RSS mape. Bitno je napomenuti da ukoliko prijemnik bude u oblasti pokrivanja nekog od *Bluetooth* predajnika, ta informacija se beleži u sistem, i prilikom kretanja i narednog pozicioniranja prijemnika, ukoliko prijemnik ne detektuje *Bluetooth* predajnik pa se pozicioniranje vrši na nivou

WLAN-a, WLAN predajnik ne vrši pregled celokupne RSS mape, već samo onih delova RSS mape koji se nalazi u blizini prethodno detektovanog Bluetooth predajnika. Ovakav način pretrage RSS mape znatno smanjuje vreme potrebno za pozicioniranje.

## 6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada dat je pregled nekih od značajnijih sistema za lokalno pozicioniranje u zatvorenom prostoru koji se baziraju na primeni RSSI metode. Navedene su najčešće korišćene metode pozicioniranja u zatvorenom prostoru i prodiskutovane njihove prednosti i mane. Detaljno je objašnjena RSSI metoda pozicioniranja. Navedeni su i objašnjeni kriterijumi koji se koriste za ocenu performansi sistema za pozicioniranje. Za svaki od navedenih sistema za pozicioniranje dat je kratak opis rada i na osnovu prethodno definisanih kriterijuma prodiskutovane su neke od performansi.

Na osnovu performansi opisanih sistema za pozicioniranje u zatvorenom prostoru, može se zaključiti da sistemi realizovani samo pomoću jedne tehnologije nemaju suviše dobre performanse, i da se sistemi koji se baziraju na više tehnologija, hibridni sistemi, odlikuju znatno boljim performansama.

S obzirom na sve veću potrebu za sistemima za pozicioniranje u zatvorenom prostoru neophodno je unaprediti već razvijene, i razviti nove sisteme za pozicioniranje koji bi se odlikovali boljim performansama, a jedno od mogućih rešenja je realizacija hibridnih sistema.

## ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu dobijeni su tokom istraživanja u okviru projekta TR 32052, finansiranog od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] El-Rabbany A., "Introduction to GPS: the global positioning system", 2<sup>nd</sup> ed Boston, Mass., London: Artech House c2006.
- [2] Krisp J.M., "Progress in Location-Based Services", Springer, 2013.
- [3] Liu H., Darabi H., Banerjee P., Jing L., "Survey of wireless indoor positioning techniques and systems", Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on , vol.37, no.6, pp.1067-1080, Nov. 2007.
- [4] R. Zekavat, M. Buehrer, "Handbook of Position Location: Theory, Practice and Advances", Hoboken, N.J. : Wiley-IEEE Press 2011.
- [5] Kolodziej K.W., Hjelm J., "Local Positioning Systems: LBS Applications and Services", CRC Press, 2006.
- [6] Bensusky A., "Wireless Positioning Technologies and Applications", Artech House, Norwood, 2008.
- [7] Ault A., Zhong X., Coyle E.J., "K-nearest-neighbor analysis of receiver signal strength distance estimation across environments", In Proceedings of the First Workshop on Wireless Network Measurement, 2005.
- [8] Haerberlen A., "Practical robust localization over large-scale 802.11 wireless network", In Proceedings of the 10<sup>th</sup> annual international conference on Mobile computing and Networking (MobiCom '04), pp. 70-84, New York, USA, 2004.
- [9] Hwang R.C. et al., "The indoor positioning technique based on neural networks", Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC), 2011 IEEE International Conference on , pp.1-4, 14-16 Sept. 2011.
- [10] Yu L., Laaraiedh M., Avrillon, S., Uguen, B., "Fingerprinting localization based on neural networks and ultra-wideband signals", Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), 2011 IEEE International Symposium on , pp.184-189, 14-17 Dec. 2011
- [11] Hatami, A., Pahlavan, K., "QRPP1-5: Hybrid TOA-RSS Based Localization Using Neural Networks", Global Telecommunications Conference, 2006. GLOBECOM '06. IEEE , pp.1-5, Nov. 27 2006-Dec. 1 2006
- [12] Yim J., Park C., Joo J., Jeong S., "Extended Kalman filter for wireless LAN based indoor positioning", Decision Support Systems, pp. 960-971, vol.45, no.4, Nov. 2008.
- [13] Bahl P., Padmanabhan V.N., "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system", INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE , vol.2, pp.775-784, 2000.
- [14] Youssef M., Agrawala A., "Handling samples correlation in the Horus system", INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, vol.2, pp.1023-1031, 7-11 Mar. 2004.
- [15] Youssef M., Agrawala A., "Continuous space estimation for WLAN location determination systems", Computer Communications and Networks, 2004. ICCCN 2004. Proceedings. 13th International Conference on, pp.161-166, 11-13 Oct. 2004.
- [16] Van Veen B.D., Buckley K.M., "Beamforming: a versatile approach to spatial filtering", ASSP Magazine, IEEE , vol.5, no.2, pp.4-24, Apr. 1988.
- [17] Kilinc C., Al Mahmud Mostafa S., Islam R.U., Shahzad K., Andersson K., "Indoor Taxi-Cab: real-time indoor positioning and location-based services with Ekahau and Android OS", Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2014 Eighth International Conference on, pp.223-228, 2-4 July 2014.
- [18] Baniukevic A., Sabonis D., Jensen C., Lu H., "Improving Wi-Fi based indoor positioning using Bluetooth add-ons", Mobile Data Management (MDM), 2011 12th IEEE International Conference on, pp.246-255, 6-9 June 2011.

# ANALIZA ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA KOLA ZA PRILAGOĐENJE MIKROTALASNOG POJAČAVAČA SNAGE

## ANALYSIS OF EMISSIONS FROM PRINTED CIRCUIT BOARD OF POWER AMPLIFIER MATCHING CIRCUITS

Jugoslav Joković<sup>1</sup>, Tijana Dimitrijević<sup>1</sup>, Aleksandar Atanasković<sup>1</sup>, Nataša Maleš Ilić<sup>1</sup>  
[jugoslav.jokovic,tijana.dimitrijevic,aleksandar.atanaskovic,nataša.maleš.ilic]@elfak.ni.ac.rs  
<sup>1</sup>*Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu*

**Sadržaj:** U radu je razmatrano elektromagnetno (EM) zračenje od komponenti realizovanih u štampanoj tehnici odnosno PCB (Printed Circuit Board) elemenata koji predstavljaju kola za prilagođenje mikrotalasnog pojačavača. Analiza se zasniva na TLM (Transmission Line Matrix) metodu gde su uključene osnovne fizičke karakteristike ulaznog i izlaznog kola za prilagođenje impedanse realizovanih u mikrostrip tehnici. Portovi su opisani preko TLM žičanog kompaktnog modela, a tranzistor preko ekvivalentnog modela zasnovanog na S parametrima. S obzirom da se metalno kućište u praksi koristi kao tipična zatvorena sredina za mikrotalasni pojačavač, analizirano je EM zračenje unutar i izvan pravougaonog kućišta sa otvorom.

**Abstract:** The paper considers an electromagnetic (EM) emission from a printed circuit board (PCB) representing impedance matching circuits on microwave amplifier. The analysis is based on Transmission Line Matrix (TLM) method including the basic physical features of the input and output impedance matching circuits realized using the microstrip. The ports are described through the TLM wire compact model while a simple equivalent transistor model based on S parameters is applied to account for the connection between the PCB elements. Since a rectangular metallic enclosure is typical closed environment for microwave amplifier, the EM emissions inside and outside the enclosure with aperture are compared with respect to engineering purposes.

### 1. UVOD

Brz razvoj i primena naprednih digitalnih tehnika za obradu informacija i prenos u modernim komunikacionim sistemima doveli su do daljeg razvoja tehnologije poluprovodnika ka nanometarskom području. U današnjim komunikacionim sistemima može se naći veliki broj složenih komponenata i uređaja, uglavnom u pakovanjima velike gustine, što kao rezultat ima veoma interesantno okruženje kad je u pitanju elektromagnetno (EM) polje. Iz tog razloga, elektromagnetna kompatibilnost (EMC) [1] postala je jedno od glavnih pitanja pri dizajniranju ovih sistema, i to posebno delova kao što su štampane ploče (PCB) i integrisana kola (IC).

Sa dramatičnim povećanjem brzine obrade signala frekvencija takta na kome PCB rade danas je u opsegu GHz, pa je iz tog razloga, razmatrajući i samo par harmonika frekvencije, dizajn ovih kola u mikrotalasnom području. Sa druge strane, štampane ploče postaju sve složenije što otežava da se uticaj PCB elemenata

kvantifikuje u EM smislu. Kako su dimenzije štampanih ploča u mikrotalasnom frekvencijskom području reda nekoliko talasnih dužina, štampane ploče postaju efikasni izvori zračenja i prijemnici EM energije. Takođe, pakovanje velike gustine, koje se često primenjuje pri dizajniranju štampanih ploča, može dovesti do značajne interferencije između susednih štampanih ploča, naročito ako su one smeštene u zatvorenom okruženju. Ovi efekti, u kombinaciji sa smanjivanjem nivoa naponskih signala, čine kvalitet i integritet signala, kao i zračenje i prijem u smislu EMC, veoma kritičnim pitanjima u sledećoj generaciji sistema velike brzine.

Numerička analiza brojnih EM i EMC problema uobičajeno se vrši korišćenjem nekih od diferencijalnih numeričkih metoda, kao što su FD-TD (Finite-Difference Time-Domain) metod [2] i TLM (Transmission Line Matrix) metod [3]. Međutim, tzv. full-wave trodimenzionalna numerička simulacija, koja bi precizno odredila EM polje u okolini štampane ploče, obično zahteva značajne računarske resurse i duže trajanje simulacije. Iz tog razloga, predložena je efikasna tehnika bazirana na principu ekvivalentnog dipola [4], koja obezbeđuje pojednostavljene modele ekvivalentnog dipola u cilju preciznog predviđanja emitovanog zračenja, ne uzimajući u obzir tačne detalje štampane ploče [5]. Model je izveden na osnovu eksperimentalnog snimanja bliskog polja zračenja i pored pobude uzima u obzir i fizičke karakteristike štampane ploče, kao što su metalna podloga i dielektrični sloj, koje su od veoma velike važnosti u zatvorenom okruženju. Međutim, ovaj model može biti veoma složen i zahtevati puno vremena ukoliko se ugrađuje u konvencionalne FD-TD ili TLM metod.

Za potrebe modelovanja pojedinih, u geometrijskom smislu malih, ali u električnom veoma bitnih elemenata (tzv. finih elemenata), kao što su žičani elementi, otvori i prorezi, izvršeno je nekoliko poboljšanja TLM metoda [6-8]. Ovi kompaktni modeli implementirani su ili u obliku dodatne jednodimenzionalne mreže vodova ili u obliku ekvivalentnog kola sa skoncentrisanim parametrima, što omogućava uzimanje u obzir prisustva EM polja finih elemenata bez upotrebe veoma guste mreže oko njih. U poređenju sa konvencionalnim pristupom ovi modeli daju značajno poboljšanje u smislu potrebnih računarskih resursa.

Sličan kompaktni model moguće je razviti za probleme štampanih ploča, koji omogućava efikasnu implementaciju u TLM algoritam i precizan prikaz EM zračenja i sprege štampane ploče. Da bi se razvio takav



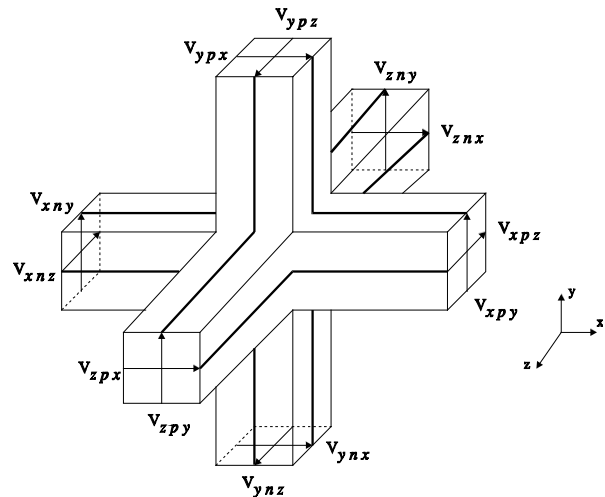
model, potrebno je izvršiti proširenu tzv. *full-wave* analizu u cilju potpune karakterizacije EM polja štampane ploče bilo u slobodnom prostoru ili zatvorenom okruženju.

Numerički TLM rezultati EM zračenja osnovne test štampane ploče u obliku slova L smeštene u pravougaonom kućištu verifikovani su poređenjem sa referentnim rezultatima dobijenim na osnovu simulacija pomoću ekvivalentnih dipola i merenja [5,9,10]. U ovom radu, razmatrana PCB struktura se sastoji od dve mikrostrip linije koje predstavljaju ulazne i izlazne kola za prilagođenje impedanse jednostepenog pojačavača snage koji radi na 1GHz [11]. Projektovane mikrostrip linije u obliku slova L smeštene su na FR4 supstratu. U modelu, prilazi na krajevima mikrostrip linija se realizuju preko žičanih elemenata, dok je tranzistor predstavljen ekvivalentnim modelom koji je zasnovan na S parametrima na radnoj frekvenciji. PCB se nalazi u pravougaonom metalnom kućištu kao tipičnoj zatvorenoj sredini za pojačavač. Pored toga, otvor na gornjem zidu kućišta takođe je uzet u obzir. Analiziran je uticaj zračenja ove PCB strukture na raspodelu EM polja distribucije je istražena. Numerički TLM rezultati EM polja na rezonantnim frekvencijama upoređeni su sa odgovarajućim rezultatima unutar kućišta na osnovu simulacije i merenja [5]. Takođe, raspodela EM polja unutar i van kućišta na radnoj frekvenciji pojačavača analizirana je u kontekstu EM zračenja od PCB elemenata.

## 2. MODELOVANJE POMOĆU TLM METODA

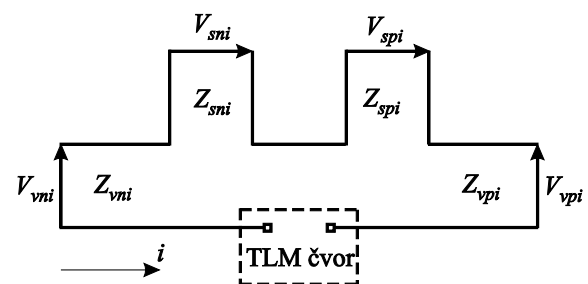
U TLM metodu, raspodela EM polja u tri dimenzije u pravougaonom metalnom kućištu u kome je smešten PCB, modeluje se ispunjavajući prostor unutar metalnog kućišta mrežom transmissionnih linija i pobuđujući odgovarajuću komponentu polja u mreži. Generalno, elektromagnetne karakteristike medijuma u kućištu se modeluju mrežom međusobno povezanih TLM čvorova, gde svaki čvor predstavlja deo medijuma u obliku kocke ili kružnog isečka u zavisnosti od primenjenog koordinatnog sistema (pravougaonog/ cilindričnog) [3]. Korektno modelovanje nehomogenog medijuma podrazumeva primenu rezolucije mreže za modelovanje dielektrika koja je  $\sqrt{\epsilon_r}$  puta veća od rezolucije mreže u prostoru ispunjenom vazduhom, u skladu sa uslovom ostvarivanja vremenskog sinhronizma u proceduri rasejanja.

Na Slici 1. prikazana je osnovna struktura simetričnog kondenzovanog čvora. U cilju postizanja većeg koraka vremenske diskretizacije, za potrebe modelovanja je upotrebljen hibridni simetrični kondenzovani čvor (*Hybrid Symmetrical Condensed Node HSCN*). Kako bi se dodatno ubrzao postupak simulacije, implementirani su najefikasniji TLM algoritmi za proračun matrice rasejanja i povezivanja, bazirani na primeni principa kontinuiteta električnog i magnetnog polja i održanja naelektrisanja i magnetnog fluksa.



Slika 1. Simetrični kondenzovani čvor

Kod žičanog TLM čvora, žičane strukture se tretiraju kao novi elementi u mreži koji povećavaju kapacitivnost i induktivnost sredine u kojoj se nalaze. Žičana mreža se formira od dodatnih električnih vodova i stabova čiji su parametri izabrani tako da modeluju rast kapacitivnosti i induktivnosti prouzrokovan prisustvom žice, održavajući u isto vreme sinhronizaciju sa drugim delom TLM mreže (Slika 2). Prostiranje signala duž žice i interakcija sa EM poljem se simulira pomoću posebne žičane mreže ugrađene u postojeću mrežu vodova TLM čvora. Na taj način olakšano je modelovanje žičanih struktura složene geometrije, ali je zato otežan postupak implementacije na računaru. Jedan od načina da se ovaj problem prevaziđe je uvođenje tzv. fiktivnog cilindra koji se može predstaviti nizom TLM čvorova unutar kojih se nalazi žica. Poluprečnik fiktivnog cilindra je nađen empirijski i njegova vrednost je različita za proračun kapacitivnosti i induktivnosti [6]. U pravougaonom koordinatnom sistemu poluprečnik fiktivnog cilindra ima istu vrednost za sve čvorove kroz koje prolazi žičani segment.



Slika 2. Konfiguracija žičane mreže za pravi žičani segment koji se prostire u i smeru

Karakteristike spoljašnjih graničnih površina TLM mreže se mogu izraziti preko koeficijenta refleksije  $\rho_w$ , preko otpornosti ili skin efekta. Pri tome se otpornost može izraziti preko koeficijenta refleksije na osnovu dimenzije čvorova i impedanse sredine. Spoljašnje granične površine sa proizvoljnim koeficijentom refleksije,  $\rho_w$ , se modeluju u TLM metodu završavajući vodove na granicama modelovanog prostora odgovarajućim opterećenjem. Ako je karakteristična impedansa voda različita od impedanse sredine,

ekvivalentni koeficijent refleksije TLM voda,  $\rho_{ij}$ , generalno je različit od  $\rho_w$ . Koeficijent refleksije voda,  $\rho_{ij}$ , se nalazi završavajući vod karakteristične impedanse  $Z_{ij}$  otpornošću  $R$ :

$$\rho_{ij} = \frac{R - Z_{ij}}{R + Z_{ij}} = \frac{(1 + \rho_w) - \hat{Z}_{ij}(1 - \rho_w)}{(1 + \rho_w) + \hat{Z}_{ij}(1 - \rho_w)}, \quad (1)$$

gde je  $\hat{Z}_{ij} = Z_{ij} / Z_{ij}^s$  normalizovana karakteristična

impedansa TLM voda,  $R = Z_{ij}^s \frac{1 + \rho_w}{1 - \rho_w}$  otpornost potrebna

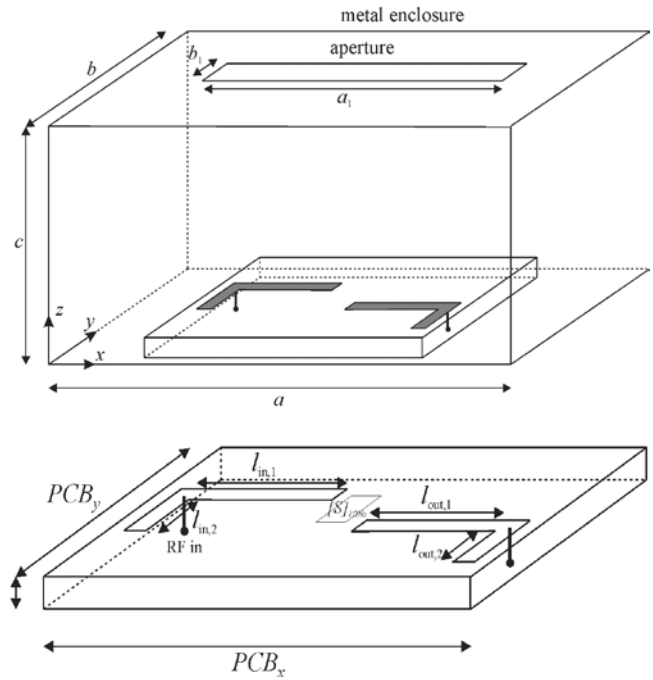
da bi se završio vod u cilju dobijanja koeficijent refleksije  $\rho_w$ . Ako spoljašnje granične površine predstavljaju električni ili magnetni zid važi da je  $\rho_w = \rho_{ij}$ . Za ostale vrednosti  $\rho_w$ ,  $\rho_{ij}$  će zavistiti od  $Z_{ij}$ .

### 3. REZULTATI I ANALIZA

TLM simulacije su izvršene kako bi se utvrdilo EM zračenje koje potiče od ulaznih i izlaznih kola za prilagođenje jednostepenog pojačavača, realizovanih u obliku mikrostrip linija na dielektričnoj podlozi i smeštenih u metalnom kućištu s otvorom. Dimenzije linija su projektovane za jednostepeni pojačavač snage baziran na LDMOSFET koji radi na 1GHz [11].

PCB struktura koja predstavlja odgovarajuća kola za prilagođenje kod jednostepenog pojačavača snage sastoji se od dve mikrostrip linije u obliku slova L, koje su postavljene na ploča od FR4 supstrata relativne permitivnosti  $\epsilon_r = 4.2$ , čije su dimenzije  $PCB_x \times PCB_y \times PCB_z = (250 \times 150 \times 1,5) \text{mm}^3$ . Širina linija je  $w = 3.1 \text{mm}$ , a dužina ogranaka je projektovana da bi se postiglo prilagođenje impedanse na ulazu pojačavača ( $l_{in,1} = 78.2 \text{mm}$ ,  $l_{in,2} = 31.6 \text{mm}$ ), i na izlazu pojačavača ( $l_{out,1} = 84.7 \text{mm}$ ,  $l_{out,2} = 27.7 \text{mm}$ ). Tranzistor korišćen kod pojačavača tipa LDMOSFET predstavljen je preko modela baziranog na S parametrima na 1GHz ( $S_{11} = 0.841e^{-j143^\circ}$ ,  $S_{21} = 6.01e^{j76^\circ}$ ,  $S_{12} = 0.018e^{j11^\circ}$ ,  $S_{22} = 0.728e^{j64^\circ}$ ). PCB se napaja spoljašnjim RF signalom preko sonde (prečnika od 0,5 mm) smeštene na jednom kraju mikrostrip linije koja predstavlja ulazno kolo. U skladu sa dizajnom pojačavača koji se u praksi napaja spoljašnjim RF signalom preko SMA konektora, numerička karakterizacija ulaznih i izlaznih priključaka može se realizovati preko tzv. žičanih portova.

Ova PCB struktura je smeštena na dnu metalnog pravougaonog kućišta dimenzija  $a \times b \times c = (284 \times 204 \times 75) \text{mm}^3$ . U TLM modelu ovakve strukture, zidovi kućišta su predstavljeni preko koeficijentata refleksije, dok su koaksijalni portovi opisani pomoću kompaktnog žičanog modela, priključivanjem generatora i opterećenja u tzv. TLM žičanim portovima na krajevima mikrostrip linije. Takođe, u model je uključen otvor dimenzija  $a_1 \times b_1 = (250 \times 10) \text{mm}^2$ , postavljen na gornjem zidu kućišta iznad PCB. Geometrija PCB koji predstavlja odgovarajuće sklopove mikrotalasnog pojačavača u kućištu je prikazana na Slici. 3.

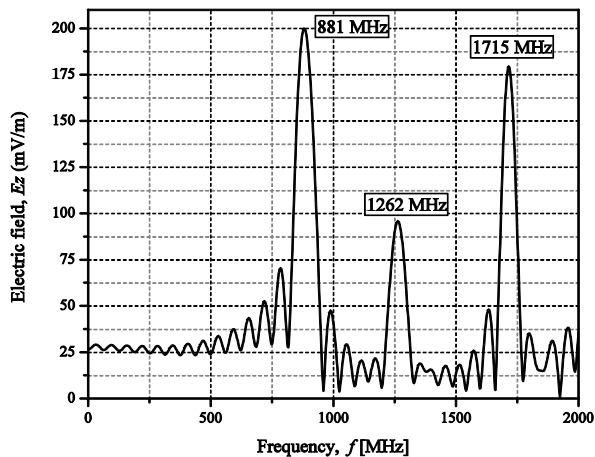


Slika 1. TLM model PCB strukture u kućištu sa otvorom

Kada je PCB struktura smeštena unutar kućišta, od posebnog značaja je ispitivanje EM zračenja u blizini rezonantnih frekvencija metalnog kućišta. S obzirom da prisustvo PCB izaziva pomeranje frekvencija i takođe utiče na nivo EM polja, modelovanje PCB elemenata je od velikog značaja u simulacijama ovakvih struktura. Uticaj otvora nije kritičan za rezonanse kada je dimenzija otvora mnogo manja od zapremine kućišta, u kom slučaju se ne remeti distribucija EM polja unutar kućišta. Iz navedenih razloga, najpre su analizirani numerički rezultati rezonantnih frekvencija zatvorenog kućišta unutar koga je smeštena modelovana PCB struktura. Slika 4 predstavlja rezultate rezonantnih frekvencija dobijene TLM simulacijom na osnovu komponente vertikalnog električnog polja u kućištu iznad PCB, u tački  $z = 35 \text{mm}$ , što odgovara sredini otvora u  $xy$  ravni ( $x = 142 \text{mm}$ ,  $y = 75 \text{mm}$ ). U cilju ilustracije efekta prisustva PCB koje predstavlja odgovarajuća kola za prilagođenje pojačavača, dobijeni rezultati rezonantne frekvencije u Tabeli 1, upoređeni su s odgovarajućim vrednostima dobijenim na osnovu simulacije i merenja osnovnog test PCB elementa u istom kućištu [5].

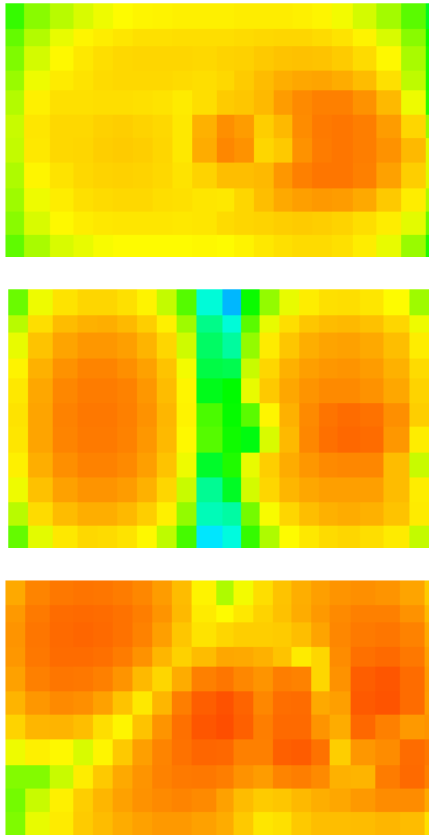
Tabela 1. Rezonantne frekvencije

PCB u kućištu	Merenja [5] <i>Test element</i>	TLM simulacija	
		<i>Test element</i>	<i>Kola za prilagođenje pojačavača</i>
Rezonantne frekvencije (MHz)	900	903	881
	1290	1285	1262
	1740	1749	1715



Slika 4. TLM numerički rezultati vertikalne komponente električnog polja u slučaju PCB koji predstavlja pojačavač snage u kućištu sa otvorom

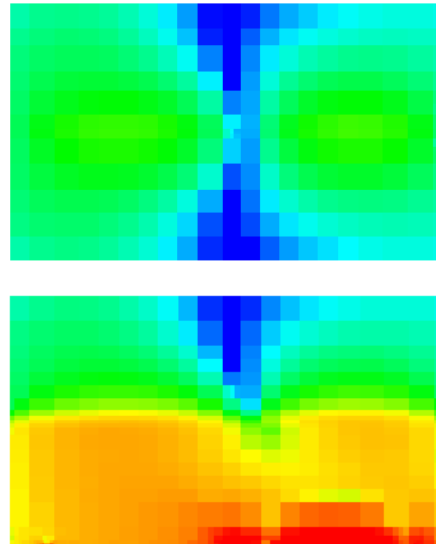
Slika 5 prikazuje odgovarajuće dijagrame na osnovu rezultata simulacije vertikalne komponente električnog polja na rezonansama kućišta, u horizontalnoj ravnini  $xy$ , uzorkovanih na  $z = 35$  mm iznad PCB. Dobijeni rezultati ilustruju promenu raspodele EM polja umutar kućišta usled fizičkog prisustva PCB elemenata, u odnosu na odgovarajuće rezultate simulacije na osnovu metoda ekvivalentnih dipola i odgovarajućih merenja [5].



Slika 2. Raspodela  $E_z$  komponente polja na osnovu TLM simulacija na rezonantnim frekvencijama kućišta

Osim na rezonantnim frekvencijama kućišta, od posebnog interesa su EM zračenja na radnoj frekvenciji

pojačavača snage. Slika 6 prikazuje rezultate TLM simulacija komponente električnog polja na frekvencije  $f=1$  GHz, u vertikalnoj  $xz$  ravni, na visini  $y = 142$  mm (sredina položaja otvora), a koji predstavljaju EM zračenja unutar i izvan kućišta. Takođe, dati su i rezultati vertikalne komponente električnog polja na radnoj frekvenciji pojačavača u horizontalnoj  $xy$  ravni, na visini od 15 mm iznad otvora, što predstavlja EM zračenje izvan kućišta na 1 GHz. S obzirom da su rezultati vertikalne komponente na radnoj frekvenciji uzorkovani unutar i izvan kućišta, TLM mreža je proširena na prostoru iznad gornjeg zida kućišta na kome se nalazi otvor.



Slika 3. Raspodela  $E_z$  komponente polja na osnovu TLM simulacija na radnoj frekvenciji: a) u horizontalnoj ravni iznad kućišta b) u vertikalnoj ravni

Generalno, dijagrami koji predstavljaju EM zračenja unutar kućišta dominantno su određena položajim žičanih portova i mikrostrip linija. Na osnovu Slike 6. može se videti da su zračenja izvan kućišta su znatno manja u odnosu na odgovarajuće nivoe unutar kućišta. Takođe zračenje koje potiče iz linija koje predstavljaju izlazno kolo za prilagođenje mnogo su veća u odnosu na ona koju potiču od ulaznog kola za prilagođenje, s obzirom na nivo signala pojačan od tranzistora. Nivoi zračenja izvan kućišta, osim žičanih elemenata i mikrostrip linije, takođe su određeni i položajem otvora na metalnom kućištu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu da je, kod testova elektromagnetske kompatibilnosti, jedno od glavnih polja interesovanja jačina i raspodela polja zračenja uređaja koji se testira (Equipment Under Test - EUT), u ovom radu su prezentovani rezultati zračenja PCB strukture koja predstavlja kola za prilagođenje pojačavača snage. Metod primenjen za određivanje emitovanog zračenja PCB elementa koristi model baziran na TLM modelovanju test ploče u zatvorenom okruženju, koji uzima u obzir interakciju između fizičkog prisustva PCB elementa i kućišta. Koaksijalni portovi i model tranzistora takođe su

uzeti u obzir. Analizirani su dijagrami EM zračenja na rezonantnim frekvencijama unutar i izvan kućišta sa otvorom, kao i uticaj otvora na EM zračenje.

Uticaj prisustva pojedinih elemenata PCB u kućištu sa otvorom analiziran je poređenjem vrednosti rezonantnih frekvencija dobijenih korišćenjem TLM metoda sa referentnim vrednostima rezonansi kućišta dobijenih pomoću simulacija i odgovarajućih merenja. Takođe, prezentovani su dijagrami raspodele EM zračenja na radnoj frekvenciji pojačavača unutar i van kućišta sa otvorima i analiziran je uticaj pojedinih elemenata.

Na osnovu prikazanih rezultata, dobijenih na primeru modela štampane ploče u zatvorenom okruženju, može se zaključiti da je TLM metod veoma pogodan za modelovanje PCB struktura u obliku mikrostrip traka na ploči napravljenoj od supstrata i smeštenoj u kućištu. Kompaktni žičani TLM model omogućava modelovanje žičanih provodnika koji se koriste za povezivanje različitih slojeva PCB strukture. Postignuto je dobro slaganje rezultata dobijenih TLM metodom i referentnih rezultata baziranih na simulacijama i merenjima.

Rezultati na bazi simulacije PCB strukture osnovnog pojačavača snage u realnim uslovima, kao što je metalno kućište sa otvorom, pokazuju da je uključivanje osnovnih karakteristika, kao što su mikrostrip linije kola za prilagođenje i žičanih portova, kao model tranzistora, omogućava precizno određivanje zračenja polja unutar kućišta u kome je smešten PCB. TLM metod se može primeniti i za modelovanje složenih višeslojnih PCB struktura, ali pri tome se moraju uzeti u obzir troškovi numeričke analize, rezolucija i preciznost. Takođe, zračenje malih elemenata PCB strukture i ivica zbog kućišta, zahteva posebno dobru karakterizaciju, zbog čega se može zahtevati uključivanje dodatnih parametara predstavljenih u ekvivalentnim modelima. Ipak, ovde je pokazano da se TLM metod može koristiti za karakterizaciju zračenja PCB struktura u realnim okruženjima i omogućava istraživanje parametara od interesa za EMC analizu.

## 5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat istraživanja u okviru projekta: Razvoj digitalnih tehnologija i umreženih servisa u sistemima sa ugrađenim komponentama – III44009, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Christopoulos, C., *Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility*, 2<sup>nd</sup> edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 2007.
- [2] Kunz, K. S., Luebbers, R. J., *The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics*, CRC Press, Boca Raton, FL, 1993.
- [3] Christopoulos, C., *The Transmission-Line Modelling (TLM) Method*, IEEE Press / Oxford University Press, Piscataway, NJ, 1995.
- [4] Balanis, C. A., *Antenna Theory - Analysis and Design*, John Wiley and Sons, New York, 1997.
- [5] Tong, X., Thomas, D.W.P., Nothofer, A., Sewell, P., Christopoulos, C., "Modeling Electromagnetic Emission From Printed Circuit Boards in Closed Environment Using Equivalent Dipoles", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, Vol. 52, No. 2, pp. 462-470, 2010.
- [6] Wlodarczyk, A. J., Trenkic, V., Scaramuzza, R., Christopoulos, C., "A Fully Integrated Multiconductor Model For TLM", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 46, No. 12, pp. 2431-2437, 1998.
- [7] Trenkic, V., Scaramuzza, R., "Modelling of Arbitrary Slot Structures Using Transmission Line Matrix (TLM) Method", *International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Zurich, Switzerland, pp. 393-396, 2001.
- [8] Dončov, N., Wlodarczyk, A. J., Scaramuzza, R., Trenkic, V., "Compact TLM Model of Air-vents", *Electronics Letters*, Vol. 38, No. 16, 2002, pp. 887-888.
- [9] Bratislav Milovanović, Jugoslav Joković, Nebojša Dončov, "Modelling of Printed Circuit Boards in Closed Environment Using TLM Method", *Proc. of the SSSS 2012 Conference*, Niš, Serbia, pp. 93-96, February 2012.
- [10] Jugoslav Joković, Nebojša Dončov, Bratislav Milovanović, Tijana Dimitrijević, "Analysis of Outdoor Emissions from Printed Circuit Board Enclosed in Metallic Box with Aperture", *Proc. of the SSSS 2014 Conference*, Niš, Serbia, pp. 47-50, February 2014.
- [11] Aleksandar Atanasković, Nataša Maleš-Ilić, Bratislav Milovanović: "Linearization of power amplifiers by second harmonics and fourth-order nonlinear signals", *Microwave and Optical Technology Letters*, Wiley Periodicals, Inc., A Wiley Company, Vol.55, Issue 2, pp.425-430, 2013.

# PREDIKCIJA KURSNIH RAZLIKA POMOĆU NEURALNIH MREŽA

## EXCHANGE RATE FORECASTING USING NEURAL NETWORKS

Jovana Božić<sup>1</sup>

*Računarski fakultet, Univerzitet Union<sup>1</sup>*

**Sadržaj** - U poslednje vreme, proces predikcije kursnih razlika je privukao dosta pažnje zbog sve većih primena u praksi. Jedan od sve popularnijih načina pristupa ovom važnom finansijskom problemu jeste pomoću neuralnih mreža. Među najvažnijim faktorima koji utiču na njihove performanse su ulazni podaci i arhitektura neuralnih mreža, a za sada nisu utvrđena univerzalna pravila za pravljenje idealnog modela neuralne mreže. U radu je napravljen osvrt na svaki od navedenih faktora, na analizu performansi mreža, kao i na njihovu kombinaciju sa drugim tehnikama predikcije. Na kraju su izneti zaključci i smernice za buduća istraživanja.

**Abstract** – Recently, the process of exchange rate prediction has attracted a lot of attention due to its increasing application in practice. One of the most popular approaches to this important financial problem is by using neural networks. Among the most important factors affecting neural networks performance are input data and the architecture of neural network. For now, there are no established universal rules to create neural networks that will perform with precise prediction. In this paper, a review of each of these architecture design parameters is made. Along with that, analysis of neural network combination with other prediction techniques is made. At the end, conclusions and directions for future research are stated.

### 1. UVOD

Srednji kursevi valuta predstavljaju šumovite, nestacionarne i haotične nizove [1]. Njihove fluktuacije mogu povoljno ili nepovoljno da utiču na stanje jedne države čija sposobnost direktno zavisi od toga koliko je ona u stanju da se efektivno izbori sa ovim rizikom nestabilnosti valute. Kursne razlike imaju veliki uticaj i na nacionalne kompanije i strane investicije, a na njih utiču ekonomski, politički i psihološki faktori. Interakcija ovih faktora je veoma kompleksna, tako da predikcija ovih posebnih vremenskih nizova predstavlja veliki izazov. Naime, devizno tržište je jedno od najvećih i najturbulentnijih finansijskih tržišta, sa procenom od 1\$ triliona razmene svakog dana [2]. Kao takvo, ono je veoma osetljivo, tako da čak i mali poremećaji dovode do velikih iskanjanja, koja se manifestuju pomeranjem kursnih razlika. To govori da je tržišna ravnoteža vrlo osetljiva, kao i da je psihološki faktor dosta izražen. Pored ovoga, neophodno je pomenuti i ekonomski uticaj, kako domaćih, tako i stranih poremećaja (svetska ekonomska kriza). Zbog ove nepredvidivosti i nestabilnosti tržišta

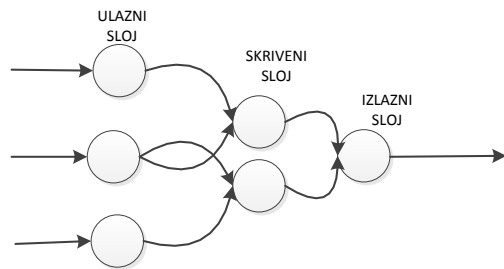
može se zaključiti da ne postoje egzaktno i kompletne informacije iz kojih bi moglo da se zaključi kako bi išlo kretanje kursa u budućnosti. Takođe, imajući u vidu šumovitost i nestacionarnost kursnih razlika, trebalo bi voditi računa da se u ovom prognoziranju ne mogu koristiti tradicionalne statističke metode. Do sada su predloženi razni teoretski modeli, ali na žalost, empirijski rezultati za sada nisu ispunili ta teorijska očekivanja. Opšta pretpostavka koja se pravi u ovom slučaju jeste da se sve važne osobine za predikciju nalaze u prošlosti kursa i da se analizom te prošlosti može prognozirati budućnost.

Rad se sastoji od šest delova. U narednom poglavlju predstavljene su neuralne mreže, dok su u trećem delu opisani faktori modelovanja neuralnih mreža. U četvrtom delu je dat pregled predikcionih tehnika sa kojima se neuralne mreže najčešće kombinuju, a kratak zaključak o predikciji kursnih razlika pomoću neuralnih mreža izveden je u petom delu.

### 2. NEURALNE MREŽE

Neuralne mreže se zasnivaju na ljudskom mozgu, i kao takve, one detektuju unutrašnje procese i veze koje postoje u nizu podataka, a zatim obavljaju zadatke kao što su prepoznavanje šablona, klasifikacija, evaluacija, modelovanje, predikcija i kontrola [3]. Neuralne mreže se dobro ponašaju u sredinama za koje su karakteristične kompleksne, šumovite, irelevantne i nepotpune informacije. Sastoje se od ulaznog, proizvoljnog broja srednjih slojeva i izlaznog sloja. Svaki sloj sadrži određen broj čvorova - neurona. Na Sl.1 je dat prikaz jedne neuralne mreže (konkretno najpopularnije i u literaturi najčešće korišćene *Multi Layer Perceptron MLP* mreže) koja se sastoji od tri čvora u ulaznom sloju, dva u srednjem i jednim u izlaznom.

Iako su mnoge organizacije izrazile nameru za većom primenom neuralnih mreža, do sada je malo onih koji su ih i uspešno primenili u predikciji kursnih razlika. Čak i oni koji su to uspeli, utrošili su veliki broj svojih resursa u njihovom testiranju i podešavanju parametara. Naime, neuralne mreže se u literaturi dosta kritikuju zbog svojih osobina i rešenja koja nude (ponašaju se poput „crne kutije“), predugih perioda treniranja, poteškoća u dobijanju i kasnije ponavljanju stabilnih rešenja, opasnosti od „pretreniranja“ i velikog broja parametara njihove arhitekture koji se moraju eksperimentalno utvrditi da bi se napravila precizna predikcija [4].



Slika 1. Primer MLP neuralne mreže sa tri ulazna neurona, jednim skrivenim slojem od dva neurona i jednim izlaznim neuronom.

### 3. FAKTORI MODELOVANJA NEURALNIH MREŽA

Jedan od najbitnijih faktora modelovanja neuralnih mreža jeste vrsta ulaznih podataka. Postoje dve vrste ulaznih promenljivih – tehničke i fundamentalne. Tehničke ulazne vrednosti mogu biti zakasneli odbirci vremenskog niza, pokretni prosek (*moving average*), indeks relativne snage (*Relative Strength Index RSI*), pokretni prosek konvergentne divergencije (*Moving Average Convergence Divergence MACD*) itd. Ova vrsta pristupa gde se ulazi baziraju na tehničkoj analizi niza se naziva univarijantni pristup. S druge strane, fundamentalne ulazne vrednosti su ekonomski indikatori kao što su indeksi potrošačkih cena, bruto domaći proizvod, kamatne stope itd. i one se koriste kod multivarijantnog pristupa. Za razliku od univarijantnog, kod ovog pristupa se za ulazne podatke koristi ne samo niz već i podaci van njega. Ovi ulazni podaci se zasnivaju na ekonomskoj i finansijskoj analizi i utvrđuju se tako što se prvo iz pomenutih oblasti nadje što više mogućih promenljivih, a zatim se iz tog skupljenog skupa odstrane sve one koje doprinose šumu i koje smanjuju moć generalizacije mreže (u tu svrhu se koriste različiti statistički algoritmi) [5]. Neka generalna pravila za fazu skupljanja ulaznih podataka su da se mora prikupiti dovoljna količina podataka, i to onih koji su od važnosti za proces predikcije (npr. izbeći korišćenje irelevantnih a na izgled bitnih podataka). Veoma je bitno izanalizirati i druge transformacije i kombinacije promenljivih i utvrditi koje od njih efektivnije i bolje opisuju problem. Tek nakon ovoga, primenjuju se razne metode normalizacije, drugi važan faktor kad se radi o modelovanju ulaznih podataka.

Kad se radi o modelovanju neuralnih mreža, veoma je važan način preprocesiranja ulaznih podataka. Jedan od razloga zašto se normalizacija, iako ne neophodna, ne može izbeći jeste što ukoliko se koriste funkcije koje su validne samo u određenom opsegu mreža neće moći da generiše izlaze van tih opsega. Stoga, ciljne vrednosti za treniranje moraju biti normalizovane. Takođe, normalizacija je poželjna i ako se koriste multivarijantne ulazne vrednosti, jer u ovom slučaju ako se normalizacija ne izvrši, promenljive sa većim vrednostima će imati prednost, a važno je da za proces treniranja sve promenljive imaju isti značaj.

Važan uticaj na performanse neuralnih mreža igra i način podele ulaznih podataka na skupove za treniranje i

testiranje. Prvi skup se koristi u treniranju i formiranju neuralne mreže, dok se skup za testiranje koristi da se proceni njena sposobnost predikcije. Neki istraživači koriste i treći – validacioni skup, koji služi da bi se izbegli *overfitting* problem (problem kad je mreža previše istrenirana) i da bi se utvrdilo kada zaustaviti mrežu u procesu treniranja. Što se tiče ove podele, većina istraživača ne iznosi razlog konkretne podele ulaznih podataka, već ih samo navode, pa je teško utvrditi univerzalni princip za podelu.

Jedan od bitnih faktora u kompleksnom procesu predikcije kursnih razlika pomoću neuralnih mreža jeste i predikcioni horizont, odnosno koliko koraka unapred se vrši predikcija. Posmatrajući problem sa ovog aspekta razlikuju se tri vrste predikcije (korak, odnosno frekvencija uzimanja odbiraka je uglavnom jedan dan):

- *Kratkoročna (short-term)* predikcija: 1-3 koraka unapred.
- *Srednjoročna (medium-term)* predikcija: 4-8 koraka unapred.
- *Dugoročna (long-term)* predikcija: više od 8 koraka unapred.

Analizom literature je utvrđeno da pravilo za biranje horizonta predikcije ne postoji i većina istraživača se nije bavila analiziranjem uticaja ovog faktora. Ono što se za sada može zaključiti jeste da neuralne mreže za kratkoročne i srednjoročne predikcije daju dobre rezultate, ali za dugoročne one i dalje nisu najpogodniji alat [6].

Važan faktor kod dizajna neuralnih mreža koje će se koristiti u procesu predikcije jeste i izbor mreže koja će se trenirati i modelovati. U literaturi su najpoznatije dve klase neuralnih mreža – *feedforward* i rekurentne mreže. *Feedforward* neuralne mreže su najjednostavniji tip neuralnih mreža, brzog odziva. U njima se informacije kreću u jednom smeru, od ulaznih čvorova, preko čvorova skrivenog sloja ka izlaznim, bez formiranja povratnih petlji. Prednost im je što mogu da se uhvate nelinearnosti vremenskih nizova bez prethodnog znanja o kom tipu nelinearnosti se radi. Najpopularnija mrežna arhitektura ove vrste je višeslojni perceptron (*Multi Layer Perceptron MLP*) koji je veoma lak za implementaciju i stoga dosta popularan kod istraživača. Sastoji se od ulaznog, proizvoljnog broja skrivenih slojeva i izlaznog sloja. MLPs se uglavnom dizajniraju po principu proba i testiranja, odnosno iako mogu da aproksimiraju bilo koju nelinearnu funkciju, nema utvrđenih pravila u biranju strukture ovih mreža. Rekurentne mreže (*Recurrent Neural Networks RNNs*) su mreže sa povratnom spregom, odnosno mreže kod kojih postoje povratne petlje među neuronima. Svaki put kad na ulaz dođe određeni skup podataka, mreža mora da prođe određeni broj ciklusa pre nego što proizvede izlaz. Značajne su jer mogu da nauče izuzetno kompleksne zadatke, ali se duže i teže treniraju u poređenju sa *feedforward* mrežama. Iako se dosta

istraživača bavilo analizom osnovnih parametara arhitekture neuralnih mreža [4], generalno ne postoje pravila za pravljenje njihovog idealnog modela u predikciju kursnih razlika. Ipak, istraživači zbog jednostavnosti dizajna i brzine treniranja, najviše preporučuju korišćenje *MLP* mreža.

Od ostalih faktora koje bi trebalo napomenuti a koji mogu uticati na performanse neuralnih mreža spadaju transfer funkcije i algoritmi za treniranje. Najpopularnije transfer funkcije su log sigmoidne i hiperbolične tangentne sigmoidne funkcije [7]. Spisak najčešće korišćenih funkcija je dat u Tabeli 1. U radu [8] su poređene sigmoidne sa drugim funkcijama, pa je tako ustanovljeno da npr. polinomijalne funkcije daju lošije rezultate u odnosu na sigmoidne ukoliko je u pitanju niz koji je šumovit i sa nelinearnim vezama unutar sebe. Generalnih pravila za biranje funkcija slojeva neuralnih mreža nema i iako se ista transfer funkcija može koristiti u svim slojevima, većina istraživača preporučuje korišćenje sigmoidnih funkcija u skrivenim slojevima a linearne funkcije u izlaznom sloju [4].

Što se tiče algoritama za treniranje, najčešće se koristi algoritam prostiranja unazad (*backpropagation algorithm*) [9]. Iako on ima nedostatak zaglavljivanja u lokalnom optimumu, većina istraživača ipak preporučuje upravo ovaj algoritam. Kao alternativne opcije postoje i *Levenberg Marquardt* algoritam [10], *Generalized Reduced Gradient GRG* algoritam [11] i algoritam konjugovanog gradijenta (*Scaled Conjugate gradient*) [12].

<b><i>Funkcija</i></b>	<b><i>Definicija</i></b>	<b><i>Opseg izlaznih vrednosti</i></b>
<b>Linearna</b>	$f(x) = x$	$(-\inf, +\inf)$
<b>Simetrična zasićena linearna</b>	$f(x) = \begin{cases} -1, & x < -1 \\ x, & -1 \leq x \leq +1 \\ +1, & x > +1 \end{cases}$	$[-1, +1]$
<b>Log sigmoidna</b>	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	$(0, +1)$
<b>Hiperbolična tangentna sigmoidna</b>	$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$	$(-1, +1)$

#### 4. KOMBINACIJE NEURALNIH MREŽA SA DRUGIM TEHNIKAMA

Kombinacija neuralnih mreža sa drugim metodama, odnosno nastanak hibridnih sistema je bio sledeći logičan korak u fazi poboljšanja performansi neuralnih mreža. Naime, kombinacija neuralnih mreža sa metodama kao što su talasići (*wavelet-i*), genetski algoritmi, ekspertski sistemi ili *fuzzy* logika može dosta da poboljša rezultate predikcije kursnih razlika. Iako svaka od pomenutih metoda ima svoje prednosti i mane, slabosti jedne mogu se nadomestiti prednostima druge i time se stvoriti jedna komplementarna tehnika koja daje bolje rezultate nego dve metode individualno.

Prvi alat pogodan za kombinaciju sa neuralnim mrežama je analiza pomoću talasića (*wavelet* analiza). Talasići su vrsta transformacije pomoću koje se vremenski niz razlaže na komponente koje postoje na različitim frekvencijama. Pomoću procesa dekompozicije, kursne razlike se mogu razložiti na koeficijente do određenog nivoa rezolucije, a potom se može utvrditi koji od njih predstavlja šum i zatim ga anulirati.

Drugi alat veoma često korišćen u praksi zajedno sa neuralnim mrežama je genetski algoritam (*Genetic Algorithm GA*) koji predstavlja adaptivni heuristički algoritam zasnovan na analogiji sa biološkom evolucijom. U poslednje vreme ova metoda je postala veoma popularna u predikciji kursnih razlika jer je, za razliku od ostalih tehnika, pogodna za optimizaciju parametara i robusna, odnosno njen algoritam se po potrebi lako proširuje.

Treći alat pogodan za kombinaciju sa neuralnim mrežama su ekspertski sistemi koji se zasnivaju na znanju i koji se koriste za rešavanje problema koje je teško formalizovati. Naime, ovim principom se rešenje problema formuliše nezavisno od konkretnih uslova u datom slučaju i ono se izražava preko odgovarajućeg algoritma koji se može napisati u nekom od klasičnih proceduralnih programskih jezika.

Četvrta metoda je *fuzzy* logika koja predstavlja pristup koji je sličan teoriji verovatnoće. Kod ove metode nije precizno definisana pripadnost elementa određenom skupu pa se s tim u vezi pripadnost meri nekom vrednošću od 0 do 1 (takozvani „stepen istine“). Prednosti ove logike su što je jednostavna za primenu i što se njen algoritam lako proširuje.

Tako na primer, u literaturi postoji veliki broj radova u kojima se analiziralo ponašanje hibridnih sistema u predikciji kursnih razlika gde autori kombinuju neuralnu mrežu sa genetskim algoritmom za predikcije raznih kursnih razlika [13]. Princip rada u ovakvoj vrsti istraživanja jeste da se mreža uspešno istrenira a da onda da se primeni genetski algoritam radi optimizovanja performansi. U radu [14] se analizira neuralna mreža sa radijalnim funkcijama (*Radial Basis Function RBF* mreža) čiji su optimalni parametri pronađeni pomoću

evolucionarnih algoritama primenjenim u C++ programskom okruženju. U radu [15] se koristio hibridni metod zasnovan na neuralnoj mreži i genetskom algoritmu koji je pokazao bolje rezultate od tradicionalnih tehnika sa neuralnim mrežama i od statističkih metoda, a konkretno najbolji rezultati su postignuti korišćenjem *cost* funkcija. U radu [16] kao jedna od tehnika analizirano je genetsko učenje na kursnoj razlici britanske funte u odnosu na američki dolar. Pored pomenute, autori su analizirali i tzv. pojačano učenje (*reinforcement learning*), a kao dodatna poboljšanja rada ovakvih modela pominje se i neuro-dinamičko programiranje (*neuro-dynamic programming NDP*) koje predstavlja kombinaciju neuralnih mreža sa dinamičkim programiranjem. U tezi [17] je na primerima više različitih kursnih razlika predstavljen poboljšani hibridni model sa neuralnim mrežama, stacionarnom wavelet transformacijom i statističkom analizom ulaznih podataka. Takođe je razmatran i uticaj uklanjanja šuma pomoću talasića na proces predikcije. Rezultati su pokazali da predloženi hibridni model daje mnogo bolje rezultate od drugih metoda korišćenih za poređenje. Autor [18] je integrisao talasiće i neuralnu mrežu sa genetskim algoritmom i došao do zaključka da predloženi sistem može da prediktuje kursne razlike u intervalu od jedan, sedam i trideset dana sa tačnošću koja ne opada sa povećanjem horizonta prediktovanja. U [19] je korišćena kombinacija talasića (u svrhu uklanjanja šuma) i neuralne mreže, pri čemu je prag šuma optimizovan pomoću genetskog algoritma. Analiza je rađena na kursu koreanskog vona u odnosu na američki dolar, a rezultati su pokazali da ova metoda biranja praga daje bolje rezultate od tradicionalnih tehnika. Rad [20] se bavi komparativnom analizom neuralnih mreža i *fuzzy* logike za predikciju kursnih razlika američkog dolara i britanske funte, a jedna od arhitektura koja je bila testirana je i *fuzzy*-neuralni hibridni model, koji je dao dobre rezultate za pomenutu kursnu razliku.

U literaturi postoji veliki broj radova koji tvrde da su performanse neuralnih mreža daleko bolje od performansi drugih predikcionih tehnika. S druge strane, zbog postojanja radova koji tvrde suprotno – dolazi se do nekonzistentnosti u stavu da li su ovi alati zaista tako uspešni prediktori. Takođe, zapaženo je da se često i u okviru istog rada iznose kontradiktorni zaključci, (uglavnom u zavisnosti od načina obrade, količine ulaznih podataka, dužine predikcionog horizonta ili evaluacionog kriterijuma). Iz svega ovoga, evidentno je da se hibridni modeli sa neuralnim mrežama sve više nameću i postaju sve zastupljeniji u predikciji kursnih razlika. Istraživači imaju veće slobode treniranja i dizajna predikcionih modela, veće mogućnosti manevrisanja sa parametrima i mogućnost kompenzacije teško premostivih mana kod predikcije sa individualnim metodama.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su analizirane neuralne mreže kao sredstvo za predikciju kursnih razlika. Zaključeno je da se ovi alati mogu relativno uspešno koristiti kao predikcione

tehnike za ovu vrstu finansijskog niza, ali da postoji veliki broj faktora koji utiču na njihove performanse i moć prognoziranja. Ti faktori se pre svega tiču ulaznih podataka, njihove količine i vrste obrade kao i mrežne arhitekture i upravo oni čine predikciju kursnih razlika visoko-dimenzionalnim problemom. Univerzalna pravila i postojanje sistematskog pristupa odabiru ovih parametara ne postoje, što predikciju kursnih razlika svrstava među najkompleksnije probleme današnjice.

Vidno je da su neuralne mreže kao alat za predikciju privukle veliku pažnju i većina istraživača se slaže da bi njihova pravilna primena napravila revoluciju na svetskom ekonomskom tržištu. Ipak, zbog čestih kritika na njihov račun (nestabilnost rešenja, preduga vremena treniranja, veliki broj parametara koji se eksperimentalno utvrđuju) u budućnosti bi se trebalo okrenuti dubljoj analizi parametara i podataka korišćenih u radu i pravljenju određenog sistematskog pristupa za dobijanje boljih rezultata. Takođe, iako su neuralne mreže kao individualne metode pokazale potencijal u oblasti finansijske predikcije, njihova integracija sa drugim tehnikama se nameće kao još bolje, a nedovoljno istraženo rešenje za predikciju kursnih razlika.

## LITERATURA

- [1] Yaser, S., Atiya, A. „Introduction to Financial Forecasting“, Applied Intelligence, Vol.6, pp 205-213, 1996.
- [2] Yao, J., and Tan, C.L. „A case study on using neural networks to perform technical forecasting of forex“, Neurocomputing 34, pp. 79-98, 2000.
- [3] Yu, L., Wang, S., Lai, K.K. Foreign-Exchange-Rate Forecasting with Artificial Neural Networks, Springer, New York, 2007.
- [4] Kaastra, I., and Boyd, M. “Designing a neural network for forecasting financial and economic time series”, Neurocomputing, 10, pp 215-236, 1995.
- [5] Walczak, S., and Cerpa, N. „Heuristic principles for the design of artificial neural networks“, Information and Software Technology, 41, pp 107–117, 1999.
- [6] Chun, S.H., and Kim, S.H. „Impact of momentum bias on forecasting through knowledge discovery techniques in the foreign exchange market“, Expert Systems with Applications, 24, pp 115-122, 2003.
- [7] Kalman, B.L., and Kwasney, S.C. „Why tanh: Choosing a sigmoidal function“, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, Vol. 4, pp 578-581, Baltimore, MD IEEE, 1992.
- [8] Moody, J., and Yarvin, N. „Networks with learned unit response functions“, in: Moody, J., Hanson, S.J., Lippmann, R.P. (Eds.). „Advances in Neural Information Processing Systems 4“, Morgan Kaufmann, San-Mateo, CA, pp 1048-1055, 1992.
- [9] Bozic, J., and Babic, D. „Predicting the EUR/RSD exchange rate using wavelets and neural network“, Proceedings of International Conference on Applied Internet and Information Technologies, Zrenjanin, Serbia, pp 108-112, 2013.
- [10] Burney, S., Jilani, T., Ardil, C. „Levenberg-Marquardt Algorithm for Karachi Stock Exchange Share



Rates Forecasting“, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol.3, pp 171-176, 2005.

[11] Hu, M.Y., Zhang, G., Jiang, C.X., Patuwo, B.E. „A cross-validation analysis of neural network out-of-sample performance in exchange rate forecasting“. Decision Sciences, 30(1), pp 197-216, 1999.

[12] Zhang, G.P., Berardi, V.L. „Time series forecasting with neural network ensembles: an application for exchange rates prediction“, Journal of the Operational Research Society, 52, pp 652-664, 2001.

[13] Pacelli, V., Bevilacqua, V., Azzollini, M. "An Artificial Neural Network Model to Forecast Exchange Rates," Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, Vol. 3, No. 2, pp. 57-69, 2011.

[14] Rivas, V.M., Merelo, J.J., Castillo, P.A., Arenas, M.G., Castellano, J.G. „Evolving RBF neural networks for time-series forecasting with EvRBF“, Information Sciences 165 (3), pp 207-220, 2003.

[15] Nag, A.K., Mitra, A. „Forecasting daily foreign exchange rates using genetically optimized neural networks“, Journal of Forecasting, 21, pp 501-511, 2002.

[16] Dempster, M.A.H., Payne, T.W., Romahi, Y., Thompson, G.W.P. „Computational learning techniques for intraday FX trading using popular technical indicators“, IEEE Transactions on Neural Networks, 12(4), pp 744-754, 2001.

[17] Tan, C., Financial Time Series Forecasting Using Improved Wavelet Neural Network, Master's Thesis, Aarhus University, 2009.

[18] Tao, H. „A Wavelet Neural Network Model for Forecasting Exchange Rate Integrated with Genetic Algorithm“, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.6, No.8A, 2006.

[19] Shin, T., and Han, I. „Optimal signal multi-resolution by genetic algorithm to support artificial neural networks for exchange-rate forecasting“, Expert Systems with Application 18, pp 257–269, 2000.

[20] Kodogiannis, V.S., and Lolis, A. “Forecasting exchange rates using neural network and fuzzy system based techniques“, Neural Computing and Applications 11 (2), pp 90-102, 2002.

# COMPUTER SIMULATION OF DIFFUSION PHENOMENA IN CAPILLARY LIQUID BRIDGE

Zoran S. Nikolic<sup>1</sup>, Kazunari Shinagawa<sup>2</sup> and Branislav Randjelovic<sup>1</sup>  
*University of Niš, Faculty of Electronic Engineering, Serbia<sup>1</sup>*  
*Kagawa University, Faculty of Engineering, Japan<sup>2</sup>*

**Abstract** - This paper outlines finite element method for computer simulation of liquid phase sintering and to the coarsening evolution of multi-grain model influenced by diffusional matter transport from dissolving smaller grains towards growing larger ones inside capillary liquid bridge. Multi grain model represented by two dimensional contours defined by discrete set of points will be used. Numerical method for simulation of grain coarsening will be based on the interfacial concentrations as given by the Gibbs-Thomson equation and on modeling of intergrain diffusional interactions. It will be shown that the strong intergrain diffusional interactions can really induce large shape distortion of the contours and significant migration of the center of mass of the contours. Using several different arrangement of contours joined by capillary liquid bridge it will be shown that this migration very much depends on the spatial distribution of contours.

## 1. INTRODUCTION

Liquid phase sintering (LPS) is an important process for the production of many ceramic materials. One important aspect of its application is that it enhances densification and affects microstructural development. The main characteristic of this process is that the composition of the powder and the firing temperature must be chosen such that a small amount of liquid (liquid bridge) forms from between the grains.

From many experiments with mixtures of small and large single particles annealed in the presence of liquid phase, it was concluded that shrinkage is directly linked to grain coarsening: small particles partially dissolve and the solid phase precipitate onto the large solid particles. The initial system geometry may change either by large particles growing during the grain coarsening or by shape accommodation.

A particularly interesting approach which leads better understanding of LPS phenomena is the application of numerical methods and simulation procedures. They have great flexibility and can be used to obtain solutions for any model system configuration. In recent years, a range of computer simulation models have been developed with the aim of simulating the detailed evolution of microstructure during coarsening.

Voorhees *et al.* [1] employed a boundary integral technique to determine the morphological evolution of a small number of particles during grain coarsening in two dimensions. The approach allows the bodies to change

shape consistent with interparticle diffusional interactions and the interfacial concentrations. Through different particle arrangements similar to those found during LPS, they showed that the formation of regions of flat interface between particles is completely consistent with an grain coarsening mechanism.

A particularly interesting approach for investigation of diffusion phenomena during LPS would be also the application of numerical procedures for the determination the equilibrium distributions of liquid in different packing arrangements of particles of different radius [2].

Recent advances in modeling grain coarsening using finite element (FE) mesh approach was reported by Nikolic and Shinagawa [3] and Shinagawa and Nikolic [4]. To the best of our knowledge, it was the first computer study of grain coarsening from within liquid bridge only.

In general, there are three possible states of liquid bridges between contacting grains [5]: pendular, funicular, and capillary types (states), which, in order, can be observed for increasing sintering time in a system of three or more solid grains with interstitial liquid phase.

The objective of this paper is to perform two-dimensional (2-D) mathematical approach to the grain coarsening inside capillary liquid bridge (CLB) only, for more realistic prediction of the microstructural evolution during LPS. The FE method will be used for calculation the diffusion field and intergrain diffusional interactions inside CLB. Multi grain model represented by two dimensional contours defined by discrete set of points will be used. Taking into account that each point can evolve according to its local environment, migration of the center of mass of the contours can be investigated using different arrangement of contours joined by CLB.

## 2. MODELING CLB

For simulation of LPS it is convenient to use multi-grain model of regular shape because it needs to store only the position, orientation and size of each grain. However, during LPS most of the grains are no longer circular because the diffusion fields between grains within joined liquid bridges become highly asymmetric. Thus, the ideal grain model should be replaced by model of contours in which  $\ell$ -th contour is defined by the discrete set of points, i.e.

$$G^\ell = \{C_0^\ell, (x_s^\ell, y_s^\ell), s = 1, 2, \dots, n^\ell\}, \quad (1)$$

where  $C_0^\ell = (x_0^\ell, y_0^\ell)$  is the initial position of the center of the mass and  $(x_s^\ell, y_s^\ell)$  represents coordinates of  $s$ -th point out of  $n^\ell$  boundary points, and  $(x_{n^\ell}^\ell, y_{n^\ell}^\ell) \equiv (x_1^\ell, y_1^\ell)$  (a contour as closed boundary).

Taking into account that solid grains are joined by liquid bridges, in the case with  $n_{LB}^\ell$  liquid bridges per  $\ell$ -th grain, the grain model (1) should be replaced by

$$G^\ell = \left\{ \bigcup_{k=1}^{n_{LB}^\ell} I_{SV}^{\ell k} \right\} \cup \left\{ \bigcup_{k=1}^{n_{LB}^\ell} I_{SL}^{\ell k} \right\},$$

where  $I_{SV}^{\ell k}$  and  $I_{SL}^{\ell k}$  are the sub-interfaces solid-vapor and solid-liquid, respectively. Liquid meniscus which represents an interface liquid-vapor between  $i$ -th and  $j$ -th grains can be defined as

$$I_{LV}^{ij} = \{(x_s^{ij}, y_s^{ij}), s = 1, 2, \dots, n_{LV}^{ij}\},$$

where  $n_{LV}^{ij}$  is the number of boundary points on  $I_{LV}^{ij}$ . When CLB connects  $N (>2)$  grains, it must take into account more solid-liquid interfaces, but also more corresponding liquid-vapor interfaces. Thus, CLB as 2-D domain can be represented by closed boundary defined as complex domain

$$CLB(n_G) = I_{SL}^1 \cup \left\{ \bigcup_{\ell=1}^{n_G-1} [I_{LV}^{\ell, \ell+1} \cup I_{SL}^{\ell+1}] \right\} \cup I_{LV}^{n_G, 1}, \quad (2)$$

where  $n_G$  is the number of grains joined by CLB.

### 3. MODELING COARSENING

If the solid grains are dispersed in the liquid phase and if the solid phase forms a dense polyhedral grain structure, grain growth is due by grain boundary migration that is characterized by dissolution of smaller grains at solid-liquid interface (thermodynamically unstable), by transportation of dissolved material through the liquid, and by its precipitation onto the larger grains. This process is known as grain coarsening for which the steady-state diffusion equation with a Gibbs-Thomson boundary condition is generally used for theoretical investigations.

Let us assume that the solid phase has some solubility in liquid. The concentration of the dissolved solid,  $c$ , around a grain of radius  $R$  is given by the Gibbs-Thomson equation

$$c(R) = c_0 + \Delta c(R) = c_0 + c_0 \frac{2\gamma_{SL}\Omega}{kTR}, \quad (3)$$

where  $c_0$  is the equilibrium concentration of liquid in contact with the flat solid,  $\gamma_{SL}$  is the solid-liquid interfacial energy,  $\Omega$  is the molecular volume of the solid, and  $kT$  has its usual meaning. It can be now seen that the concentration at an interface  $I_{SL}$  with high

curvature will be above that at an interface with low curvature, thus a higher concentration around a smaller grain gives rise to a net flux of matter from the smaller to the larger grain. Assuming mass diffusion outside the grains (but inside the CLB) to be the only mass transfer process and applying the equation (3) at boundary points of solid-liquid interface  $I_{SL}$ , the qualitative and quantitative effects of the dissolution and precipitation processes can be computed.

The time-dependent coarsening within CLB defined by (2) in small time interval  $\Delta t$  can be now described by microstructural transformation  $CLB(t) \mapsto CLB(t + \Delta t)$ .

### 4. SIMULATION METHOD

The concentration of liquid phase inside an triangle element of FE mesh within CLB can be interpolated from data  $c_i$  at three nodal points that define this element, i.e.

$$c(x, y) = [A] \{c_i\} = A_1 c_1 + A_2 c_2 + A_3 c_3, \quad (4)$$

where  $[A] = \{A_1 \ A_2 \ A_3\}$  is the shape function [6]. Thus the concentration around the large and small grains at their interfaces  $I_{SL}$  will be imposed as boundary conditions of the liquid bridge and can be computed according to equation (3), but the time-dependent concentrations at nodes within liquid bridge can be updated using

$$\left\{ \frac{\partial c}{\partial t} \right\} = [D] \{c_1 \ c_2 \ c_3\}^T, \quad (5)$$

where

$$[D] = - \int_v D_L \left( \frac{\partial [A]^T}{\partial x} \frac{\partial [A]}{\partial x} + \frac{\partial [A]^T}{\partial y} \frac{\partial [A]}{\partial y} \right) dv,$$

where  $D_L$  is the diffusivity of the solid in the liquid.

Solution and reprecipitation at the interface will be consider as limiting process in which the flux depends on the local curvature at each interface point that locally obeys the equation  $\mathbf{J} = -D_L \nabla C$ . The flux components inside the triangular element can be computed by equation

$$\{J_x \ J_y\}^T = -D_L \left\{ \frac{\partial [A]}{\partial x} \ \frac{\partial [A]}{\partial y} \right\}^T \{c_1 \ c_2 \ c_3\}^T. \quad (6)$$

Initially circular grains (2-D domains) joined by liquid bridges cannot remain exactly circular during LPS due to coarsening inside CLB: grain shape accommodation is confined to a relatively small interfaces  $I_{SL}$ , whereas the rest of grains outside of liquid bridge are still circular.

During coarsening the solid phase domains will change their interfaces  $I_{SL}$ , whereas the concentrations at interfaces  $\{I_{SL}\}$  will be imposed as boundary condition for CLB and can be computed according to equation (3).

The concentration at interfaces  $\{I_{LV}^{ij}\}$  represent also boundary condition of CLB, where the initial concentration profile for slow diffusion or small grain spacing [7] with the concentration gradient between the interface concentration  $c_1 = c_0 + \Delta c(R_1)$  and  $c_2 = c_0 + \Delta c(R_2)$  can be used.

When taking the above mentioned facts, a general algorithm for simulation of coarsening can be as follows:

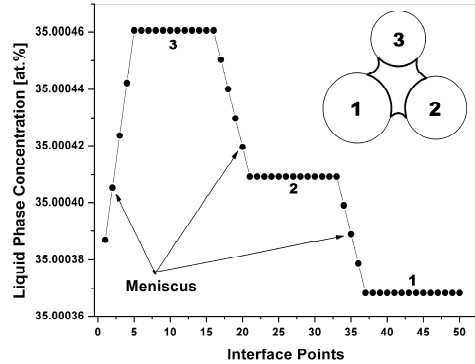
1. Definition of initial interface points of CLB as closed boundary (2).
2. Computation of initial interface concentration  $\{c(x_s^\ell, y_s^\ell), s = 1, 2, \dots, n_{SL}^\ell\}$ , where  $c(x_1^\ell, y_1^\ell)$  and  $c(x_{n_{SL}^\ell}^\ell, y_{n_{SL}^\ell}^\ell)$  are concentrations at triple points.
3. Definition of initial FE mesh inside CLB.
4. Computation of the initial concentration of the liquid.
5. Computation of new concentration  $C_{i,j,k+1}$  from the concentration  $c_{i,j,k}$  applying equations (4) and (5) in all mesh points within liquid phase, where subscript  $k$  will then be used to denote sintering time.
6. Computation of the flux by equation (6).
7. Computation of the surface integrated mass flow in all interface points  $(x_s^\ell, y_s^\ell) \in I_{SL}^\ell$ .
8. Computation of new grain geometry by transformation  $\{I_{SL}^\ell(t)\} \mapsto \{I_{SL}^\ell(t + \Delta t)\}$ .
9. Computation of new concentration  $\{c(x_s^\ell, y_s^\ell)\}$ .
10. Remeshing (automatically for given time interval).
11. Repeat Step 4 to Step 10 until reaching simulation time.

### 5. SIMULATION RESULTS

Results of simulation of the grain coarsening inside CLB during LPS of W-Ni alloy will be demonstrated. Simulation will be performed using theoretical models with a small number of grains. For W-Ni system next data will be used:  $c_0 = 35$  at.% W; the equilibrium composition of the precipitated alloy, 99.55 at.% W [8]; the sintering temperature,  $T = 1750$  K;  $\gamma_{SL} = 0.35$  J/m<sup>2</sup>;  $D_L = 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s [9];  $\Omega = 9.53 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/mol.

The next model is three-grain model in which grains are joined by pure CLB. The morphological evolution depends on initial interface concentrations (Fig. 1) and on diffusion field (Fig. 2a), but also on grains' location. There are three strong local diffusional interactions between grains and corresponding flux field (Fig. 2b). Pure dissolution occurs onto the grain 3 (smallest grain) and pure precipitation occurs onto the grain 1 forming

solid solution W(Ni) colored in black in Fig. 2c, whereas simultaneously dissolution and precipitation processes occur onto the grain 2 (largest grain). Because the grain 2 is smaller than the grain 1, this one grows at the expense of grain 2. At the same time dissolved material from the grain 3 precipitates onto the grain 2. Therefore the grain 2 develops two different morphology regions: one in direction close to the growing grain 1 and another one in direction close to the dissolving grain 3. It can be seen that the centers of mass of all grains will be moved (Fig. 2c).

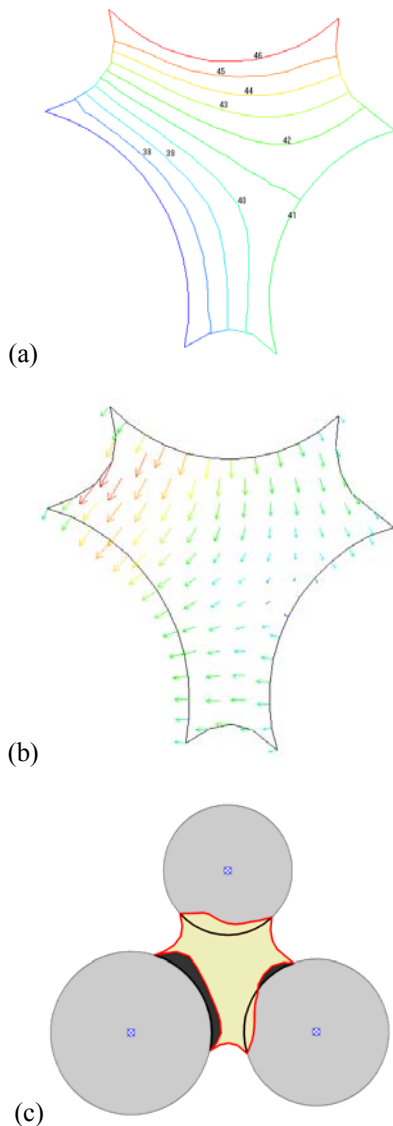


**Fig. 1.** Initial concentration on the interfaces  $I_{SL}$  and  $I_{LV}$  for three grain model  $\{\bar{R}_\rho^0\} = \{1.0 \ 0.9 \ 0.8\}$ , where  $\bar{R} = R/R_{max}$  is the normalized grain radius.

The next very interesting model can be four-grain model in which the morphological evolution depends on grain size but on grains' location too. Let the grains (Fig. 3a) are numbered from the left to the right with 1, 2, 3 and 4. The main feature of this model is that the grains 1 and 3 are of the size 1.0 and 2 and 4 are of the size 0.7 (2&2 grain size structure). It means that there are two strong local diffusional interactions between grains due to the diffusional paths from the grains 2 and 4 towards the grains 1 and 3 (Fig. 3b). As it can be seen both large grains grow (W(Ni) solid solution, colored in black) at the expense of smaller ones which dissolve, where the grow directions are toward the grains 2 and 4. Due to redistributed dissolved material there is also grow toward the grains 1 and 3 but it is very much slow and limited too. In this case the movement of the centers of mass is restricted by the close packing of grains characterized by approaching the grains 1 and 3 (the decrease in center-to-center distance) and by separation of the grains 2 and 4. Even more, our calculations support the assumption that the deposition rate within flat contact region of adjacent large grains 1 and 3 is very small, whereas the deposition rate within region where their interfaces  $I_{SL}^1$  and  $I_{SL}^3$  are further apart is much higher.

Similar result obtained through theoretical investigation of shape accommodation of large single-crystal tungsten spheres in the presence of small tungsten particles and nickel-rich melt [10]. It was shown that shape change towards an improved shape accommodation may be caused due to dissolution of small particles and the

reprecipitation on to the large sphere. The calculated results in the case of equal deposition on two particles are very similar to our results.



**Fig. 2.** Computed microstructure due to grain coarsening of three-grain model. (a) Initial concentration field, where  $(c - 35) \cdot 10^5$  at.%. (b) Initial flux field. (c) The geometry of interfaces  $I_{SL}$  after 8 min. Domains are gray colored, liquid is light-brown colored, and precipitated region, W(Ni) solid solution is black colored.

The next model is similar to the previous model. The morphological evolution of four-grain model with shorter intergrain distance between the grains 1 and 3 and longer intergrain distance between the grains 2 and 4 shown in Fig. 4. It is evident that new grain locations completely change the nature of diffusion field. Due to changed concentration field (Fig. 4a) and corresponding flux field (Fig. 4b), stronger local diffusional paths from the grains 2 and 4 towards the grains 1 and 3 exist. Both large grains grow at the expense of smaller ones which dissolve, with grow directions towards the grains 2 and 4. Due to decreased intergrain distance between the grains 1 and 3

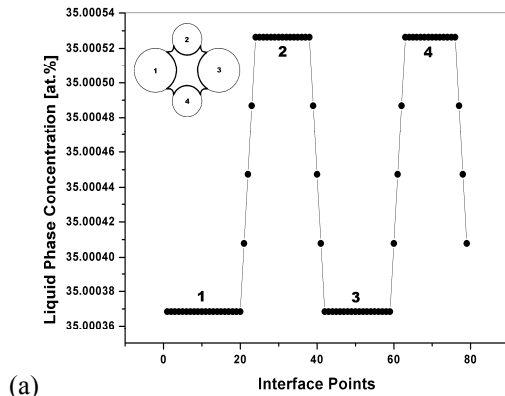
there is almost no grow towards the grains 1 and 3. Although the larger grains continue to grow, the separation distance between them remains essentially constant, but the centers of mass of both grains change their position so that they approaching each other due to the decrease in center-to-center distance. At the same time the centers of mass of smaller grains separate from each other. It can be also seen that two larger grains undergoing a larger shape distortion than the smaller ones. Note that these results also support (more than previous one) the assumption that the deposition rate within flat contact region of adjacent large grains 1 and 3 is very small, compared to the deposition rate within region where their interfaces  $I_{SL}^1$  and  $I_{SL}^3$  are further apart. Mentioned shape change of two large grains may result in subsequent flattened contact [10] combined with grain centers approaching.

As much as we do know, there is no simulation method for investigation of grain coarsening inside CLB. Presented simulation results for the W-Ni system are especially in very good agreement with the microstructural evolution published elsewhere [42-45]. Even more, there is a fairly good agreement with the boundary integrals approach of *Voorhees et al.* [2], but our approach treats more realistic LPS case with limited amount of liquid located inside CLB only.

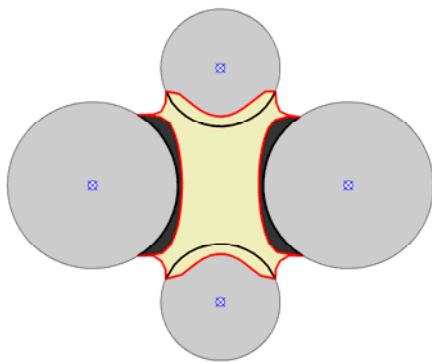
## 1. CONCLUSION

This paper outlines FE method for computer simulation of LPS coarsening evolution of multi-grain model influenced by diffusional matter transport from dissolving smaller grains towards growing larger ones. The physical and numerical models consist of a few basic equations that establish concentration and flux profiles from within solid-liquid system at given sintering temperature. The qualitative and quantitative characteristics of model system should be sound and appear to agree with the expected physical behavior of real system. Defined FE method can be also applied for performing numerical experiments with more realistic multi-grain models.

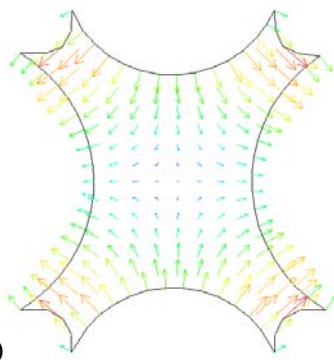
It can be seen that the morphological evolution very much depends of distribution of grains, especially of distances and locations of smaller and larger grains. Smaller grains dissolve and larger ones grow at the expense of dissolved material. Pure tungsten dissolved into the liquid, transports through the liquid and precipitates as W(Ni) solid solution onto the larger grain. Due to high concentration gradient in this area, dissolution and reprecipitation processes are usually very fast. Even more, if small grains are close to the larger ones dissolution process is faster; if they are rather far away from the larger ones they dissolve very slowly. Dissolved material diffuses through the liquid and deposits onto the growing grains near the intergrain region. However, some medium size grains characterized by partial dissolution and precipitation, which processes depend very much of location of grains and of intergrain distances between neighboring grains.



(a)



(b)



(c)

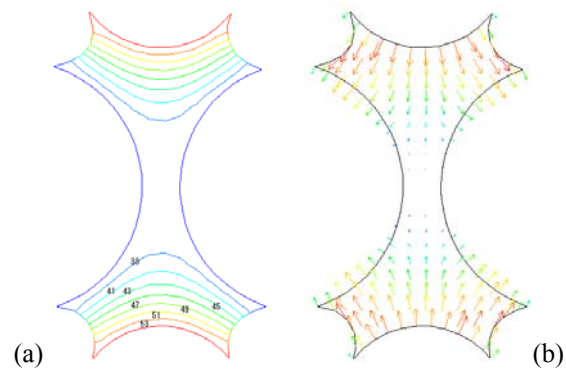
**Fig. 3.** Simulation of grain coarsening of four-grain model,  $\{\bar{R}_\ell^0\} = \{1.0 \ 0.7 \ 1.0 \ 0.7\}$ . (a) Initial concentration on the interfaces  $I_{SL}$  and  $I_{LV}$ . (b) The geometry of interfaces  $I_{SL}^\ell$  after 50 min (domains are gray colored, liquid is light-brown colored, and precipitated region, W(Ni) solid solution is black colored). (c) The flux field.

Although defined and applied models are simple due to small number of grains and regular geometry outside the CLB, we found good agreement with similar theoretical studies, especially with [1]. It seems that the important processes such as dissolution, diffusion, reprecipitation and coarsening are included in FE method in an appropriate manner.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

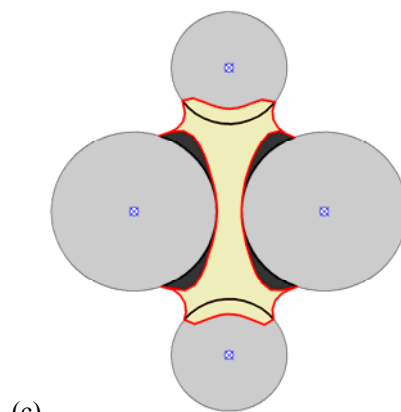
First author was performed present study under the project No. OI172057 supported by the Ministry of

Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.



(a)

(b)



(c)

**Fig. 4.** Simulation of grain coarsening of four-grain model,  $\{\bar{R}_\ell^0\} = \{1.0 \ 0.7 \ 1.0 \ 0.7\}$ . (a) Concentration profiles into CLB, where  $(c - 35) \cdot 10^5$  at.%. (b) The flux field. (c) The geometry of interfaces  $I_{SL}^\ell$  after 70 min. Domains are gray colored, liquid is light-brown colored, and precipitated region, W(Ni) solid solution is black colored.

#### REFERENCES

- [1] Voorhees P.W., McFadden G.B., Boisvert R.F., Meiron D.I., *Acta Metall.*, Vol. 36, No. 1, pp. 207-222, 1988.
- [2] Kaysser W.A., Zivkovic M., Petzow G., *J. Mat. Sc.* 20 (1985) 578-584.
- [3] Shaw T.M., *J. Am. Ceram. Soc.*, 69 [1] pp. 27-34, 1986.
- [4] Nikolic Z.S. and Shinagawa K., 11th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry - PHYSICAL CHEMISTRY 2012, September 24-28, Belgrade, Serbia, Vol. 1, pp. 483-485.
- [5] Shinagawa K. and Nikolic Z.S., Abstract Book (DVD) of 25th Fall Meeting of The Ceramic Society of Japan (2012), September 19-21, 2012,

- Nagoya University (Higashiyama Campus), Japan.
- [6] Urso M.E.D., C.J. Lawrence and Adams M.J., *Journal of Colloid and Interface Science* **220**, 42–56 (1999).
- [7] Zienkiewicz O.C., in “The Finite Element Method - 3rd Edition”, (McGraw-Hill Book Co., New York, 1983).
- [8] Fischmaeister H. and Grimvall G., in “Sintering and Related Phenomena”, edited by G. C. Kuczynski (Plenum Press, New York, 1973) p.119.
- [9] Muster W.J., Yoon D.N. and Huppmann W.J., *J. Less-Common Metals* **65** 211 (1979).
- [10] Ono Y. and T-Shigematsu, *J. Japan Inst. Met.* **41** 62 (1977).

# BAZA ZNANJA ZA AUTOMATIZOVANO TUMAČENJE DEMOGRAFSKIH POKAZATELJA

## KNOWLEDGE BASE FOR AUTOMATED INTERPRETATION OF DEMOGRAPHIC INDICATORS

Bojan Tomić<sup>1</sup>, Mirjana Devedžić<sup>2</sup>

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

*Geografski Fakultet, Univerzitet u Beogradu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Pri definisanju javnih politika, njihovi donosioci moraju da konsultuju veliki broj demografskih pokazatelja da bi te politike bile adekvatne (natalitet, mortalitet, migracioni saldo, prirast stanovništva itd.). Pregledanje i tumačenje ovih pokazatelja se radi ručno (od strane stručnih lica – demografa) i zato kvalitet krajnjih informacija zavisi od znanja, iskustva, koncentracije, objektivnosti i drugih ličnih karakteristika onoga ko ih tumači. U radu je predstavljen pristup automatizovanog tumačenja demografskih pokazatelja uz pomoć baze znanja. Ova baza znanja sadrži pravila i ulančavanjem unapred automatski izvodi informacije koje su spremne da budu predstavljene stručnim licima, time im pomažući u obavljanju posla. Informacije su predstavljene u formi rečenica nalik na prirodni jezik. Na kraju rada, u okviru poglavlja o evaluaciji, je urađena komparativna analiza sa sličnim softverskim alatima.

**Abstract** - In public policy making, policy makers must consult a number of demographic indicators in order to create adequate policies (fertility, mortality, net migration, population growth, etc.). Reviewing and interpretation of these parameters is done by hand (by the experts - demographers) and therefore the final quality of information depends on the knowledge, experience, concentration, objectivity, and other personal characteristics of those who interpret them. This paper presents an automated approach to the interpretation of demographic indicators with the help of a knowledge base. This knowledge base contains rules and, by using forward chaining, automatically derives information that are ready to be presented to professionals - thereby helping them in their work. The information is presented in the form of natural-language-like sentences. The evaluation section at the end of the paper presents a comparative analysis with similar software tools.

### UVOD

Javne politike nastaju kao rezultat komplikovanih odluka, donose se radi ostvarenja javnih interesa i utiču na život stanovnika određene oblasti (populacije). Preciznije rečeno, „javne politike se sastoje od političkih odluka donetih radi implementiranja programa za ostvarenje socijalnih ciljeva“ [1].

Da bi donosioci odluka o javnim politikama bili adekvatno informisani i donosili odgovarajuće odluke,

potrebno je da budu upoznati i sa demografskom slikom populacije. To podrazumeva praćenje demografskih pokazatelja kao što su: prirast stanovništva, natalitet, mortalitet, migracioni saldo i mnogi drugi.

Savremeni demografski (softverski) alati imaju mogućnost obrade i vizuelizacije podataka, ali konačno tumačenje uvek vrši demograf. Nažalost, demografi nisu uvek konsultovani u donošenju strategija, planova i formiranja javnih politika, te se to prepušta nedovoljno stručnim licima. Ukoliko osoba koja tumači podatke nema potrebno znanje i iskustvo ili nije dovoljno koncentrisana, moguće je da neke važne informacije uopšte ne budu uočene ili da budu pogrešno protumačene. Posebni problemi nastaju ukoliko ta osoba nije svesna metodoloških promena (na primer, promena u načinu na koji se vrši popis) ili nije objektivna.

U radu se predlaže da se proces tumačenja demografskih podataka automatizuje. Osnovni cilj je da se pomogne demografima u smislu ubrzanja i pojednostavljenja procesa tumačenja podataka, ali i da se omogući automatizovano tumačenje podataka za lica koja nisu eksperti, prvenstveno za donosiocje odluka. Predloženi pristup podrazumeva korišćenje baze znanja koja sadrži odgovarajuća pravila za tumačenje ovih podataka. Predlaže se i da se zaključivanje vrši tehnikom ulančavanja unapred. Konačno, bitno je i to da informacije budu predstavljene i prenete na način na koji bi to uradila neka osoba – rečenicama nalik na prirodni jezik. U tu svrhu se koristi mehanizam za objašnjavanje.

### PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U oblasti poslovnog izveštavanja (poslovna inteligencija), trend poslednjih godina je korišćenje i razvoj novih interaktivnih vizuelizacija, pogotovu kad su u pitanju veliki skupovi podataka [2]. Svrha vizuelizacije informacija (i vizuelizacije podataka kao njene poddiscipline) je korišćenje interaktivnih vizuelizacija u cilju povećanja kognicije [3][4] tj. da se podaci predstave vizuelno i to tako da korisnici mogu lakše da uoče informacije i povećaju svoj nivo znanja.

Demografski podaci, veoma nalik poslovnim podacima, se predstavljaju tabelarno ali i grafički - vizuelno. Osim običnih grafika, često se koriste kartogrami (*cartogram*),



a u poslednje vreme se može uočiti sličan trend kao u poslovnom izveštavanju - upotreba interaktivnih vizuelizacija. Obično su to javno dostupni, interaktivni web kartogrami (interaktivne mape) kojima se prikazuju demografski podaci i omogućava njihovo pretraživanje [5][6][7].

Zbog ove raznolikosti u procesu obrade, prikazivanja i tumačenja podataka, demografi koriste različite softverske alate koji se, grubo, mogu svrstati u tri grupe:

- Alati za obradu tabelarnih podataka
- Statistički alati
- Specijalizovani geografsko-demografski alati

Alati za obradu tabelarnih podataka (Microsoft Office Excel [8], Libre Office Calc [9] itd.) su najšire zastupljeni, a obezbeđuju osnovne tabelarne funkcije, sumiranja i međusobno povezivanje više tabela sa podacima. To, uz mogućnost izrade osnovnih vrsta grafika, je najčešće i dovoljno kad se obrađuju i prikazuju demografski pokazatelji. Ono što im nedostaje je mogućnost izrade kartograma i interaktivnih vizuelizacija.

Statistički alati (IBM SPSS Statistics [10], R [11] itd.) imaju sve mogućnosti kao alati iz prethodne grupe, ali implementiraju i napredne statističke metode za obradu podataka, proveru hipoteza, predviđanje i sl. Najpogodniji su za demografska istraživanja gde je potrebno dokazati neke nove, nepoznate, veze među podacima ili predvideti buduća kretanja. I IBM SPSS Statistics i R su proširivi, pa je moguće uneti nove tehnike i modele za obradu podataka. Nažalost, ne podržavaju izradu kartograma niti interaktivnih vizuelizacija.

Konačno, specijalizovani geografsko-demografski alati kao ArcGIS [12] i StatSilk [13] omogućavaju obradu tabelarnih podataka i statističke analize, ali njihova prava prednost je mogućnost izrade interaktivnih vizuelizacija. U pitanju su interaktivne mape – kartogrami koji vizuelno prikazuju vrednosti nekog pokazatelja ali po oblastima u okviru neke regije na karti (npr. grad, država ili ceo svet). Svaka oblast na karti je obojena u zavisnosti od vrednosti pokazatelja za tu oblast, pri čemu se više vrednosti obično boje tamnijim tonovima, a niže svetlijim. Na istom prikazu su obično, sa strane, date te vrednosti i numerički u tabeli a i predstavljene su nekim grafikom. Kada se izabere neka određena oblast na karti, menjaju se vrednosti u tabeli prikazujući taj pokazatelj za izabranu oblast. I tabele i grafici koji su prikazani sa strane su, takođe, interaktivni pa se lako može promeniti pokazatelj, vremenski period itd. Najvažnije je to što se svi ovi upiti vrše grafički (nekoliko klikova mišem) i nije potrebno znati neki poseban jezik za formiranje upita.

Nažalost, sve tabele, grafici a i druge vizuelizacije koje se mogu napraviti u ovim alatima i dalje sadrže samo podatke, i to predstavljene u formi koja je pogodna za tumačenje. Zbog toga, demografi moraju da upotrebe svoje znanje i iskustvo da bi ih protumačili i napravili informacije.

U naučnoj javnosti je generalno prihvaćen stav da podaci postaju informacije tek kad im se doda značenje (tumačenje) [14][15].

$$\text{PODACI} + \text{ZNAČENJE (TUMAČENJE)} = \text{INFORMACIJA} \quad (1)$$

Na primer, ako neko nema znanje o tome kako migracioni saldo i prirodni priraštaj utiču na promene broja stanovnika neke oblasti, ne može da donese ni osnovni zaključak o uzroku povećanja ili pada broja stanovnika te oblasti, koliko god tabela i grafika da analizira. Formula (1), prema tome, može da se napiše i ovako (2):

$$\text{PODACI} + \text{ZNAJJE} = \text{INFORMACIJA} \quad (2)$$

Konačno, dolazi se do zaključka da jedino znanje iz oblasti demografije omogućava da se demografski podaci protumače (3), slično kao kad je i tumačenje poslovnih podataka u pitanju [16]:

$$\text{ZNAJJE} = \text{ZNAČENJE (TUMAČENJE)} \quad (3)$$

Već je napomenuto da se u radu predlaže pristup kojim se automatizuje formiranje demografskih informacija na osnovu podataka. Tu se podrazumeva formalizovanje znanja iz oblasti demografije putem tehnike pravila uz korišćenje mehanizma za zaključivanje koji bi izvodio zaključke (informacije) na osnovu pravila i unetih podataka. Zaključci se predstavljaju u vidu rečenica nalik na prirodni jezik.

Sličan automatizovani sistem je već razvijen, samo za oblast poslovnog izveštavanja [17]. U poglavlju ovog rada koje se tiče evaluacije se razvijeni program poredi i sa ovim sistemom.

## DEMOGRAFSKI POKAZATELJI

Na početku, potrebno je dati opis osnovnih demografskih pokazatelja koji se tumače u analizi broja stanovnika neke oblasti i njihovih faktora. Ovi pokazatelji uglavnom nemaju granične vrednosti niti je jasno definisano šta je nisko, umereno, visoko itd. Tumače ih eksperti i vlade u skladu sa ciljevima.

Svi oni omogućavaju praćenje trendova koji oslikavaju procese. Za našu zemlju i definisanje javnih politika su bitni procesi *depopulacije*, *centralizacije* i *polarizacije*, koji se ovim putem mogu otkriti ako se analiziraju sve administrativne jedinice. Ovi pojmovi su objašnjeni niže u tekstu.

*Apsolutni porast* je razlika broja stanovnika utvrđenih popisom. Od broja stanovnika novijeg popisa se oduzima broj stanovnika starijeg, da bi se videlo da li je došlo do porasta ili pada broja stanovnika (*depopulacija*).

*Prosečan godišnji porast* se dobija kada se prethodni pokazatelj podeli sa brojem godina između popisa. Vrednost može biti pozitivna, nula ili negativna.

*Stopa prosečnog godišnjeg porasta* se dobija se kada se prethodni pokazatelj podeli sa brojem stanovnika sredinom međupopisnog perioda i pomnoži sa hiljadu kako bi se izrazio u promilima. Ovo je relativan pokazatelj, omogućava i poređenje, a najbolje ukazuje na intenzitet pada i porasta stanovništva. Negativna stopa ukazuje na depopulaciju, pozitivna na porast. Ove analize porasta ili pada mogu se raditi za sve teritorijalne nivoe. Na primer, mogu se gledati posebno gradska i tzv. ostala naselja. Ukoliko u okviru jedne teritorije postoji i porast i depopulacija, reč je o procesu *polarizacije* (npr. tendencija prelaska ljudi iz sela u grad).

*Lančani indeks porasta* - dobija se kada se broj stanovnika novijeg popisa podeli sa brojem stanovnika prethodnog popisa i pomnoži sa 100: 100 je stagnacija, ispod 100 je pad, preko 100 je porast. Razlika u odnosu na 100 pokazuje za koliko je procenata broj stanovnika opao ili porastao.

*Bazni indeks porasta* - dobija se kada se broj stanovnika novijeg popisa podeli sa brojem stanovnika popisa koji smo izabrali za baznu godinu i pomnoži sa 100.

Osnovni faktori koji utiču na promene broja stanovnika određene oblasti (4) su *prirodni priraštaj* i *migracioni saldo*. *Prirodni priraštaj* predstavlja razliku između broja živorođenih (*natalitet*) i broja umrlih (*mortalitet*) na nekoj teritoriji u posmatranom vremenskom periodu. *Migracioni saldo* predstavlja razliku između broja doseljenih (*imigracija*) i odseljenih (*emigracija*) osoba na nekoj teritoriji u posmatranom vremenskom periodu.

$$\text{APS. PORAST} = (\text{NATALITET} - \text{MORTALITET}) + (\text{IMIGRACIJA} - \text{EMIGRACIJA}) \quad (4)$$

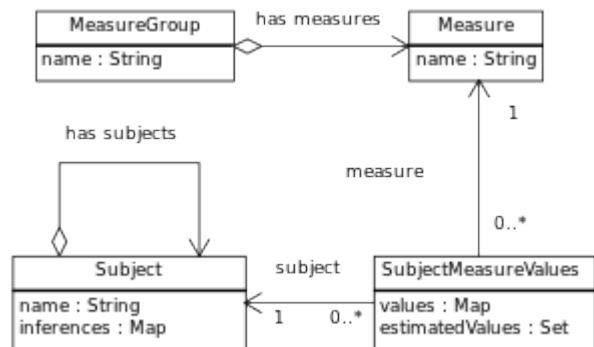
Na osnovu navedenih faktora se može utvrditi zašto je na određenoj teritoriji došlo do povećanja broja stanovnika, depopulacije, polarizacije itd. Na primer, uzrok depopulacije uopšte ne mora da bude negativan prirodni priraštaj, poznatiji kao „bela kuga“ (mortalitet veći od nataliteta), već zato što se veliki broj stanovnika odselio, a nije bilo mnogo doseljenih (negativan migracioni saldo).

## KONCEPTUALNI MODEL

Na osnovu navedenih demografskih pokazatelja je napravljen i konceptualni model (Slika 1). Projektovan je tako da bude proširiv i domenski nezavisan tj. da se može primeniti i za poslovno izveštavanje ili neku drugu oblast. Pošto je osnovna svrha izveštavanje uz pomoć sumiranih pokazatelja, model je urađen u skladu sa zvezdastom šemom [18] koja se koristi za OLAP izveštavanje, ali postoje i neke specifičnosti.

Osnova ovog modela je koncept *Measure* koja predstavlja jedan pokazatelj i sadrži samo njegov naziv (atribut *name*). Svaki pokazatelj može pripadati jednoj ili više grupa pokazatelja (koncept *MeasureGroup*), a može se primeniti na nula, jedan ili više subjekata (koncept *Subject*). Svaki subjekat može imati i svoje podceline koje

su takođe subjekti (relacija *has subjects*). Na primer, natalitet (*Measure*) pripada grupi pokazatelja „faktori koji utiču na broj stanovnika“ (*MeasureGroup*), može se primeniti na teritoriju Srbije (*Subject*) ali i na njene podceline – administrativne jedinice (npr. opštine Beograd, Novi Sad itd.) koje su takođe subjekti (*Subject*).



Slika 1. Konceptualni model

Jedna od razlika u odnosu na klasičnu zvezdastu šemu je ta što se uz svaki subjekat može dodeliti i jedan ili više zaključaka (atribut *inferences*). Ovo je bitno zbog memorisanja automatski generisanih zaključaka (informacija) o samim subjektima. Na primer, ako se za Beograd iz podataka može zaključiti da ima pozitivan prirodni priraštaj, informacija o tome se može memorisati u okviru samog koncepta klase *Subject* koji predstavlja Beograd.

Konkretni podaci su predstavljeni konceptom *SubjectMeasureValues* koji sadrži skup vrednosti (atribut *values*) jednog pokazatelja (relacija *measure*) za jedan subjekat (relacija *subject*) i to uređen po vremenskoj dimenziji. Podaci se pamte u vidu parova ključ-vrednost (atribut *values* je zamišljen kao mapa - *Map*) gde je ključ vremenska odrednica (npr. „2013“ ili „januar 2014“) a vrednost je konkretna vrednost pokazatelja. Na primer, u jednoj instanci ovog koncepta bi bili sadržani svi podaci o natalitetu za grad Beograd i to po godinama, mesecima, nedeljama itd. Dodatni atribut koji je uveden je indikator o tome koji podatak predstavlja procenu (atribut *estimatedValues*), a ne stvarnu vrednost (npr. podaci za 2014. godinu su procenjeni).

## MODEL BAZE ZNANJA

Znanje potrebno za tumačenje demografskih pokazatelja je prikupljeno od domenskog eksperta (demografa) sa višegodišnjim iskustvom iz ove oblasti i to u toku više održanih intervjuova i radnih sastanaka. Kao tehnika za formalizovanje znanja je izabrana tehnika pravila. Tehnika učaurenog teksta (*canned text*) je izabrana za formiranje objašnjenja tj. predstavljanje zaključaka – informacija. Predviđeno je da se zaključivanje vrši tehnikom ulančavanja unapred (*forward chaining*).

Projektovana baza znanja se sastoji iz šest modula sa znanjem i dva modula sa objašnjenjima: znanje za tumačenje broja stanovnika, znanje za tumačenje promena

u broju stanovnika, znanje za tumačenje nataliteta, znanje za tumačenje mortaliteta, znanje za tumačenje migracionog salda, znanje potrebno za otkrivanje uzroka promene broja stanovnika tumačenjem uticaja svih faktora, objašnjenja u vidu učeurenog teksta prilagođena demografima i objašnjenja u vidu učeurenog teksta prilagođena donosiocima odluka o javnim politikama. Svaki modul sa znanjem sadrži i znanje potrebno za uočavanje grešaka u unetim podacima.

Primer nekoliko reprezentativnih pravila izraženih u pseudo-kodu iz više različitih modula baze znanja se može videti u sledećem listingu. Pri tome, prva dva pravila služe za proveru tačnosti unetih podataka.

```

IF      Broj stanovnika <= 0
THEN    Greška pri unosu broja stanovnika

IF      Apsolutni porast > 0 AND
          Natalitet < Mortalitet AND
          Imigracija < Emigracija
THEN    Greška pri izračunavanju apsolutnog
          porasta

IF      Natalitet < Mortalitet
THEN    Nastupila bela kuga

IF      Apsolutni porast < 0
THEN    Nastupio proces depopulacije

IF      Nastupio proces depopulacije AND
          Nastupila bela kuga AND
          Imigracija > Emigracija
THEN    Uzrok depopulacije je bela kuga
          iako se tu pretežno doseljavaju ljudi

IF      Nastupio proces depopulacije AND
          Nastupila bela kuga AND
          Imigracija < Emigracija
THEN    Uzrok depopulacije je i bela kuga i
          veliko odseljavanje stanovnika

IF      Apsolutni porast > 0 AND
          Nastupila bela kuga AND
          Imigracija > Emigracija
THEN    Broj stanovnika je porastao zbog
          doseljavanja, a ne zbog prirodnog
          priraštaja, u oblasti vlada bela kuga

```

## IMPLEMENTACIJA

Bilo je neophodno razviti i program za automatizovano tumačenje demografskih pokazatelja da bi baza znanja mogla da se koristi. Program je implementiran u programskom jeziku Java i to kao *desktop* aplikacija. Konceptualni model je implementiran u vidu Java objekata. Podaci izabranih demografskih pokazatelja su preuzeti sa sajta Republičkog zavoda za statistiku [19] i to u XML formatu. Za njihovu ekstrakciju iz ovog formata u Java objekte je korišćena besplatna biblioteka Dom4j [20]. U Drools Expert alatu [21] je implementirano prvih šest modula sa znanjem baze znanja. Konačno, prezentacija informacija u vidu rečenica nalik na prirodni jezik i implementacija poslednja dva modula baze znanja je urađena uz pomoć JEFF biblioteke [22].

Prikaz dela implementirane baze znanja u Drools Expert alatu se može videti na sledećoj slici (Slika 2). Prikazana

su dva pravila za proveru unetog broja stanovnika. Prvo pravilo (*Negative\_population*) prijavljuje grešku ako je uneti broj manji od nule a mehanizam za objašnjavanje se onda poziva da unese odgovarajući tekst u izveštaj. Drugo pravilo (*Population\_zero*) prijavljuje upozorenje ako je broj stanovnika tačno nula.

```

rule "Negative_population"
salience 100
lock-on-active true
when
  v : SubjectMeasureValues(
    measure.name == "population",
    values[LastYear] < 0 )
then
  v.getSubject().getInferences().put("ERROR NEGATIVE POPULATION", "");
  Object[] content = {v.getSubject().getName(), LastYear,
    v.getValues().get(LastYear)};
  ef.addTextError (null, "Negative_population",
    new String[]{"population"}, content);
end

rule "Population_zero"
salience 100
lock-on-active true
when
  v : SubjectMeasureValues(
    measure.name == "population",
    values[LastYear] == 0 )
then
  v.getSubject().getInferences().put("WARNING ZERO POPULATION", "");
  Object[] content = {v.getSubject().getName(), LastYear};
  ef.addTextWarning (null, "Population_zero", new String[]{"population"});
end

```

Slika 2. Implementacija baze znanja u Drools Expert alatu

Implementacija modula za objašnjenja (prilagođena demografima) uz pomoć JEFF alata se može videti na sledećoj slici (Slika 3). U pitanju je fajl u kojem su objašnjenja data u vidu parova ključ – vrednost. Ključ je naziv pravila na koje se objašnjenje odnosi (npr. *Negative\_population*) a vrednost je tekst koji će se uneti u izveštaj ako se to pravilo izvrši. Pri tome, vitičastim zagradama su označena mesta u tekstu gde se unose dinamičke vrednosti kao naziv konkretnog mesta ili oblasti, broj stanovnika, godina itd.

```

Negative_population = GRESKA!!! {0} - broj stanovnika za godinu {1}. Je NEGATIVAN: {2}
Population_zero = UPOZORENJE!!! {0} - broj stanovnika za godinu {1}. Je NULA. Proveriti da \
se negde nije potkrala greška pri unosu.

Population = {0} - broj stanovnika za godinu {1}. Je: {2}
Population_estimated = NAPOMENA: Broj stanovnika za ovu godinu nije napisan nego je PROCENJEN,
treba ga shvatiti sa određenom rezervom.

#Population growth (apsolutni porast)
Population_growth_positive = Od poslednjeg popisa, broj stanovnika je PORASTAO za {0} stanovnik
Population_growth_zero = UPOZORENJE!!! Od poslednjeg popisa, broj stanovnika je ostao POTPUNO \
što je vrlo malo verovatno. Proveriti da se negde nije potkrala \
greška pri unosu.

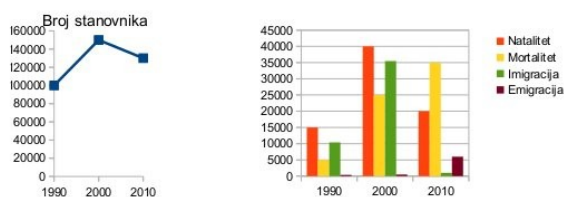
Population_growth_negative = Od poslednjeg popisa, broj stanovnika se OPAO za {0} stanovnika. \
U ovom području vlada proces DEPOPULACIJE.

```

Slika 3. Implementacija modula sa objašnjenjima u JEFF alatu

Konačno, na slici (Slika 4) se može videti primer izveštaja u PDF formatu koji JEFF alat automatski pravi i koji je prilagođen demografima. U izveštaju se nalaze informacije predstavljene putem rečenica, ali i izvorni podaci (grafici, tabela) na osnovu kojih korisnik može da proveriti tačnost informacija. Treba napomenuti i to da su za ovaj primer izabrane neke pogodno vrednosti pokazatelja (nisu uneti realni podaci) da bi izvedenih informacija bilo što više u izveštaju i da bi se one mogle što lakše „ručno“ proveriti od strane čitaoca. Verzija ovog izveštaja, ali za donosiocje odluka, ima iste ove grafike i tabele (iste podatke), samo je učeuren tekst kojim su predstavljene informacije drugačiji. U tekstu su data malo detaljnija objašnjenja stručnih izraza, potpunije su opisani uzroci i posledice uočenih pojava i to sve radi postizanja veće jasnoće kod krajnjih korisnika.

Objašnjenja demografskih pokazatelja



Godina	Broj stanovnika	Apsolut. porast	Natalitet	Mortalitet	Imigracija	Emigracija
2010.	130.000	-20.000	20.000	35.000	1.000	6.000
2000.	150.000	+50.000	40.000	25.000	35.500	500
1990.	100.000	+20.000	15.000	5.000	10.400	400

Sremska Mitrovica – broj stanovnika za godinu 2010. je 130.000.

Od posljednjeg popisa, broj stanovnika je OPAO za 20.000 stanovnika. U ovom području vlada proces DEPOPULACIJE.

Uzroci depopulacije su NEGATIVAN MIGRACIONI SALDO I NEGATIVAN PRIRODNI PRIRAŠTAJ

Od posljednjeg popisa, mortalitet (35.000) je veći od nataliteta (20.000), pa je prirodni priraštaj NEGATIVAN i iznosi -15000 stanovnika.

Od posljednjeg popisa, emigracija (6.000) je veća od imigracije (1.000), pa je migracioni saldo NEGATIVAN i iznosi -5.000 stanovnika.

Slika 4. Primer izveštaja za demografre

## EVALUACIJA I DALJI PRAVCI ISTRAŽIVANJA

Evaluacija razvijenog programa je izvršena na dva načina: upoređivanjem sa softverskim alatima koje demografi i inače koriste (Tabela 1) i upoređivanjem sa sličnim sistemom koji automatski tumači poslovne pokazatelje.

	Alati za obradu tab. podataka (Microsoft Office Excel, Libre Office Calc)	Statistički alati (IBM SPSS Statistics, R)	Specijaliz. demografski alati (ArcGIS, StatSilk)	Program za automatiz. tumačenje demograf. podataka
Obrada tabelarnih podataka	DA	DA	DA	NE
Statistička obrada podataka	DA*	DA	DA	NE
Grafici	DA	DA	DA	DA*
Interaktivne vizuelizacije	NE*	NE	DA	NE
Tumačenje podataka	Korisnik	Korisnik	Korisnik	Program
Kvalitet informacija	Varira	Varira	Varira	Konstantan

Tabela 1. Uporedna analiza predloženog rešenja i drugih aktuelnih demografskih alata

Svi alati osim predloženog programa imaju mogućnost osnovne obrade tabelarnih podataka (aritmetičke i logičke operacije, filteri za podatke, sortiranje i druge transformacije). Podaci moraju da budu već pripremljeni, obrađeni i sumirani u odgovarajuće pokazatelje da bi predloženi program mogao da ih protumači - pregledanje, analiza i transformacija sirovih podataka nisu podržani.

Metode za statističku obradu podataka (razni statistički testovi i pokazatelji) su prisutne u statističkim alatima, ali i u specijalizovanim demografskim alatima. Alati za tabelarnu obradu podataka donekle podržavaju statističke metode, ali to najčešće nije skup svih dostupnih metoda.

Predloženi program ne podržava statističke metode, tako da statistička obrada podataka, provera hipoteza isl. nisu mogući.

Svi upoređeni programi imaju opciju pravljenja osnovnih, neinteraktivnih vizuelizacija – grafika. I predloženi program to podržava, sa tim da se promena tipa grafika i njegovih parametara može vršiti samo ponovnim programiranjem dela koda kojim se definiše PDF izveštaj.

Izradu interaktivnih vizuelizacija omogućavaju samo specijalizovani demografski alati. I alati za obradu tabelarnih podataka imaju mogućnost povezivanja grafika sa odgovarajućom tabelom, ali nemaju opciju grafičkog formiranja upita kao što je slučaj kod demografskih alata. Predloženi program nema ovu mogućnost.

Kad je tumačenje podataka u pitanju, kod svih vrsta alata osim kod predloženog programa, tumačenje vrši korisnik. Predloženi program podatke tumači automatski i to je njegova ključna prednost. Tumačenje je omogućeno za ograničeni skup pokazatelja, ali se, u tom kontekstu, korisniku prikazuju informacije: uočeni procesi i njihovi uzroci. Korisniku ostaje da pogleda grafike ili tabele koji su predstavljeni uz informacije i da potvrdi tačnost istih.

Iz prethodnog sledi i to da je kvalitet informacija konstantan jedino kod predloženog programa jer ih izvodi program na osnovu ugrađenog znanja. Kvalitet informacija ne zavisi od znanja, iskustva i koncentracije osobe koja koristi program, a informacije su objektivne tj. nepristrasne. Naravno, osnovni preduslov je da je prikupljeno znanje odgovarajućeg kvaliteta.

Kad se program za automatsko tumačenje demografskih pokazatelja upoređi sa programom za automatizovano tumačenje poslovnih pokazatelja [17] koji je razvijen na istom pristupu korišćenjem istih razvojnih okruženja, pored mnogih sličnosti, mogu se uočiti tri bitne razlike.

Oblast poslovnog izveštavanja se oslanja na fazi pojmove (npr. „nizak profit“, „veoma visok profit“), pa su u programu za tumačenje poslovnih pokazatelja korišćena i fazi pravila. Pri tumačenju demografskih pokazatelja to nije slučaj, jer su poređenja apsolutna (veće od, manje od, porastao, opao itd.).

Za poslovne pokazatelje važi to da uglavnom imaju ciljne vrednosti („ciljni godišnji profit od 6%“) pa se njihova provera vrši putem odgovarajućih pravila iz baze znanja. Demografski pokazatelji nemaju ove vrednosti, već se, u smislu javnih politika, može definisati kao cilj „porast nataliteta“ bez definisanja nekog konkretnog broja.

Program za tumačenje poslovnih pokazatelja ima objašnjenja prilagođena samo za eksperte (menadžere), dok predloženi program ima objašnjenja za dve grupe korisnika: demografre i donosiocel odluka o javnim politikama. Prilagođavanje objašnjenja je bio poseban proces jer je odgovarajući učaureni tekst morao da bude jasan grupi korisnika kojoj je namenjen.

Na osnovu rezultata evaluacije može se reći da dalji pravci istraživanja podrazumevaju sledeće. Prvo, trebalo bi proveriti efikasnost predloženog programa, a i pristupa u oblasti javnih politika putem empirijske evaluacije programa sa grupom krajnjih korisnika. Drugo, da bi informacije bile još detaljnije i celovitije, neophodno je dodavanje novog znanja za tumačenje demografskih pokazatelja o starosnoj i polnoj strukturi populacije, kao i o fertilitetu. Treće, potrebno je uključivanje novih vizuelizacija u izveštaj uz već napravljene informacije radi njihove jednostavnije provere i jasnijeg prikaza podataka na kojim se zasnivaju. Konačno, radi iskorišćenja mogućnosti postojećih demografskih alata, moglo bi se pristupiti alternativnoj implementaciji baze znanja u vidu dodatka za ove alate.

## ZAKLJUČAK

U radu je prikazana baza znanja (i program) za automatizovano tumačenje demografskih pokazatelja koji se tiču broja stanovnika neke oblasti i faktora koji utiču na taj broj. Uz pomoć ove baze mogu da se, bez ljudskog učešća, izvedu zaključci o populacionoj dinamici, trendovima, tempu i intenzitetu. Izvedene informacije se prikazuju u vidu rečenica nalik na prirodni jezik.

Kada se sumiraju rezultati evaluacije, može se reći da program za tumačenje demografskih pokazatelja zaostaje u odnosu na uobičajene alate koje demografi koriste u smislu metoda za obradu i prikazivanje podataka. Međutim, jedino on omogućava automatizovano tumačenje tih podataka, a i veoma je sličan sistemu koji je razvijen korišćenjem istog pristupa, samo za domen poslovnih podataka.

Budući razvoj i istraživanje su usmereni ka empirijskoj evaluaciji od strane krajnjih korisnika, proširenju baze znanja, uključivanju novih vizuelizacija u izveštaje, kao i izradi baze znanja u vidu dodatka za postojeće alate.

## NAPOMENA

Ovaj rad je nastao kao rezultat projekta "Istraživanje demografskih fenomena u funkciji javnih politika u Srbiji", reg. br. III 47006, (sa periodom trajanja od 2011. do 2015. godine) koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Cochran, C. and Malone, E., *Public Policy: Perspectives and Choices*, McGraw-Hill, New York, 1995.
- [2] Ponniah, P., *Data Warehousing Fundamentals for IT Professionals*, John Wiley and Sons, New Jersey, 2011.
- [3] Card, S., Mackinlay, J., Shneiderman, B., *Readings in Information Visualization - Using Vision to Think*, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1999.

[4] Ware, C., *Information visualization: perception for design*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2004.

[5] StatSilk – World Stats, dostupno na adresi: <http://www.statsilk.com/maps/world-stats-open-data>

[6] Community information Database, Canada, dostupno na adresi: <http://www.cid-bdc.ca/home>

[7] GeoSearch, Canada 2011, dostupno na adresi: <http://geodepot.statcan.gc.ca/GeoSearch2011-GeoRecherche2011/GeoSearch2011-GeoRecherche2011.jsp?lang=E&otherLang=F>

[8] Microsoft Office Excel, dostupno na adresi: <http://products.office.com/Sr-latn-rs/excel>

[9] Libre Office Calc, dostupno na adresi: <http://www.libreoffice.org/discover/calc/>

[10] IBM SPSS Statistics, dostupno na adresi: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics/>

[11] The R project for statistical computing, dostupno na adresi: <http://www.r-project.org/>

[12] ArcGIS, dostupno na adresi: <http://www.esri.com/software/arcgis>

[13] StatSilk, dostupno na adresi: <http://www.statsilk.com/>

[14] Checkland, P. B., Scholes, J., *Soft Systems Methodology in Action*, John Wiley & Sons, New York, 1990.

[15] Floridi, L., „Is Semantic Information Meaningful Data“, *Philosophy and Phenomenological Research*, No. 70, pp 351-370, 2005.

[16] Tomić, B., Automated interpretation of key performance indicators by using rules, in: Giurca, A., Gašević, D., Taveter, K. (Eds.), „*Handbook of Research on Emerging Rule-Based Languages and Technologies: Open Solutions and Approaches*“, IGI Publishing, pp. 625-646, 2009.

[17] Tomić, B., Milić, T., „Automated interpretation of key performance indicator values and its application in education“, *Knowledge-based Systems*, Elsevier, Vol. 37, pp. 250-260, 2013.

[18] Adamson C., *Star Schema - The Complete Reference*, McGraw-Hill, 2010.

[19] Republički zavod za statistiku, dostupno na adresi: <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/>

[20] Dom4j, dostupno na adresi: <http://dom4j.sourceforge.net/>

[21] Drools Expert, dostupno na adresi: <http://jboss.org/drools/drools-expert.html>

[22] Tomić, B., Horvat, B., Jovanović, N., „An Explanation Facility for Rule-Based Systems“, *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, World Scientific Publishing Co., Vol. 21, No. 4, 2012.

# NOVI PRISTUP REŠAVANJU PERMUTACIONOG FLOWSHOP PROBLEMA A NOVEL APPROACH FOR SOLVING THE PERMUTATION FLOWSHOP PROBLEM

Miloš Danilović, Oliver Ilić  
*Fakultet organizacionih nauka u Beogradu*

**Sadržaj** – U radu je prikazan postupak za rešavanje permutacionog flowshop problema koji se zasniva na višestrukoj primeni NEH algoritma. U situacijama kada tokom izvršavanja NEH algoritma postoji više ravnopravnih odluka, novim pristupom se paralelno primenjuje unapred definisan broj ovakvih odluka. Pomenute situacije nastaju i pri određivanju početnog uređenja poslova i u fazi umetanja NEH algoritma. Na ovaj način se dobijaju bolja rešenja od originalnog NEH algoritma uz zadržavanje njegove izuzetne efikasnosti. Najvažnija prednost predloženog pristupa u odnosu na najpoznatija objavljena poboljšanja je da se striktno održava vremenska zavisnost originalnog postupka. Evaluacija postupka kroz poređenje sa najpoznatijim poboljšanjima NEH algoritma je sprovedena na problemu minimizacije makespan-a. Numerički eksperimenti su sprovedeni na skupu od 120 Taillard-ovih benčmark testova.

**Abstract** – In this paper a novel approach for solving the permutation flowshop problem is presented, which is based on a multiple application of the NEH algorithm. In situations when, during the execution of NEH algorithm, there are multiple tie decisions, the new approach simultaneously tracks a predefined number of such decisions. These situations arise in the initial sorting of jobs and in the insertion phase of the NEH algorithm. In this way, we obtain better solutions than the original NEH algorithm while maintaining its exceptional efficiency. The most important advantage of the proposed approach compared to the best-known published improvements is the possibility to strictly maintain the time dependency of the original procedure. The evaluation process through the comparison with the best well-known improvements of the NEH algorithm was implemented on the problem of minimizing the makespan. Numerical experiments were conducted on a set of 120 benchmark problem instances, originally proposed by Taillard.

## 1. UVOD

Permutacioni flowshop problem (PFSP) sa makespan ciljnom funkcijom, u literaturi označan kao  $F|prmu|C_{max}$ , je jedan od najproučavanijih problema kombinatorne optimizacije (pregledi u [1-5]). The PFSP određuje redosled procesuiranja  $n$  međusobno nezavisnih poslova na  $m$  mašina tako da makespan,  $C_{max}$ , odnosno vreme završetka poslednjeg posla na poslednjoj mašini, 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,  $F||C_{max}$ . U PFSP rešenja su predstavljena permutacijama  $n$  poslova, te postoji  $n!$  mogućih redosleda. U literaturi je dokazano da je problem NP-kompletan ukoliko je broj mašina veći od dva.

PFSP je proučavan još od 1954 kada je Johnson [6] definisao egzaktno rešenje za slučajeve kada je broj mašina jednak dva. Kvalitativni napredak u istraživanjima ovog problema je ostvaren objavljivanjem NEH konstruktivne heuristike [7], koja se do danas smatra najboljom heuristikom za rešavanje  $F|prmu|C_{max}$  [8-11]. NEH heuristika se koristi za dobijanje početnih sekvenci za sve najbolje metaheuristike [12-21].

NEH heuristika se sastoji od dve jednostavne faze. Prvo, NEH određuje početno uređenje poslova tako da su odgovarajuća ukupna vremena obrade uređena u nerastući niz. Zatim, kroz iteracije, prvi neraspoređeni posao u ovom uređenom nizu se umeće na najbolju poziciju tekuće podsekvence raspoređenih poslova. Makespan ciljna funkcija za PFSP je posebno interesantna za istraživače jer je Taillard [22] predložio ubrzanje koje omogućuje da se kompleksnost faze umetanja redukuje sa  $O(n^2m)$  na  $O(nm)$ . Na ovaj način, ukupna kompleksnost NEH-a se redukuje na  $O(n^2m)$ .

U literaturi je objavljen izuzetno veliki broj radova u kojima se predlažu poboljšanja NEH heuristike, ali do danas nije predloženo rešenje koje će da ugrozi leadersku poziciju originalnog NEH algoritma. Razlog za ovo leži u tri značajne činjenice. Prvo, NEH algoritam je izuzetno efikasan, a njegovo vreme izvršenja zavisi samo od broja poslova i broja mašina, a ne zavisi od raspodele dužina poslova na mašinama. Na ovaj način, za određeni hardver, može unapred da se odredi dužina rada algoritma u funkciji broja poslova i broja mašina. Drugo, iako je izuzetno efikasan, NEH-om se dobijaju rezultati koji u najgorem slučaju odstupaju 6% od optimalnih vrednosti na najtežim test instancama. Najzad, zbog Taillard-ovog ubrzanja, složenost  $O(n^2m)$  se u većini predloženih poboljšanja kvira, što automatski diskvalifikuje ta poboljšanja u odnosu na NEH.

U ovom radu je predstavljen nov pristup za poboljšanje NEH heuristike kojim se zadržava izuzetna efikasnost NEH postupka i, što je veoma važno, održava se složenost  $O(n^2m)$ . Ovo se postiže višestrukom primenom NEH algoritma čime se vreme izvršenja svodi na  $pT(n,m)$ , gde je  $T(n,m)$  vreme rada NEH algoritma na instanci od  $n$  poslova i  $m$  mašina a  $p$ , broj primena NEH algoritma. Višestruka primena NEH-a se postiže istovremenim procesuiranjem više sekvenci koje su u određenoj fazi NEH postupka međusobno ravnopravne. Naime, u fazi početnog uređenja poslova, mogu postojati poslovi sa jednakim ukupnim vremenima rada na mašinama. U takvim slučajevima NEH procesuiraju prvo od ovakvih uređenja, dok se u predloženom pristupu simultano prate više ovakvih uređenja. Broj simultano praćenih sekvenci se unapred ograničava na osnovu raspoloživog vremena obrade. Iz prethodno istaknutog, striktna vremenska zavisnost NEH-a u funkciji od  $n$  i  $m$  omogućava veoma precizno izračunavanje vremena rada sa  $p$  simultano praćenih sekvenci. Na sličan način, u fazi umetanja mogu postojati slučajevi kada se prvi neraspoređeni posao može ravnopravno umetnuti na više od jedne pozicije u podsekvencu trenutno raspoređenih poslova. Predloženim pristupom se takođe simultano prati i određeni broj ovih ravnopravnih podsekvenci.

Predloženi pristup ispravlja posledice slabosti NEH-a koja se ogleda u činjenici da parcijalni raspored, dobijen u fazi umetanja, ostaje neizmenjen do kraja izvršenja algoritma. Eksperimentalni rezultati sprovedeni na Taillard test instancama potvrđuju značajna poboljšanja vrednosti makespan-a, dobijene ovakvim postupcima. Eksperimentalni rezultati takođe potvrđuju superiornost ovakvog pristupa sa stanovišta efikasnosti u odnosu na najbolja objavljena poboljšanja NEH heuristike.

Rad je organizovan na sledeći način. U delu 2 je definisan PFSP, a u delu 3 su istaknuti nedostaci najboljih objavljenih poboljšanja NEH heuristike. Novi algoritam je predstavljen u delu 4, dok je poređenje sa najboljim objavljenim rezultatima, dobijenih na 120 Taillard-ovih test instanci, prikazano u delu 5 rada. Zaključna razmatranja su data u delu 6 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 procesuiraju, posao se kompletira bez prekidanja (*no-preemption*), sva priprema vremena su uključena u vreme obrade posla i nema ograničenja skladištenja između mašina. Problem  $F|prmu|C_{max}$  je određivanje redosleda poslova koji treba da se obavi na svakoj mašini, tako da  $C_{max}$  bude minimalno.

Neka  $j$ -ti posao po redosledu u nizu iz skupa  $\{1, 2, \dots, n\}$  ima oznaku  $j$ . Vreme procesiranja  $j$ -tog posla na  $i$ -toj mašini je  $t_{i,j}$ , a vreme proteklo od početnog trenutka  $t = 0$  do završetka  $j$ -tog posla na  $i$ -toj mašini je  $C_{i,j}$ . 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 predstavljaju 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 određivanje makespan-a.

## 3. NEDOSTACI OBJAVLJENIH POBOLJŠANJA

Jednostavnost formulacije NEH algoritma ostavlja malo prostora istraživačima za poboljšanja vrednosti makespan-a, a izuzetna vremenska efikasnost ovog algoritma *a priori* diskredituje pokušaje poboljšanja efikasnosti. I pored toga, u velikom broju vrhunskih časopisa se objavljuju pokušaji NEH poboljšanja, koji mogu da se svrstaju u tri grupe. U prvu grupu spadaju radovi vezani za poboljšanje efikasnosti, uz opšti zaključak da su svi, uz jedini izuzetak Taillard-ovog ubrzanja, neupotrebljivi. Dva najznačajnija rada ove grupe su radovi Grabowskog et al. [12] i Jin et al. [23]. Grabowski predlaže proceduru koja redukuje broj mogućih umetanja u drugoj fazi algoritma ali dodatna izračunavanja ne samo da troše više vremena od ušteđenog, već kvare vremensku zavisnost kompletnog algoritma. Jin definiše aproksimativnu proceduru koja smanjuje broj koraka u iteracijama po cenu viših vrednosti makespan-a. I u ovom slučaju dodatna ispitivanja troše vreme uštedeno na aproksimativnom pristupu. Pri ovome, dobijeni rezultati se u radu upoređuju sa vremenskom efikasnošću algoritma bez Taillard-ovog ubrzanja. Druga grupa poboljšanja je vezana za određivanje povoljnijeg početnog uređenja poslova. I ovi pokušaji su u svim slučajevima ostali bezuspešni. Framinan et al. [24] su pokazali da je početno uređenje, predloženo u NEH algoritmu, superiorno u odnosu na 177 različitih ispitivanih uređenja. Najzad, u treću grupu

poboljšanja spadaju algoritmi u kojima se vrše izmene u fazi umetanja. U ovoj grupi su radovi koji po opštoj proceni predstavljaju najkvalitetnija poboljšanja NEH-a. Među njima su najznačajniji radovi Fernandez-Vigas et al. [9], Dong et al. [11], Ruiz i Stutzle [18] i Rad et al. [25]. Poboljšanja vrednosti makespan-a, ostvarena u ovim algoritmima, su najveća među svim ostalim pokušajima poboljšanja. Nažalost, ova poboljšanja su dobijena na štetu efikasnosti postupka uz značajno komplikovaniju formulaciju samog algoritma. Još značajnije je da se u fazi umetanja vrši promena pozicija već umetnutih poslova, što povećava red složenosti originalnog algoritma. Tabela 1 prikazuje vremena izvršenja dva najbolja algoritma, predstavljena u Rad et al. [25], označena sa FRB3 i FRB5. Stavke u kolonama prikazuju koliko puta posmatrani algoritam na određenoj instanci duže radi u odnosu na vreme izvršavanja istog algoritma na instanci  $(n, m) = (20, 5)$ . Ova vremena su poređena sa vremenom izvršavanja NEH algoritma sa Taillard-ovim ubrzanjem, označena sa NEHT.

**Tabela 1.** Poređenje vremenskih zavisnosti algoritama

$n$	$m$	NEHT	FRB3	FRB5
20	5	1.00	1.00	1.00
20	10	2.00	1.00	1.31
20	20	4.00	2.83	3.00
50	5	6.25	12.50	8.69
50	10	12.50	24.67	21.15
50	20	25.00	48.00	47.85
100	5	25.00	91.33	55.77
100	10	50.00	178.83	142.08
100	20	100.00	370.00	378.38
200	10	200.00	1,389.83	951.46
200	20	400.00	2,845.50	2,929.23
500	20	2,500.00	43,613.00	40,503.38

Ovaj primer jasno ističe superiornost NEH algoritma. Prilikom poređenja dva algoritma kombinatorne optimizacije, poređenje kompleksnosti je najvažniji faktor. Samo u slučajevima da dva algoritma imaju istu vremensku kompleksnost, ima smisla dalje eksperimentalno poređenje tih algoritama.

Drugi značajan problem u literaturi ove oblasti je veliki stepen nepreciznosti, kako u formulacijama algoritama, tako i u evaluaciji dobijenih rezultata. U slučajevima kada početno uređenje poslova nije jednoznačno, postoji više ravnopravnih početnih sekvenci. Različite početne sekvence, u opštem slučaju mogu da daju različiti krajnji rezultat algoritma, te zbog ovoga primenjeni algoritam za sortiranje direktno utiče na rezultat algoritma. Čak i u najboljim radovima ove oblasti se ne precizira način sortiranja početnog niza, što dovodi do značajne konfuzije u evaluaciji eksperimentalnih rezultata. U Tabeli 2 su data odstupanja od optimalnih vrednosti makespan-a dobijene NEH postupkom na grupama Taillard-ovih test instanci, objavljeni u tri rada koja se smatraju referentnim za PFSP. Radovi su: Fernandez-Vigas V. i Framinan JM. [9], označen sa FF, Dong X et al. [11], označen sa D i Ruiz R i Stutzle T. [18], označen sa RS. NEH algoritam je krajnje

jednostavan i na prvi pogled mogućnost njegove neprecizne formulacije praktično ne postoji.

**Tabela 2.** Različite referentne vrednosti u literaturi

$m$	5	10	20	5	10	20	5	10	20	10	20	20
$n$	20	20	20	50	50	50	100	100	100	200	200	500
FF	3.3	4.6	3.73	0.73	5.07	6.65	0.53	2.22	5.34	1.26	4.41	2.07
D	3.09	5.02	3.67	0.48	4.23	5.22	0.38	2.28	3.68	1.08	2.51	1.26
RS	3.35	5.02	3.73	0.84	5.12	6.26	0.46	2.13	5.23	1.43	4.41	2.24

Razlika u rezultatima proističe iz činjenice da je u svakom od ovih algoritama korišćen različiti postupak za sortiranje početnog niza poslova. Ove vrednosti su u dotičnim radovima korišćene kao reference u odnosu na koje su vrednovana poboljšanja NEH-a. Očigledno je da ova nepreciznost unosi značajnu nepreciznost u sam postupak evaluacije, pogotovo zbog činjenice da je prosečan nivo poboljšanja vrednosti makespan-a u ovim radovima manji od 2%.

Najzad, nedostaci pomenutih poboljšanja potiču od generalnog problema evaluacije kombinatornih algoritama. Današnji nivo objektivnosti poređenja heuristika sigurno nije dobar i predstavlja možda najslabiju kariku u radovima kombinatorne optimizacije. Po pravilu, radovi se porede na osnovu vrednosti ciljne funkcije i utrošenog CPU vremena. Dobijene vrednosti ciljne funkcije podležu objektivnoj javnoj proverji; dovoljno je da onaj ko želi da izvrši proveru ispravno isprogramira algoritam i proveriti dobijene rezultate. Sa utrošenim CPU vremenom je situacija mnogo složenija. Evaluacija se vrši na dva načina: definisanjem složenosti postupka ili/i eksperimentom. Složenost postupka je osnova svih poređenja efikasnosti, ali u praktičnim primenama dva algoritma iste složenosti mogu drastično da se razlikuju po utrošenim CPU vremenima. Zbog toga se sva poređenja heuristika vrše kroz eksperiment na poznatim benchmark testovima ili test instancama koje autori sami konstruišu. Usvojeni scenario je da autor koji vrši ovakva poređenja navede hardver na kome je testiranje izvršeno kao i programski jezik u kome je napisan kod. Ovde se pojavljuje ključni problem objektivnosti ovakve evaluacije. Literatura je prepuna primera u kojima se objavljena CPU vremena za isti algoritam na istom hardveru razlikuju i za dva reda veličine. Jedino što preostaje nekome ko želi da poredi postupke po efikasnosti jeste da sam isprogramira sve postupke koje želi da poredi. Jasno je da je objektivnost ovakvog pristupa problematična, jer direktno zavisi od umešnosti tog programera da optimalno kodira tuđi algoritam.

Za NEH algoritam se opravdano može da očekuje da je, zbog njegove krajnje jednostavnosti, merenje NEH efikasnosti potpuno objektivno. Ali, na primer, prosečno CPU vreme u Jin et al. [23] za NEH na 500 x 20 Taillard test instancama je 13.21sec, dok je vreme na istom hardveru u Dong et al. [11] 18.77 stotih delova sekunde. Pri tome je vreme od 13.21sec uzeto kao referenca za poboljšanje, objavljeno u tom radu.



Tabela 3 prikazuje poređenje CPU vremena, koja NEH utroši, predstavljena u dva, skoro identična rada, Dong et al. [20, 21]. Ovi radovi spadaju u grupu najznačajnijih radova ove oblasti jer se poboljšanja NEH algoritma, predstavljena u ovim radovima, smatraju najefektivnijim do sada objavljenim poboljšanjima. Vremena su data u milisekundama.

**Tabela 3.** Poređenje utrošenog CPU vremena

$m$	5	10	20	5	10	20	5	10	20	10	20	20
$n$	20	20	20	50	50	50	100	100	100	200	200	500
2006	1.9	3.3	6	4.57	8.5	15.5	9.9	17.6	32.3	37.3	70	208
2008	1.7	3	5.5	4.2	7.4	13.8	8.5	15.2	28.8	32.6	62.3	187

Iz tabele mogu da se uoče nekoherentni podaci koje su dobili isti autori na identičnom hardveru. Međutim, to nije glavni problem u prikazanim podacima. Naime, poznato je da je složenost NEH heuristike sa Taillard-ovim ubrzanjem  $O(n^2m)$ . Ova zavisnost može eksperimentalno da se dobije samo ako programer precizno kodira Taillardovo ubrzanje. U suprotnom, ova složenost mora biti lošija. U gornjim podacima, odnos (100, 20) : (200, 10) = 32.3 : 37.3, odnos (200, 20) : (500, 20) = 70 : 208, kao i odnos (50, 20) : (100, 10) = 15.5 : 17.6, itd, ukazuje da je kompleksnost NEH algoritma  $O(n^k m)$ , gde je  $k$  manje od dva, što je apsolutno nemoguće.

Očigledno je kakve sve posledice po objektivnost upoređivanja heuristika uzrokuju gornje proizvoljnosti. U cilju prevazilaženja pomenutih nedostataka, u nastavku je prikazan potpuno novi pristup poboljšanju NEH heuristike, zasnovan na višestrukoj primeni NEH algoritma.

#### 4. NOVI ALGORITAM

Poboljšanje NEH algoritma, označeno sa NEHP, zasnovano na generalizaciji konstruktivnih heuristika [26, 27] je predstavljeno sledećim pseudo kodom:

##### Algoritam 1: NEHP

**Function** NEHP( $n, m, T_{n,m} = \parallel t_{i,j} \parallel, t_{\max}$ )

```

1  $p \leftarrow f(t_{\max})$ 
2  $\Pi_0^{n,r} \leftarrow T_{n,m}$ 
3 if ( $r > p$ ) then  $\{ \Pi_0^{n,p} \xrightarrow{rnd} \Pi_0^{n,r}; r \leftarrow p \}$ 
4  $k \leftarrow 1$ 
5 repeat
6   for each  $\pi_{k-1}^n \in \Pi_{k-1}^{n,r}$  apply NEH  $k$ -insertion
7    $r \leftarrow p; \Pi_0^{n,r} \leftarrow$  select  $p$  best sequences
8    $k \leftarrow k + 1$ 
until  $k = n$ 

```

**return**  $\pi^n \leftarrow$  **select** best sequence

Ulazni parametri su broj poslova  $n$ , broj mašina  $m$ , matrica vremena rada na mašinama  $T_{n,m}$  i raspoloživo

vreme rada algoritma  $t_{\max}$ . U prvom koraku se određuje broj paralelno praćenih sekvenci na osnovu  $t_{\max}$ . Ovo je moguće zahvaljujući činjenici da se vreme  $T^{n,m}$ , izvršenja NEH algoritma na proizvoljnoj instanci  $n, m$ , korišćenjem određenog hardvera može da uzme kao etalon za izračunavanje vremena izvršenja NEH algoritma proizvoljne instance korišćenjem istog hardvera. Bilo koje dato  $T^{n_1, m_1}$  jednoznačno određuje CPU vreme  $T^{n_2, m_2}$ , koje NEH utroši na bilo kojoj drugoj ( $n_2, m_2$ ) instanci korišćenjem istog hardvera:

$$T^{n_2, m_2} = \frac{n_2^2 m_2}{n_1^2 m_1} T^{n_1, m_1}$$

U drugom koraku se određuje skup  $\Pi_0^{n,r}$  početnih uređenja poslova kardinalnosti  $r$ . To su sva uređenja poslova koja obezbeđuju da su odgovarajuća ukupna vremena poslova na svim mašinama uređena u nerastući niz. Ukoliko je  $r > p$ , u trećem koraku se iz ovog skupa nasumice određuje podskup, kardinalnosti  $p$ . U iterativnom ciklusu algoritma se izvršava faza umetanja NEH algoritma za svaku od  $p$  trenutno zapamćenih sekvenci. Na kraju svake iteracije se određuje  $p$  najboljih parcijalnih sekvenci, koje se zatim obrađuju u sledećoj iteraciji. Po izlasku iz petlje, najbolja sekvenca predstavlja konačno rešenje algoritma.

Predloženi algoritam zadržava izuzetnu jednostavnost formulacije i kompleksnost originalnog NEH algoritma. Tabela 4 predstavlja podatke iz Tabele 1, dopunjene odnosima vremena rada NEHP algoritma. Prikazani podaci ne zavise od broja praćenih sekvenci  $p$ .

**Tabela 4.** Poređenje vremenskih zavisnosti algoritama

$n$	$m$	NEHT	FRB3	FRB5	NEHP
20	5	1.00	1.00	1.00	1.00
20	10	2.00	1.00	1.31	2.00
20	20	4.00	2.83	3.00	4.00
50	5	6.25	12.50	8.69	6.25
50	10	12.50	24.67	21.15	12.50
50	20	25.00	48.00	47.85	25.00
100	5	25.00	91.33	55.77	25.00
100	10	50.00	178.83	142.08	50.00
100	20	100.00	370.00	378.38	100.00
200	10	200.00	1,389.83	951.46	200.00
200	20	400.00	2,845.50	2,929.23	400.00
500	20	2,500.00	43,613.00	40,503.38	2,500.00

U sledećem odeljku su prikazani rezultati eksperimentalne evaluacije kvaliteta poboljšanja vrednosti makespana kroz poređenje sa najboljim objavljenim poboljšanjima.

#### 5 EKSPERIMENTALNI REZULTATI

NEHP sa  $p=56$  je poređen sa 12 NEH poboljšanja analiziranih u jednom od najvažnijih radova iz ove oblasti [25]. Ovi rezultati predstavljaju većinu najboljih do sada objavljenih NEH poboljšanja. Testovi su sprovedeni na Taillard-ovim instancama [28]. 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. Korišćeni hardver obuhvata Intel 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:

$$\Delta[\pi] = ((C_{\max}[\pi] - C_{\max}[\pi^*]) / C_{\max}[\pi^*]) \times 100\%$$

gde je  $\pi^*$  optimalna ili najbolja poznata sekvenca, a  $\pi$  sekvenca dobijena predloženim poboljšanjem.

**Tabela 5.** Poređenje 12 NEH poboljšanja sa novim algoritmom

<i>m</i>	<i>n</i>	NEHT	FRB1	FRB2	FRB3	FRB42	FRB44	FRB46	FRB48	FRB410	FRB412	FRB5	B5MS	B4MS	NEHP
20	5	3.35	3.57	1.52	0.89	2.02	1.22	1.24	1.14	1.11	1.12	1.08	2.19	2.26	1.02
20	10	5.02	3.11	2.54	1.86	3.23	2.7	2.2	2.45	1.8	1.79	2.19	2.87	3.17	1.63
20	20	3.73	2.34	2.17	2.18	2.49	2.4	2.24	2.26	2.18	2.08	1.8	2.65	2.83	1.32
50	5	0.84	0.91	0.4	0.22	0.32	0.4	0.29	0.43	0.34	0.3	0.19	0.66	0.66	0.28
50	10	5.12	4.44	3.1	2.99	4.32	3.11	3.31	2.79	3.45	2.89	2.25	4.16	4.16	2.66
50	20	6.32	4.2	4.12	3.38	5.09	4.4	4.6	4.31	4.15	4.05	3.38	5.95	6.03	3.66
100	5	0.46	0.42	0.3	0.21	0.39	0.18	0.18	0.32	0.25	0.28	0.16	0.41	0.44	0.25
100	10	2.13	1.92	1.34	0.94	1.58	1.38	1.04	1.12	1.17	1.22	0.8	1.95	1.95	1.11
100	20	5.23	4.16	3.52	2.9	4.31	4	3.74	3.8	3.39	3.73	2.51	4.88	4.95	3.36
200	10	1.43	1.22	0.89	0.52	0.75	0.67	0.71	0.61	0.73	0.6	0.38	1.29	1.31	0.70
200	20	4.52	3.46	2.62	2.41	3.49	3.22	2.99	2.99	2.84	2.95	1.84	4.27	4.28	2.85
500	20	2.24	1.68	1.16	1.06	1.62	1.52	1.39	1.4	1.33	1.4	0.72	2.05	2.05	1.41
Average:		3.37	2.62	1.97	1.63	2.47	2.1	1.99	1.97	1.9	1.87	1.44	2.78	2.84	1.69

Samo algoritmi FRB3 i FRB5 imaju niže srednje vrednosti makespan-a od NEHP algoritma. Međutim, iz Tabele 4 se uočava superiornost NEHP algoritma u odnosu na ova dva algoritma. Izuzimajući NEHT, novi algoritam radi kraće od svih poređenih algoritama.

## 6. ZAKLJUČAK

Glavni cilj ovog rada je istraživanje mogućnosti poboljšanja NEH heuristike za PFSP uz održavanje dve njegove najbitnije prednosti: jednostavnosti formulacije i izuzetne efikasnosti procesiranja. Najpoznatija NEH poboljšanja objavljena u literaturi postižu prosečno smanjenje vrednosti makespa-a za oko 2%, ali značajno kvare kompleksnost originalnog postupka uz mnogo komplikovaniju formulaciju postupka. Najčešći uzrok povećanja reda složenosti ovih postupaka leži u ponovnim umetanjima već raspoređenih poslova. Na ovaj način se *de facto*, konstruktivna heuristika transformiše u heuristiku poboljšanja čiji je red složenosti po pravilu stohastička veličina, a red složenosti najgoreg slučaja vošestruko prevazilazi red složenosti originalnog postupka.

U ovakvim okolnostima je analizirana mogućnost višestruke primene NEH algoritma, koja bi očuvala kompleksnost originalnog postupka. Ideja je zasnovana na činjenici da se tokom izvršavanja NEH postupka odbacuju rešenja koja su u datom trenutku ravnopravna sa odabramim rešenjima. Ovo se dešava u obe faze NEH algoritma. Zbog ovoga, novim algoritmom se paralelno prati unapred definisan broj sekvenci iz početnog uređenja poslova, kao i isti broj parcijalnih sekvenci u fazi umetanja. Ovim se ditektno utiče na otklanjanje glavne slabosti NEH algoritma; međusobno uređenje raspoređenih poslova u fazi umetanja ostaje nepromenjeno do završetka izvršenja algoritma. Broj praćenih sekvenci može unapred jednostavno da se odredi na osnovu raspoloživog vremena rada računara.

Eksperimentalni rezultati nedvosmisleno potvrđuju superiornost predloženog postupka u odnosu na najbolja objavljena NEH poboljšanja.

## LITERATURA

- [1] Framinan JM, Gupta JND, Leisten R, "A review and classification of heuristics for permutation flow-shop scheduling with makespan objective". Journal of the Operational Research Society, 2004; 55:1243–55.
- [2] Framinan JM, Leisten R, Ruiz-Usano R, "Comparison of heuristics for flowtime minimization in permutation flowshops". Computers and Operations Research, 2005; 32:1237–54.
- [3] Hejazi S, Saghafian S, "Flowshop-scheduling problems with makespan criterion: a review". International Journal of Production Research, 2005; 43(14): 2895–2929.
- [4] Ruiz R, Maroto C, "A comprehensive review and evaluation of permutation flowshop heuristics". European Journal of Operational Research, 2005; 165(2): 479–94.
- [5] Gupta YND, Stafford JrEFS, "Flowshop scheduling research after five decades". European Journal of Operational Research, 2006; 169: 699–711.
- [6] Johnson SM, "Discussion: Sequencing *n* jobs on two machines with arbitrary time lags", Management Science 5, 1959; 299–303.
- [7] Nawaz M, Jr. Ensore and Ham E, "A heuristic algorithm for the *m*-machine, *n*-job flow-shop

- sequencing problem*”, OMEGA, The International Journal of Management Science, 1983; 91–95.
- [8] Kalczynski PJ, Kamburowski J, “*On the NEH heuristic for minimizing the makespan in permutation flowshops*”. Omega, The International Journal of Management Science, 2007; 35: 53–60.
- [9] Fernandez-Vigas V, Framinan JM, “*On insertion tie-breaking rules in heuristics for the permutation flowshop scheduling problem*”. Computers and Operations Research, 2014; 45: 60–67.
- [10] Ribas I, Companys R, Tort-Martorell X, “*Comparing three-step heuristics for the permutation flow shop problem*. Computers and Operations Research, 2010; 37 (12): 2062–70.
- [11] Dong X, Huang H, Chen P, “*An improved NEH-based heuristic for the permutation flow shop problem*. Computers and Operations Research, 2008; 35 (12): 3962–8.
- [12] Grabowski J, Wodecki M, “*A very fast tabu search algorithm for the permutation flowshop problem with makespan criterion*”. Computers and Operations Research, 2004; 31 (11): 1891–1909.
- [13] Haq AN, Saravanan M, Vivekraj AR, Prasad T, “*A scatter search approach for general flow shop scheduling problem*”. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007; 31: 751–761.
- [14] Kalczynski PJ, Kamburowski J, “*An improved NEH heuristic to minimize makespan in permutation flow shops*”. Computers and Operations Research, 2008; 35: 3001–3008.
- [15] Laha D, Mandal P, “*Improved heuristically guided genetic algorithm for the flow shop scheduling problem*”. International Journal of Services and Operations Management, 2007; 3: 313–331.
- [16] Liao CJ, Tseng CT, Luarn P, “*A discrete version of particle swarm optimization for flowshop scheduling problems*”. Computers and Operations Research, 2007; 34: 3099–3111.
- [17] Nowicki E, Smutnicki C, “*A fast tabu search algorithm for the permutation flowshop problem*”. European Journal of Operational Research, 1996; 91: 160–175.
- [18] Ruiz R, Stutzle T, “*A simple and effective iterated greedy algorithm for the permutation flowshop scheduling problem*”. European Journal of Operational Research, 2007; 177: 2033–2049.
- [19] Tasgetiren MYCL, Sevkli M, Gencyilmaz G, “*A particle swarm optimization algorithm for makespan and total flowtime minimization in the permutation flowshop sequencing problem*”. European Journal of Operational Research, 2007; 177: 1930–1947.
- [20] Dong X, Huang H, Chen P, “*A More Effective Constructive Algorithm for Permutation Flowshop Problem*”. Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL Lecture Notes in Computer Science, 2006; 4224: 25–32.
- [21] Dong X, Chen P, Huang H, Nowak M, “*A multi-restart iterated local search algorithm for the permutation flow shop problem minimizing total flow time*”. Computers and Operations Research, 2013; 40 (2): 627–32.
- [22] Taillard E, “*Some efficient heuristic methods for the flow shop sequencing problem*”. European Journal of Operational Research, 1990; 47 (1): 67–74
- [23] Jin F, Song S, Wu C, “*An improved version of the NEH algorithm and its application to large-scale flow-shop scheduling problems*”. IIE Transactions, 2007; 39: 229–234.
- [24] Framinan JM, Leisten R, Rajendran C, “*Different initial sequences for the heuristic of Nawaz, Enscore and Ham to minimize makespan, idle time or flowtime in the static permutation flowshop sequencing problem*”. International Journal of Production Research, 2003; 41 (1): 121–148.
- [25] Rad SF, Ruiz R and Borojerdian N, “*New high performing heuristics for minimizing makespan in permutation flowshops*”, OMEGA 37, 2009; 331–345.
- [26] Danilović M, Ilić O, “*Nova formalizacija i proširenje faze umetanja u NEH heuristici*”, YUINFO, 2013; 304–309.
- [27] Danilović M, Ilić O, “*Primena generalizovane konstruktivne heuristike na permutacioni flowshop problem*”, YUINFO, 2014; 195–199.
- [28] Taillard E, *Scheduling instances, downloadable from: <http://ina.eivd.ch/collaborateurs/etd/problem.es.dir/ordonnancement.dir/ordonnancement.html>*

# ORGANIZACIONA KULTURA, INFORMACIONO KOMUNIKACIONA TEHNOLOGIJA I DECENTRALIZACIJA

## ORGANIZATIONAL CULTURE, INFORMATION COMMUNICATION TECHNOLOGY AND DECENTRALIZATION

Nebojša Janićijević

*Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu*

**Sadržaj.** U radu se istražuje uticaj organizacione kulture na efekte koje informaciono komunikaciona tehnologija ima na decentralizaciju organizacije. Polazeći od Hendijeve klasifikacije tipova organizacionih kultura, generišu se hipoteze o različitom uticaju koji ICT ima na decentralizaciju u svakom od njih.

**Abstract.** *The impact of organizational culture on effects that information communication technology has on decentralization of organization is researched in the paper. Starting from Handy's classification of organizational culture types, the hypotheses about the differential impact that ICT has on decentralization in each of them has been generated.*

### 1. INFORMACIONO KOMUNIKACIONA TEHNOLOGIJA I DECENTRALIZACIJA

Nema sumnje da informaciono komunikaciona tehnologija (ICT) utiče na različite aspekte savremenih organizacija. Za to postoje brojne kako teorijske tako i empirijske potvrde [2] [7] [22]. Pokazano je da ICT utiče na smanjivanje troškova procesiranja informacija, poboljšanje kvaliteta donošenja odluka, smanjenje broja hijerarhijskih nivoa i „tanjenje“ organizacije, smanjivanje srednjeg menadžmenta. No, posebno zanimljiv je uticaj koji ICT ima na delegiranje autoriteta i njegovu posledicu – stepen centralizacije odnosno decentralizacije organizacione strukture. Ovaj uticaj već duže vreme zaokuplja pažnju akademske i stručne javnosti [4]. Razlog tome je svakako kontroverzna priroda odnosa ICT i ove dimenzije organizacija. Dok jedni autori smatraju da ICT vodi ka većoj decentralizaciji drugi pak smatraju da ICT vodi zapravo većoj centralizaciji strukture [15].

Stepen decentralizacije organizacione strukture je posledica delegiranja autoriteta kao jednog od potprocesa u dizajniranju organizacione strukture. Svaka organizacija mora na određeni način da rasporedi autoritet donošnja odluka po vertikali (kroz hijerarhijske nivoe) kao i po horizontali (između menadžera i stručnjaka) [17]. Drugim rečima, organizacija mora da odredi ko odlučuje o čemu. Posledica delegiranja autoriteta jeste određeni nivo (de)centralizacije strukture. Organizaciona struktura

može biti centralizovana ili pak decentralizovana. U prvom slučaju sve ili većina odluka se donosi na vrhu organizacije od strane lidera ili malog broja menadžera dok se u drugom slučaju autoritet donošenja odluka ravnomernije raspoređuje između hijerarhijskih nivoa tako da se neke odluke donose i na nižim hijerarhijskim nivoima. U kome stepenu će struktura biti centralizovana ili decentralizovana zavisi od mnogobrojnih faktora. Prema kontigentnoj teoriji organizacije nema idealnog stepena (de)centralizacije već on zavisi od veličine i starosti organizacije [11] vrste tehnologije [23], okruženja [19] ili strategije [6]. ICT ima posebno mesto među ovim faktorima.

Primena ICT u organizaciji ima snažan uticaj na stepen njene decentralizacije odnosno centralizacije. Razlog za to je što je suština procesa delegiranja autoriteta zapravo lociranje odgovornosti za donošenje odluka. Donošenje odluka je opet, po svojoj prirodi proces prerade informacija. Kako ICT u najvećoj meri utiče upravo na procesiranje informacija u organizaciji, jasno je da će delegiranje autoriteta, kao i njegova posledica decentralizacija, biti pod uticajem ICT. Međutim, na koji način i u kome pravcu ICT utiče na decentralizaciju je vrlo kontroveržno pitanje. Po tom pitanju se razlikuju tri škole mišljenja.

Prema prvoj školi mišljenja, informaciona tehnologija vodi ka decentralizaciji odlučivanja u preduzećima [15] [16]. Argument u prilog ovoj tvrdnji zasniva se na tome da ICT otklanja najmanje dve barijere decentralizaciji odlučivanja u organizacijama. Prvo, ICT omogućuje da svi hijerarhijski nivoi pa i oni najniži, imaju dovoljno kvalitetnih i ažurnih informacija da donose ispravne odluke. Naime, jedna od ključnih barijera delegiranju autoriteta odlučivanja na niže hijerarhijske nivoe jeste to što izvršioc i menadžeri na nižim nivoima organizacije ne raspolažu sa dovoljno informacija pa ni znanja koje bi im omogućile donošenje kvalitetnih odluka. Posebno je problem što zaposleni i menadžeri na nižim nivoima nemaju širu sliku odnosno nemaju informacije od značaja za celinu organizacije. Stoga bi delegiranje autoriteta ovim nivoima nosilo visok rizik da se na tim nivoima donose odluke parohijalnog karaktera koje optimiziraju ciljeve jedinice u kojoj se donose ali idu na štetu celine organizacije. Jednostavno, potrebno je obezbediti balans autoriteta i informacija: autoritet donošenja odluka treba da bude lociran na onom nivou

i ona onoj poziciji na kojoj postoji dovoljno informacija da se donese kvalitetna odluka. ICT obezbeđuje da na većini hijerarhijskih nivoa i na većini organizacionih pozicija postoji potreban nivo informacija koji garantuje kvalitetno odlučivanje. Druga barijera decentralizaciji koju ICT otklanja i time je favorizuje u organizaciji jeste mogućnost efikasne menadžerske kontrole. Naime, da bi top menadžment delegirao autoritet za donošenje odluka na niže nivoe, on mora prethodno ili istovremeno da obezbedi kontrolu delegiranih odluka i njihovih efekata. Ukoliko top menadžment nema mehanizam kontrole odluka delegiranih ka nižim nivoima, on neće biti spreman da delegira autoritet te će posledica biti visoka centralizacija odlučivanja. Upravo je nedovoljna kompetentnost lidera organizacije da uspostavi mehanizam kontrole glavni razlog za centralizaciju mladih i rastućih firmi [11]. ICT obezbeđuje brže, efikasnije i jeftinije procesiranje informacija a time i efikasniju kontrolu odluka i procesa koji se dešavaju na nižim nivoima organizacije od strane njenog vrha. Omogućujući efikasniju kontrolu delegiranih odluka, ICT otklanja barijeru decentralizaciji odlučivanja.

Druga škola mišljenja o uticaju ICT na decentralizaciju iznosi argumente u prilog tvrdnji da zapravo ICT vodi ka centralizaciji [15]. Zapravo se ovaj argument bazira na ideji da ICT podstiče centralizaciju jer otklanja neke barijere koje onemogućuju centralizovano odlučivanje. Ključna barijera centralizaciji odlučivanja jeste ograničena sposobnost prikupljanja i obrade informacija od strane top menadžmenta. Naime, da bi centralizovao donošenje odluka, što znači da bi donosio sve ili većinu odluka u organizaciji, top menadžment mora da raspolaze svim potrebnim informacijama za donošenje tih odluka. Budući da broj odluka koje treba doneti u organizacijama, posebno onim velikim, može biti veoma veliki, lako se može desiti da top menadžment jednostavno nema kapaciteta za procesiranje svih potrebnih informacija. To je razlog zbog koga on mora da delegira autoritet donošenja odluka, posebno onih operativnih na niže nivoe što vodi ka decentralizaciji. Posebno je problem u prikupljanju i obradi informacija iz operativne sfere od koje je top menadžment veoma udaljen. Te odluke je najčešće veoma korisno delegirati nižim nivoima menadžmenta iz prostih razloga što bi prikupljanje informacija za njihovo donošenje, prenošenje tih informacija do vrha organizacije i njihov obrada bilo praćeno takvim deformacijama, kašnjenjima i troškovima da to zaista ne bi bilo ekonomično. ICT, međutim, obezbeđuje brzo prikupljanje, prenošenje i obradu svih informacija na vrhu organizacija pa čak i onih iz operativne sfere. ICT tako zapravo dovodi do nestajanja srednjeg menadžmenta i smanjenja broja hijerarhijskih nivoa. Kako srednji menadžment uglavnom služi za to da prenosi informacije odozdo na gore i naredbe odozgo na dole, kada ICT omogućuje direktni, efikasan i brz protok informacija između operativne sfere i strateškog vrha organizacije, srednji menadžment postaje nepotreban. To znači da ICT otklanja barijere centralizaciji odlučivanja i time vodi

ka povećanu stepena centralizacije u savremenim organizacijama.

Pored ova dva suprotstavljena gledišta na uticaj ICT na decentralizaciju, postoji i treće mišljenje [15] [16]. Prema njemu, ICT ima kapacitet da poveća kako centralizaciju tako i decentralizaciju organizacije. Kakav će uticaj ICT na (de)centralizaciju strukture biti u svakoj pojedinačnoj organizaciji, zavisi od nekih trećih faktora kao što su: tip informacione tehnologije koja se koristi u preduzeću, veličina i starost preduzeća, stepen neizvesnosti u okruženju, stepen repetitivnosti zadataka u strukturi. Ovi faktori kreiraju određeni kontekst u kome se ICT primenjuje i od tog konteksta zavisi kakve će efekte ICT imati na (de)centralizaciju organizacione strukture. Jedna od bitnih komponenti konteksta svake organizacije jeste i njena kultura. Kao sistem pretpostavki vrednosti i normi koje dele zaposleni i menadžeri, organizaciona kultura utiče na sve odluke, akcije i interakcije u preduzeću. Zato organizaciona kultura treba biti istražena kao mogući faktor od koga zavisi u kome pravcu će ICT uticati na stepen (de)centralizacije organizacije.

Cilj ovog rada jeste da istraži način na koji organizaciona kultura uslovljava uticaj ICT na decentralizaciju organizacije. Rad ima eksplorativni karakter i njegova svrha je da generiše hipoteze o kulturi kao faktoru koji određuje karakter relacije ICT i delegiranja autoriteta. To će biti učinjeno tako što će se, na osnovu karakteristika pojedinih tipova kulture, pretpostaviti različiti efekti ICT na (de)centralizaciju u različitim tipovima organizacionih kultura.

Struktura rada je sledeća. Posle definisanja organizacione kulture i njenog sadržaja biće predstavljena jedna od široko prihvaćenih klasifikacija tipova organizacione kulture. Zatim će se analizirati karakter i efekti uticaja ICT na (de)centralizaciju organizacije u kontekstu 4 tipa organizacione kulture. Rezultat će biti hipoteze koje formulišu pretpostavke o pravcu uticaja ICT u različitim vrstama organizacionih kultura.

## **2. ORGANIZACIONA KULTURA: POJAM, SADRŽAJ I TIPOVI**

Organizaciona kultura se može definisati kao „*sistem pretpostavki, vrednosti, normi i stavova manifestovanih kroz simbole, koje su članovi jedne organizacije razvili i usvojili kroz zajedničko iskustvo i koji im pomaže da odrede značenja sveta koji ih okružuje i kako da se u njemu ponašaju*“ [18, str.26]. Kao što se iz definicije može videti, organizaciona kultura ima kognitivnu i simboličku komponentu u svom sadržaju [21]. Kognitivna komponenta sastoji se od zajedničkih pretpostavki, vrednosti i normi koji dele članovi organizacije i koji oblikuju njihove mentalne (interpretativne) šeme. Time organizaciona kultura determiniše način na koji članovi organizacije percipiraju i interpretiraju svet oko sebe ali i način na

koji se u njemu ponašaju. Kognitivni sadržaj organizacione kulture obezbeđuje da članovi organizacije na jedinstven način dodele značenja pojavama u organizaciji i van nje i da na jedinstven način reaguju na njih. Simboli su vidljivi deo organizacione kulture koji manifestuje njenu kognitivnu komponentu. Semantički, bihevioralni i materijalni simboli učvršćuju, prenose ali i menjaju organizacionu kulturu [8].

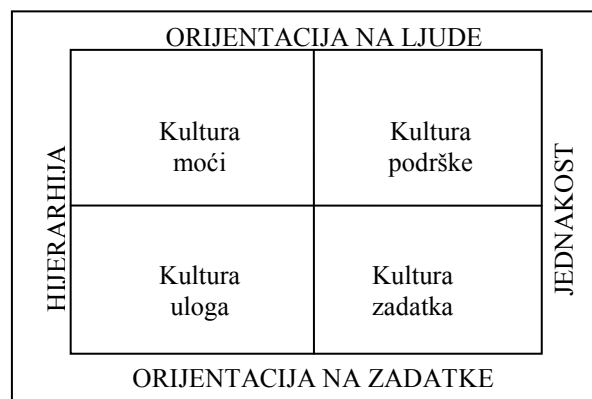
Kulturne pretpostavke kao hipoteze o realnosti [21], vrednosti kao idealna stanja ka kojima treba težiti [20] i kulturne norme kao svojevrсна socijalna očekivanja u pogledu ponašanja članova organizacije [3] [14] predstavljaju snažne smernice članovima organizacije kako da ljude, pojave i događaje u organizaciji razumeju kao i kako da se prema njima odnose. Svakodnevne odluke koje menadžeri i zaposleni donose, akcije koje oni preduzimaju kao i interakcije u koje stupaju, determinisani su velikim delom pretpostavkama, vrednostima i normama organizacione kulture. Kroz uticaj na odluke, acije i interakcije menadžera i zaposlenih, organizaciona kultura utiče i na mnoge elemente menadžmenta i organizacije. Ovaj uticaj je do sada relativno dobro istražen pa imamo empirijska istraživanja koja pokazuju kako kultura utiče na više važnih komponenti menadžmenta i performanse organizacije [1].

U literaturi postoje brojne klasifikacije organizacionih kultura [3] [5] [10] [12]. Sve te klasifikacije se razlikuju međusobno po kriterijumima na osnovu kojih se diferenciraju vrste organizacionih kultura. U ovom radu će biti korišćena Hendijeve (Handy) klasifikacija budući da je izgrađena na kriterijumima koji imaju implikacije na odnos ICT i decentralizacije.

Prema Hendijevoj klasifikaciji [12] organizacione kulture se diferenciraju prema dva kriterijuma. Prvi kriterijum po kome se diferenciraju tipovi organizacionih kultura u Hendijevoj klasifikaciji jeste pretpostavka o distribuciji moći u organizaciji. Distribucija moći među članovima jedne socijalne grupe, kakva je i organizacija, se uvek postavlja kao jedno od ključnih pitanja koje svaka socijalna zajednica, pa i organizacija, mora da reši. Rešenje tog pitanja ugrađuje se u kulturu te zajednice u vidu kulturnih pretpostavki [13]. Prema kriterijumu distribucije moći, razlikujemo organizacione kulture koje sadrže pretpostavku o potrebi autoritarne odnosno neravnomerne ili hijerarhijske distribucije moći i kulture koje sadrže pretpostavku o potrebi egalitarne, demokratske odnosno ravnomerne distribucije moći. Autoritarne ili hijerarhijske organizacione kulture sadrže pretpostavku da je nejednaka distribucija moći u socijalnom sistemu neminovna, korisna i potrebna za ostvarivanje njegovih ciljeva i svrhe. Nasuprot tome, egalitarne kulture sadrže pretpostavku da je u socijalnim sistemima, kakve su i organizacije, korisna, moguća i potrebna što ravnomernija distribucija moći i da jedino ona obezbeđuje ostvarivanje ciljeva socijalnih sistema.

Drugi kriterijum koji diferencira opisane tipove organizacionih kultura jeste primarni okvir kolektivne akcije kojom organizacija ostvaruje svoje ciljeve. Svaka organizacija nastaje zato da bi preduzimanjem kolektivne, koordinirane akcije realizovala ciljeve njenih članova ili stejkholdera. Sa druge strane, priroda organizacije je dihotomna: ona sadrži radnu komponentu (zadaci i strukture) i socijalnu komponentu (ljudi i njihovi odnosi). Zato organizacija mora da se opredeli da li će ciljeve i interese stejkholdera i njenih članova da zadovoljava primarno kroz socijalnu ili radnu strukturu? Prema kriterijumu pogodnog okvira kolektivne akcije u organizacijama, razlikujemo organizacione kulture koje sadrže pretpostavku da kolektivna akcija treba da se preduzima u okvirima radne strukture i organizacione kulture koje sadrže pretpostavku da kolektivne akcije treba da se preduzimaju u okvirima socijalne strukture. Prvi tip organizacione kulture implicira orijentaciju na zadatke dok drugi tip organizacione kulture implicira orijentaciju na ljude.

Koristeći oba kriterijuma istovremeno, može se konstruisati matrica sa 4 vrste organizacionih kultura.



Slika 1. Hendijeve klasifikacije organizacionih kultura  
Izvor: Handy, C., Gods of Management, Pan, London, 1979.

Kultura moći i kultura uloga sadrže pretpostavke, vrednosti i norme neravnomerne odnosno hijerarhijske distribucije moći u organizaciji. Sa druge strane, kultura podrške i kultura zadatka sadrže pretpostavke, vrednosti i norme egalitarne distribucije moći. Kultura moći i kultura podrške imaju zajedničku karakteristiku da su orijentisane primarno na ljude odnosno socijalnu komponentu organizacije. Sa druge strane, kultura zadatka i kultura uloga sadrže pretpostavku da je primarna komponenta organizacije radna odnosno zadaci.

*Kultura moći (Power culture)* kombinuje orijentaciju na ljude i orijentaciju ka nejednakoj distribuciji moći u organizaciji. Osnovna karakteristika kulture moći jeste njena orijentacija ka lideru. Kultura moći se bazira na pretpostavci da je organizacija sredstvo za ostvarivanje ciljeva u rukama njenog vlasnika ili vođe. Kultura moći organizaciju vidi kao porodicu – na čelu organizacije se

nalazi sveznajući i svemogućí „otac porodice“ koji brine o svim njenim članovima, a oni ga zauzvrat bespogovorno slušaju. Izvor moći lidera u ovoj kulturi jeste kontrola resursa (novac, informacije) ili harizma. U ovoj kulturi se sve zasniva na ličnom nadzoru lidera, tako da efikasnost funkcionisanja organizacije u velikoj meri zavisi od njegove kompetentnosti. Lider u velikoj meri personalizuje rad organizacije tako da sve u njoj dobija njegov lični pečat i sve zavisi od njegovog stila i kompetencija. Organizaciona struktura je vrlo nerazvijena, neformalna i često se menja. U kulturi moći komuniciranje je vrlo intenzivno i neformalno. Politički procesi i borba moći su vrlo izraženi jer se članovi organizacije međusobno bore da se približe lideru, da privuku njegovu pažnju i da, na osnovu toga, steknu bolju poziciju u organizaciji. Glavna prednost kulture moći jeste brzina njenog reagovanja. Budući da u ovoj kulturi sve zavisi od lidera, kada on donese odluku o promenama onda se ta odluka vrlo brzo i efikasno sprovodi. Organizacije sa kulturom moći, ako su uz to i male, spadaju u najfleksibilnije organizacije. Glavni nedostatak kulture moći je što je ona vrlo rizična – praktično sve zavisi samo od jednog čoveka i njegovih sposobnosti. Problem kulture moći je to što ona favorizuje poslušnost lideru, a ne kompetentnost ljudi. Vremenom će iz ove kulture odlaziti sposobniji ljudi kojima ne odgovara potpuna centralizacija moći na vrhu organizacije a ostajace mediokriteti kojima odgovara da neko drugi donosi odluke, preuzima rizik dok oni samo poslušno izvršavaju naloge. Kultura moći je pogodna za relativno male i mlade organizacije, u kojima ne dominira visokoobrazovani kadar, i to u turbulentnim industrijama u kojima je potrebno brzo reagovanje.

*Kultura uloga (Role culture)* je prava birokratska kultura. U ovoj kulturi dominiraju formalna pravila i procedure i od svih u njoj, uključujući i lidera i ostale menadžere, se očekuje da ih striktno poštuju. Ono što je u kulturi moći lider i njegova ličnost, u kulturi uloga su formalna pravila i standardi. Teži se da se svaki proces, svako ponašanje i svi odnosi u organizaciji standardizuju i formalizuju. U kulturi uloga se sve zasniva na logici, razumu i racionalnosti. Kultura uloga se zasniva na viđenju organizacije kao uređene socijalne strukture, koju regulišu dogovorena pravila i procedure. Metafora za organizaciju u ovoj kulturi je mašina. Nasuprot kulturi moći, koja je uvek obojena ličnošću lidera, kultura uloga je depersonalizovana. Već i ime ove kulture sugerise da su osnovni elementi organizacije impersonalno postavljene uloge, a ne pojedinci kao ličnosti. Moć se u ovoj kulturi stiče na osnovu hijerarhijske pozicije i delimično na osnovu ekspertskog znanja. Kultura uloga se naješće može naći u velikim birokratizovanim preduzećima i drugim organizacijama (naročito javne službe). Može se čak reći da kultura uloga implicira birokratsku organizacionu strukturu.

*Kultura zadatka (Task culture)* je takav sistem vrednosti i normi ponašanja u kojem se na najviši pijedestal u organizaciji stavlja uspeh i postignuće.

Zato mnogi ovu kulturu i zovu kulturom postignuća. Kultura zadatka počiva na pretpostavci da organizacija postoji da bi rešavala zadatke. Sve je orijentisano ka poslu koji treba da se obavi i tome je sve podređeno. Ljudi se ne cene prema hijerarhijskoj poziciji, već prema njihovoj sposobnosti da doprinesu obavljanju zadatka. Moć se izvodi iz kompetentnosti i delimično iz harizme. Kultura zadatka najviše odgovara ljudima koji su motivisani postignućem, odnosno poslom samim po sebi, pre nego materijalnim nagradama. U kulturi zadatka vladaju vrednosti kao što su: samostalnost pojedinaca, fleksibilnost i prilagodljivost. Ova vrsta kulture je najpodesnija za relativno male, specijalizovane organizacije sa visokoobrazovanim zaposlenima i sofisticiranom tehnologijom, kao što su: konsultantske agencije, advokatske kancelarije, propagandne agencije, istraživačke organizacije i sl. Kultura zadatka najčešće implicira timsku ili projektnu organizacionu strukturu. Njene osnovne prednosti proizilaze iz njene orijentacije na uspeh i rezultat, fleksibilnost, inicijativnost, kreativnost i preduzetništvo. Osnovni nedostatak je sadržan u njenoj preteranoj zavisnosti od ljudi i njihovih kvaliteta.

*Kultura podrške (People culture)* je tip kulture na koji se veoma retko može naći u preduzećima. Već njen originalni naziv implicira da kultura podrške počiva na pretpostavci da organizacija postoji zbog ljudi u njoj. Njena osnovna svrha je, prema pretpostavci njenih članova, da im omogući da ostvare svoje individualne ciljeve i interese. Fokus je na pojedincu i na njegovim interesima, dok su ciljevi organizacije kao celine zanemareni. To je i razlog zašto je teško pretpostaviti da bi neko preduzeće moglo da opstane sa ovakvom kulturom. Moć u kulturi podrške je veoma široko distribuirana, pa je u poređenju sa svim pomenutim tipovima kulture kultura podrške u najvećoj meri „demokratska“. Visoko se ceni individualna sloboda i pruža se žestok otpor svakom pokušaju da se organizacionim pravilima ta lična sloboda ugrozi. Zato organizacije sa ovom kulturom imaju problem sa lojalnošću članova koji su češće lojalniji sebi i svojoj profesiji nego svojoj organizaciji. Najčešće se ovaj tip kulture može sresti na fakultetima, bolnicama, institutima i u istraživačkim ustanovama.

### 3. ORGANIZACIONA KULTURA KAO FAKTOR KOJI OBLIKUJE UTICAJ ICT NA DECENTRALIZACIJU

Kriterijumi po kojima se organizacione kulture međusobno razlikuju odnosno pretpostavke o poželjnoj distribuciji moći i primarnoj komponenti organizacije imaju značajan uticaj na relaciju između ICT i decentralizacije organizacije. Kao što smo već zaključili, širenje i primena ICT u organizaciji imaće različite efekte na delegiranje autoriteta u zavisnosti od konteksta u kome se ono vrši. Budući da je kultura važna komponenta organizacionog konteksta, jasno je da će njene vrednosti i norme imati uticaj na odnos ICT i decentralizacije organizacije. Taj uticaj će biti različit

u različitim tipovima kultura odnosno on će zavisiti od pretpostavki, vrednosti i normi o distribuciji moći i primarnoj komponenti organizacije koju tip kulture sadrži.

Pretpostavka o poželjnoj distribuciji moći ima sasvim jasne implikacije na uticaj ICT na decentralizaciju organizacije. Kada se ICT primeni u organizaciji u kojoj vlada pretpostavka o hijerarhijskoj ili autokratskoj distribuciji moći kao poželjnom rasporedu moći u organizaciji, sasvim je jasno da će ona voditi ka centralizaciji odlučivanja. ICT je, kao i svaka druga tehnologija, samo sredstvo za ostvarivanje određenih ciljeva. Organizaciona struktura je, sa druge strane, takođe oruđe za ostvarivanje ciljeva organizacije. Preduzeće će uvek imati onakvu organizacionu strukturu kakva, po mišljenju njegovog top menadžmenta, na najbolji način doprinosi ostvarivanju njegovih ciljeva. Mišljenje top menadžmenta o tome kakva je organizaciona struktura najbolja za preduzeće, pak u velikoj meri zavisi od pretpostavki i vrednosti organizacione kulture. Kada u organizaciji vlada pretpostavka o hijerarhijskoj odnosno nejednakoj distribuciji moći tada menadžeri i zaposleni smatraju da je za organizaciju najbolje da jedna mala grupa ljudi na njenom vrhu odlučuje a ostali te odluke poštuju i sprovode. U takvom kontekstu će primena ICT biti iskorišćena da se ostvari centralizacija odlučivanja kao poželjan model funkcionisanja organizacije. Kako smo već rekli, ICT ima potencijal da poveća kako centralizaciju tako i decentralizaciju. U slučaju kada se ICT primeni u organizacijama sa autoritarnom kulturom, ona će biti iskorišćena od strane lidera i njegovih saradnika da obezbedi centralizaciju odlučivanja na vrhu organizacije i učini je efikasnijom. U kontekstu autoritarne, hijerarhijske kulture, biće aktiviran potencijal ICT da otkloni barijere centralizaciji. Na drugoj strani, kada se ICT primeni u organizacijama u čijoj kulturi vlada pretpostavka da je poželjno da moć bude podjednako distribuirana u organizaciji, ICT će voditi ka decentralizaciji odlučivanja. Budući da u egalitarnim tipovima organizacionih kultura vlada pretpostavka da je dobro da moć donošenja odluka bude što je ravnomernije raspoređena na sve hijerarhijske nivoe u organizaciji, prirodno je da će ICT u takvim kulturama biti iskorišćena za povećanje decentralizacije odlučivanja. Kako IC ima kapacitet da poveća decentralizaciju u organizaciji do toga će i doći ukoliko u toj organizaciji vladaju egalitarne kulturne pretpostavke o raspodeli moći. Shodno navedenom, možemo pretpostaviti da će u kulturi moći i kulturi uloga primena ICT voditi ka centralizaciji organizacione strukture, dok će u kulturi podrške i kulturi zadatka primena ICT voditi ka decentralizaciji organizacione strukture. Na osnovu svega rečenog, možemo postaviti dve hipoteze:

*H<sub>1</sub>: Primena ICT u organizacijama u kojima dominiraju kultura moći i kultura uloga vodiće ka centralizaciji odlučivanja.*

*H<sub>2</sub>: Primena ICT u organizacijama u kojima dominiraju kultura zadatka i kultura podrške vodiće ka decentralizaciji odlučivanja.*

Pretpostavke, vrednosti i norme o primarnoj komponenti organizacije takođe utiču na efekte primene ICT u organizaciji na (de)centralizaciju njene strukture. Međutim, taj uticaj je manje direktan, vidljiv i snažan nego uticaj pretpostavke o distribuciji moći u organizaciji. Ukoliko se, zahvaljujući organizacionoj kulturi, u organizaciji percipira da se kolektivna akcija najefikasnije sprovodi kroz socijalnu strukturu, onda će ljudi, njihove kompetencije, motivacija, vrednosti, interakcije imati primarnu važnost za ostvarivanje ciljeva organizacije. U takvom kontekstu, ICT se koristi pre svega za osnaživanje (empowerment) ljudi. Budući da se u takvoj kulturi smatra da sve zavisi od ljudi a ne od formalnih uloga ili strukture, ICT se koristi primarno kao oruđe za podizanje kapaciteta ljudi da realizuju zadatke. Sposobnost ICT da podigne brzinu i kapacitet a smanjuje troškove prenosa informacija, biće iskorišćena za razvoj ljudi u organizaciji nezavisno od njihove hijerarhijske pozicije. Tako će primena ICT u kontekstu kulture koja preferira socijalnu komponentu organizacije biti stimulans za decentralizaciju.

Ukoliko se, zahvaljujući organizacionoj kulturi, u organizaciji percipira da se kolektivna akcija najefikasnije sprovodi kroz radnu ili strukturu zadataka, onda će formalno definisane uloge, pozicije, organizacione jedinice i hijerarhijski nivoi imati primarnu važnost za ostvarivanje ciljeva organizacije a ne ljudi i njihovi odnosi. Kada se ciljevi organizacije ostvaruju kroz sistem formalno definisanih uloga, onda se ICT koristi za obezbeđenje potrebnih informacija i znanja potrebnih za realizaciju tih uloga kao i za kontrolu ostvarivanja uloga od strane top menadžmenta. Tada ICT omogućuje top menadžmentu da jednostavnije, kvalitetnije i brže obezbedi informacije potrebne da se realizuju zadaci kao i da iskontroliše ostvarivanje tih zadataka. Tako ICT zapravo olakšava proces centralizacije odlučivanja u strukturi.

Na osnovu svega rečenog možemo formulisati sledeće dve hipoteze:

*H<sub>3</sub>: Primena ICT u organizacijama u kojima dominiraju kultura moći i kultura podrške vodiće ka decentralizaciji odlučivanja.*

*H<sub>4</sub>: Primena ICT u organizacijama u kojima dominiraju kultura zadatka i kultura uloga vodiće ka centralizaciji odlučivanja.*

#### 4. ZAKLJUČAK

Ukoliko sada sumiramo analizu uticaja organizacione kulture na efekte ICT na (de)centralizaciju



organizacione strukture, možemo izvući nekoliko zaključaka. Prvo, organizaciona kultura utiče na relaciju između ICT i decentralizacije preko dve važne pretpostavke: o poželjnoj distribuciji moći i o primarnoj komponentni organizacije. Shodno tome, 4 tipa organizacione kulture u kojima se kombinuju ove pretpostavke imaju i različite efekte na uticaj ICT na decentralizaciju strukture. Drugo, u kulturi uloga obe pretpostavke stvaraju kontekst u kome se ICT koristi za centralizaciju odlučivanja. Treće, u kulturi podrške obe pretpostavke stvaraju kontekst u kome ICT vodi ka decentralizaciji odlučivanja. Četvrto, u kulturi moći pretpostavka o poželjnoj distribuciji moći stvara uslove da ICT izazove centralizaciju ali pretpostavka o socijalnoj komponenti organizacije kao primarnoj stvari uslove da ICT izazove decentralizaciju. No, kako je uticaj pretpostavke o poželjnoj distribuciji moći snažniji, zaključujemo da će primena ICT u kulturi moći voditi ka umerenoj centralizaciji. Peto, u kulturi zadatka pretpostavka o poželjnoj distribuciji moći stvara kontekst u kome ICT vodi ka decentralizaciji ali pretpostavka o radnoj ili strukturi zadataka kao primarnoj komponent organizacije stvara uslove da ICT implicira centralizaciju. Kako je uticaj pretpostavke o poželjnoj distribuciji moći snažniji, zaključujemo da će u kulturi zadatka primena ICT voditi ka umerenoj decentralizaciji. Na osnovu svega rečenog možemo formulisati sintetičku hipotezu:

*H<sub>5</sub>: Primena ICT će u kulturi podrške voditi ka visokoj decentralizaciji, u kulturi zadatka ka umerenoj decentralizaciji, u kulturi moći ka umerenoj centralizaciji i u kulturi uloga ka visokoj centralizaciji.*

#### LITERATURA

- [1] Ashkanasy, N., C.Wilderom, and M. Peterson (eds.), Handbook of Organizational Culture & Climate. 2<sup>nd</sup> ed. Sage, Thousand Oaks, 2011.
- [2] Aubert, P., E. Caroli and M. Roger "New Technologies, Workplace Organization and the Structure of the Workforce: Firm-Level Evidence," Economic Journal, Vol.116, pp 73-93, 2006.
- [3] Balthazard P., R.E. Cooke and R.A.Potrer R. "Dysfunctional Culture, Dysfunctional Organization: Capturing the Behavioral Norms that Form Organizational Culture and Drive Performance", Journal of Managerial Psychology, Vol.21, No. 8, pp 709-732, 2006
- [4] Bloomfield, B. and R. Coombs „Information Technology, Control and Power: The Centralization and Decentralization Debate Revisited“, Journal of Management Studies, Vol. 29, No.4, pp 459-484, 1992.
- [5] Cameron, K.S. and R.E. Quinn, Diagnosing and Changing Organizational Culture: The Competing Vales Framework 2<sup>nd</sup> ed., Jossey-Bass, San Francisco, 2006.
- [6] Chandler A., Strategy and Structure, The MIT Press, Cambridge, Ma., 1962.
- [7] Čudanov, M., O. Jaško and M. Jeftić „Influence of Information and Communication Technologies on Decentralization of Organizational Structure“ , ComSIS, Vol. 6, No. 1, pp 93-109, 2009.
- [8] Dandridge, T., I. Mitroff, and W. Joyce, "Organizational symbolism: A topic to expand organizational analysis", Academy of Management Review, Vol.15, No.1, pp 77-82, 1980.
- [9] Daron A., P. Aghion, C. Lelarge, J. Van Reenen and F. Zilibotti, "Technology, Information and the Decentralization of the Firm", Quarterly Journal of Economics, Vol.122, No.4, pp1759—1799, 2006.
- [10] Deal, T. and A. Kennedy, Corporate Cultures: The Rites and Rituals of Corporate Life. 2<sup>nd</sup> ed. Perseus Books Publishing, New York, 2011.
- [11] Greiner L. E. „Evolution and Revolution as Organizations Grow“, Harvard Business Review, May-June 1998.
- [12] Handy, C., Gods of Management, Pan, London, 1979.
- [13] Hofstede, G., Culture's Consequences. 2<sup>nd</sup> ed. Sage, Thousand Oaks, CA, 2001.
- [14] Hofstede, G., B.Neuijen, D.D.Ohayiv and G. Sanders, " Measuring Organizational Culture: A Qualitative and Quantitative Study Across Twenty Cases. Administrative Science Quarterly, Vol.35, pp 286-316, 1990.
- [15] Hunter, S. „Same technology, different outcome? Reinterpreting Barley's Technology as an Occasion for Structuring“ , European Journal of Information Systems, Vol.19, No. 1, pp 689-703, 2010.
- [16] Hunter, S. „Information Tehnology and Centralization“, Workshop on Organizational Design, Burton, R., Obel, B., (eds), EIASM, Brisel, 1999.
- [17] Mintzberg, H. The Structuring of Organizations, Prentice Hall, New Jersey, 1979.
- [18] Janićijević N., Organizaciona kultura i menadžment, Ekonomski fakultet, Beograd, 2013.
- [19] Lawrence D. And G. Lorsch, Organization and Environment, Richard D. Irwin, Homewood,1969.
- [20] Rokeach, M.,The Nature of Human Values, Free Press, New York,1973
- [21] Schein, E., Organizational Culture and Leadship, Yossey-Bass, san Francisco, 2004.
- [22] Ziadi, J. And M.aKuofie, „Impact of ICT On Organizations In Tunisia, The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries“, Vol. 28, No.4, pp. 1-8, 2006.
- [23] Woodward J. Industrial Organization: Theory and Practice, Oxford University Press, London, 1965

**Softver za očitavanje brojila električne energije u  
„Elektrovojvodini“ d.o.o. na ručnom terminalu PSION**  
**Software for reading electricity meters in  
"Elektrovojvodina" Ltd. at the hand terminal PSION**

dipl. ing. Stevan Popović, dipl.ing. Sandra Đuričin  
**„Elektrovojvodina“ d.o.o. Novi Sad**

*Sadržaj – U ovom radu je predstavljen softver koji se koristi u Elektrovojvodini d.o.o. za očitavanje brojila električne energije na ručnom terminalu PSION.*

*Abstract - In this paper is presented a software that is used in Elektrovojvodina Ltd. for electricity meter reading on handheld terminal PSION.*

## 1. UVOD

Očitavanje brojila, tipa "domaćinstvo" i "virmanski", je jedan od postupaka u procesu izdavanja računa kupcima električne energije za preuzetu električnu energiju. Taj postupak je veoma bitan u poslovanju Elektrodistribucije, jer treba da se obavi u što kraćem vremenskom periodu a takođe i da se obavi sa velikom tačnošću.

Ukoliko se vremenski interval, koji je potreban za izdavanje računa, skрати na najmanju moguću meru kupci će, po prijemu računa, ranije izvršiti svoju obavezu plaćanja električne energije i Elektrodistribucija će ranije moći da raspolaze sa svojim novčanim sredstvima. Tačnost izdatih računa je veoma značajna za poslovanje Elektrodistribucije i ona u najvećoj meri zavisi od tačnosti očitavanja brojila. Tačno izdat račun podiže ugled Elektrodistribucije, a takođe i izbegava sve dodatne poslove oko korigovanja greške (raklamacija računa, izdavanje i uručenje korigovanog računa...).

Sagledavajući čitav proces izdavanja računa u Elektrodistribuciji urađene su mnoge stvari da se čitav posao odradi što brže i što tačnije. Između ostalog u proces očitavanja brojila su uvedeni ručni terminali, pomoću kojih je i taj proces postao brži, efikasniji i tačniji.

Očitavanje brojila u Elektrodistribucijama u sklopu Elektrovojvodine pomoću ručnih terminala se uspešno obavlja već više od 15 godina. U tom periodu su se koristili različiti uređaji, i programi u njima, kako je tehnologija to dozvoljavala. Sada se koriste ručni terminali PSION WORKABOUT sa odgovarajućim programom u njima.

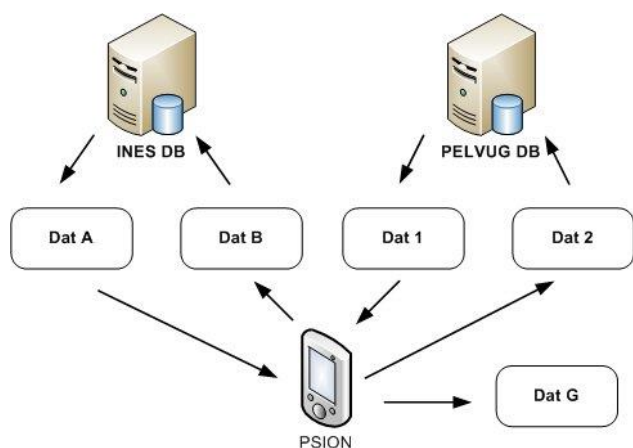


Slika 1. Ručni terminal PSION

## 2. FUNKCIONALNOST SISTEMA

Aplikacija, koja podržava očitavanje brojila pomoću ručnih terminala, se sastoji od sledećih modula:

1. Formiranje podataka - eksportovanje podataka iz centralne baze INES u datoteke u formatu pogodnom za rad u ručnom terminalu,
2. Punjenje podataka - transfer pripremljene datoteke iz PC računara u ručni terminal,
3. Očitavanje brojila na terenu - aplikativni modul u programskom jeziku koji podržava ručni terminal i koja omogućava upis stanja brojila na terenu.
4. Pražnjenje podataka - transfer datoteke iz ručnog terminala u PC računar
5. Ažuriranje podataka - importovanje podataka iz datoteka preuzetih iz ručnih terminala u centralnu bazu INES.



Slika 2. Šema očitavanja brojila

Na slici 2. je šematski prikazan način rada prilikom istovremenog očitavanja brojila tipa "domaćinstvo" i "virmanski", pomoću ručnog terminala.

Datoteka G predstavlja podatke o greškama koje je čitač na terenu evidentirao. Ti podaci se ne ažuriraju u centralne baze INES, odnosno PELVUG, već se štampaju i prosleđuju odgovarajućoj službi u Elektro distribuciji čiji je zadatak da te nedostatke otkloni na terenu.

### 3. RAD APLIKACIJE U RUČNOM TERMINALU

Program u ručnom terminalu se sastoji od više modula.

To su:

- učitavanje datoteka A i 1 iz računara u ručni terminal,
- rad na terenu,
- izčitavanje datoteka B i 2 iz ručnog terminala u računar

Modul za učitavanje i iščitavanje datoteka objedinjeni su u jednu funkciju u ručnom terminalu pod nazivom "Komunikacija".

Modul za učitavanje (pod nazivom "Puni") datoteka A i 1 iz računara u ručni terminal kopira tačno određenu datoteku A i datoteku 1 iz računara u ručni terminal. Modul za iščitavanje podataka (pod nazivom "Prazni") kopira datoteke B i 2 iz ručnog terminala u računar.

Učitavanje (iščitavanje) podataka, odnosno prenos podataka, može da se odvija žičnim ili bežičnim putem i potrebno je obezbediti najefikasniji način koji je u datom trenutku moguć. U svakom slučaju sugeriše se da se obezbedi brz prenos podataka. U aplikaciji se koristi žični prenos.

Programski modul, pod nazivom "Čitanje" u ručnom terminalu omogućava upis potrebnih podataka na terenu koji su bitni za očitavanje brojila.

To su:

- stanje više tarife,
- stanje niže tarife (ukoliko je brojilo dvotarifno) i
- kod greške.

Za datum očitavanja se uzima sistemski datum uređaja, što podrazumeva da je sistemski datum tačno podešen.

Aplikacija nakon upisa više tarife tipkom <Enter> omogućava prelazak na nižu tarifu i nakon upisa niže tarife tipkom <Enter> prelazak na sledeće neočitano brojilo. Nakon toga to brojilo postaje "nevidljivo" za čitača.

Ukoliko se upisuje broj koji je manji od ukupnog broja cifara, pritiskom na tipku <Enter> prelazi se na sledeće polje, a u prethodno se dodaju vodeće nule sa leve strane. Listanje neočitanih brojila se vrši samo pritiskom na jednu tipku (strelica na gore ili strelica na dole), kako bi čitač na što lakši način mogao da pregleda brojila. To podrazumeva da su podaci u datotekama A i 1 sortirani po unapred definisanom čitačkom hodu koji odgovara najlakšem načinu obilaženja terena.

Kontrolnim tipkama (<Shift> <P> i <Shift> <Z>) omogućeno je pozicioniranje na prvo neočitano brojilo, odnosno poslednje.

Program takođe dozvoljava mogućnost da čitač nasumce izabere brojilo (pritiskom <Shift> <B>) unoseći fabrički broj brojila. Ukoliko je to urađeno čitaču je omogućen upis stanja tog brojila, nakon čega prelazi na sledeće brojilo, u nizu po čitačkom hodu.

Ukoliko je brojilo jednotarifno program omogućuje upis samo jedne tarife, a ukoliko je brojilo dvotarifno program omogućuje upis obe tarife.

Na osnovu zadatog limita program vrši kontrolu odnosno komparaciju upisanog podatka i prethodnog stanja brojila i ukoliko se ne uklapa u limit signalizira grešku zvučnim signalom i omogućava ispravku. Ako čitač, i pored signalizirane greške, želi da se taj podatak upiše on se upisuje. Limit je potrebno da se zadaje na nivou ručnog terminala.

Ukoliko je novoočitano stanje brojila u intervalu od +5, odnosno -5 kWh tada se u novo stanje prepisuje prethodno stanje brojila.

Ukoliko je broj cifara tarife manji od maksimalnog broja potrebno je da program upiše vodeće nule sa leve strane, ali da dozvoli upis preko njih ukoliko je to potrebno.

Na ekranu je uvek prikazan redni broj brojila, ukupan broj i broj očitanih.

Greške uočene na terenu (komentar) se unose pritiskom na <Shift> <G>.

Moguće greške:

- 1 - zatvoreno (nije moguć pristup brojilu).
- 2 - srušena kuća,
- 3 - ne dozvoljava pristup,
- 4 - nije sprovedena zamena brojila,
- 5 - pogrešan broj tarifa,
- 6 - novi potrošač,
- 7 - slomljeno staklo na brojilu,
- 8 - nema blombe.

Čitač se stalno nalazi u programu i ne može iz njega izaći. Izlaz iz programa je omogućen samo administratoru pritiskom na <Shift> <K> i upisom odgovarajuće lozinke.

Kada se očitaju sva brojila program javlja poruku "Sve je očitano" i izlazi iz programa za čitanje.

Statistika očitavanja se dobija pritiskom na <Shift> <S> i prikazuje:

- čitački krug,
- datum formiranja,
- limit VT,
- limit NT,
- ukupan broj brojila,
- broj očitanih brojila i
- broj neočitanih brojila.

Izlaz iz statistike je omogućen pritiskom na tipku <Esc> i povratak je na ekran (brojilo) gde se program nalazio pre zadavanja statistike.

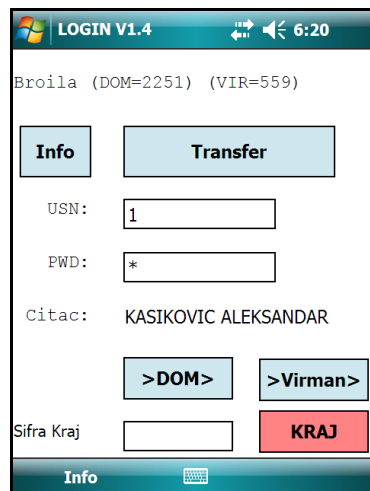
Bezbednost očitanih podataka se postiže tako što ručni terminal poseduje dodatni memorijski modul na koji se upisuje kopija podataka. Ukoliko se isprazni baterija u ručnom terminalu za vreme čitanja on postaje neupotrebljiv za rad, ali podaci ostaju sačuvani. Taj memorijski modul se može postaviti u drugi ručni terminal i nastaviti sa čitanjem ili se omogućuje praznjenje podataka.

#### 4. NAČIN KORIŠĆENJA APLIKACIJE U RUČNOM TERMINALU

U ručni terminal se prenesu podaci za teren koji se čita u redosledu čitanja. Čitač na terenu prati redosled čitanja i unosi nova stanja brojila. Redosled čitanja obezbeđuje najjedostavnije nalaženje brojila koje treba očitati. Brojilo se može naći pretragom po fabričkom broju brojila, adresi i po uslovu: očitani, neočitani.

Zbog evidencije ko je očitao brojilo čitač se loguje u aplikaciju preko šifre i passworda.

Program omogućuje čitanje samo kategorije domaćinstva ili samo kategorije virmanskih potrošača ili obe kategorije istovremeno zavisno od primljenih podataka sa servera.



Slika 3. Početni ekran - forma "Login"

Prikaz koliko brojila ima za čitanje (za domaćinstva i virmanske potrošače).

USN - unos šifre čitača

PWD - unos lozinke

Čitač - prikaz naziva čitača (Enter u polju PWD)

Sifra kraj - unos sifre koja obezbeđuje izlaz iz programa

**Info** - Otvaranje forme koja prikazuje opšte podatke

**Transfer** - Otvaranje forme za PRIJEM/SLANJE podataka na PC

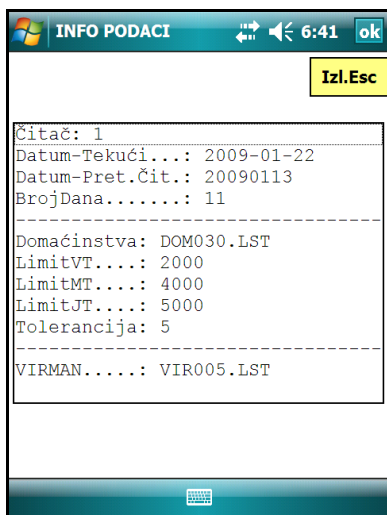
**>Dom>** - Čitanje domaćinstava

**>Virman>** - Čitanje virmanskih potrošača

**Kraj** - Izlaz iz programa

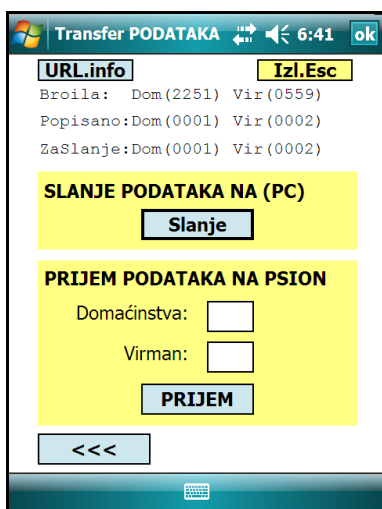
Sa početnog ekrana se može preći na ekran INFO koji prikazuje:

- čitač koji je logovan,
- tekući datum na PSION-u,
- datum čitanja za domaćinstva,
- broj dana čitanja,
- naziv fajla DOM koji se čita,
- limit VT, MT, JT
- tolerancija
- naziva fajla VIR koji se čita



Slika 4. Ekran INFO – prikaz opštih podataka

Ekran "Transfer PODATAKA" omogućava prenos podataka u / iz računara.



Slika 5. Ekran Transfer PODATAKA

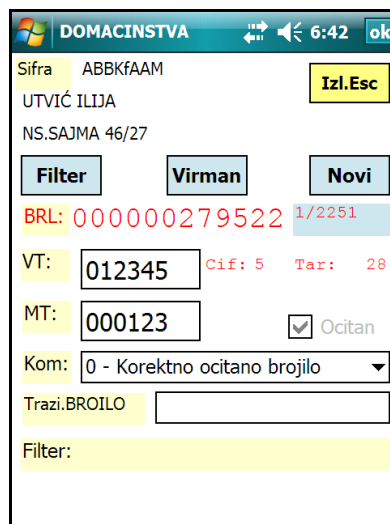
Form – Transfer podataka – Slanje očitanih novih stanja brojila na server i/ili prijem podataka sa servera na PSION. Transfer se vrši preko dugmadi Slanje ili Prijem kada je PSION stavljen u "Docking stanicu" koji je povezan na računarsku mrežu.

Ako PSION nije u "Docking stanici" dobiće se poruka o grešci.

Prikazano je:

- brojila - koliko ima brojila u ručnom terminalu,
- popisano - koliko je očitano brojila,
- ZaSlanje- koliko je očitano brojila a nije preneto.

Očitavanje brojila je omogućeno ekranom "DOMAĆINSTVA", koji je prikazan na slici 6.



Slika 6. Ekran DOMAĆINSTVA

Na ekranu je informativno prikazano:

- šifra potrošača
- naziv potrošača
- adresa, Ulica i broj
- brojilo

Promena potrošača se obavlja strelicama:

- smer GORE – Sledeće brojilo
- smer DOLE – Prethodno brojilo

Unos novih stanja brojila se vrši u sledeća polja: u polje VT unos novog stanja za veću tarifu ili novog stanja za jednotarifno brojilo.

U polje MT unos novog stanja za manju tarifu. Taster Enter na polju VT pokreće proveru na prekoračenje limita i broj unetih cifara.

Ako je brojilo dvotarifno stavlja fokus na MT a ako je jednotarifno pokreće upis podataka u datoteku i automatski postavlja sledeće brojilo za čitanje.

Taster Enter na polju MT pokreće proveru na prekoračenje limita za manju tarifu, pokreće upis podataka u datoteku i stavlja fokus na sledeće brojilo.

Unos/promena komentara se obavlja tako što se tasterom **Tab** postavi fokus na komentar, tasterom za smer levo ili desno bira komentar iz liste i tasterom **Enter** potvrdi upis u datoteku.

Traženje brojila je omogućeno postavljanjem fokusa na polje "Traži BROJILO" i ukuca se fabrički broj brojila i pritisne taster **Enter**.

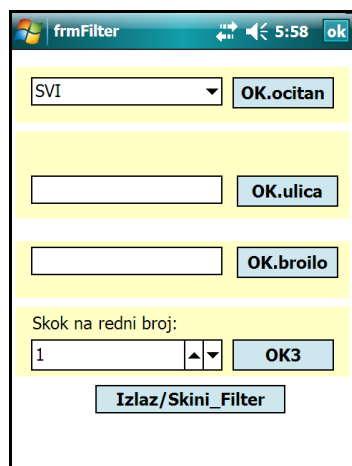
Ukoliko je brojilo pronadjeno u polju filter se prikazuje uslov za pretragu i traženo brojilo se prikazuje.

Ukoliko brojilo nije pronadjeno medju potrošačima tipa domaćinstvo, a postoji u kategoriji virmanskih potrošača otvara se forma za unos stanja virmanskih brojila i pozicionira se na traženo brojilo.

Ukoliko brojilo nije pronadjeno u obe kategorije potrošača ništa se neće promeniti.

Ostale opcije su:

- traženje brojila po raznim kriterijuma,
- čitanje virmanskih brojila,
- evidencija novih brojila.



Slika 7. Ekran FILTER

Ekran FILTER omogućava selektovanje potrošača tipa domaćinstvo po raznim kriterijumima:

- očitani,
- ulica,
- brojilo
- redni broj.

Ako po uslovu za filtriranje nema podataka dobija se poruka da nema podataka i skida se filter sa svih podataka.

Lista "Ocitan" dozvoljava izbor SVI, Neočitani, Očitani – OK i Očitani.

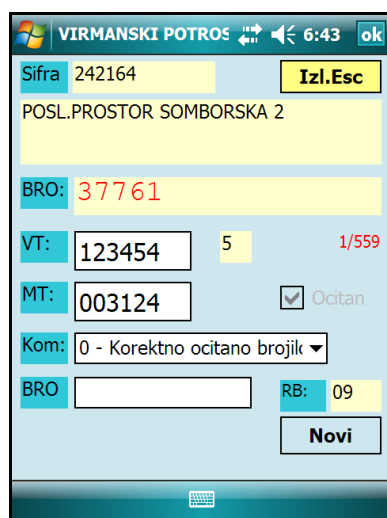
Polje "ulica" omogućava selekciju po nazivu ulice.

Polje "broilo" je predvidjeno za pronalaženje traženog brojila.

Skok na redni broj po redosledu čitanja se izvršava zadavanjem rednog broja.

Izlaz/Skini\_Filter izvršava ukidanje svih filtera i izlaz iz forme.

Očitavanje virmanskih potrošača se obavlja koristeći ekran VIRMANSKI POTROŠAČI.



Slika 8. Ekran VIRMANSKI POTROŠAČ

Prikazani su sledeći podaci:

- Šifra potrošača,
- Naziv potrošača sa adresom,
- Fabrički broj brojila.

Za unos stanja brojila su predvidjena polja:

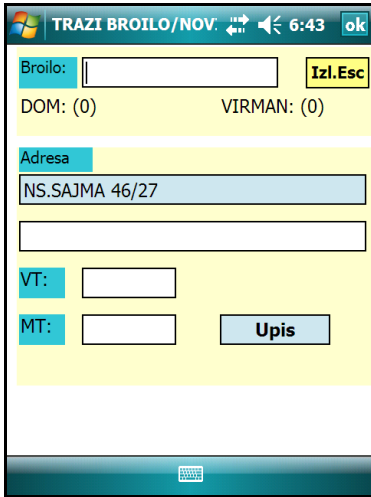
- VT – unos veće tarife,
- MT – unos manje tarife.

I na ovom ekranu nakon unosa MT pritiskom na taster **Enter** se vrši upis podataka u datoteku i dolazi do pozicioniranja na sledećeg potrošača.

Unos / promena komentara se obavlja stavljanjem fokusa na Komentar (tasterom Tab, olovkom ili prstom na ekranu), a potom tasterom za smer levo ili desno se izabere komentar iz liste i tasterom **Enter** se potvrđuje upis u datoteku.

Traženje brojila se postiže postavljanjem fokusa na polje Broilo, unošenjem fabričkog broja i potvrdom sa tasterom **Enter**.

Ako je brojilo pronađeno, u polju filter se prikazuje uslov za pretragu i traženo brojilo će biti prikazano.



Slika 9. Ekran TRAŽI / NOVO BROJILO

Za evidenciju novih broila kojih nema u bazi se koristi ekran prikazan na slici 9.

U polje brojilo se unosi fabrički broj brojila, minimalno 6 znakova.

Prikazana je aktuelna adresa iz kategorije domaćinstva.

Ispod adrese se unosi komentar ukoliko je potrebno.

Polja VT i MT omogućavaju unos stanja brojila.

UPIS – Potvrda upisa u datoteku

Izlaz iz forme se obavlja tasterima Esc ili pritiskim na Izl.Esc ili OK.

## 5. ZAKLJUČAK

Očitavanje brojila u Elektrodistribucijama u sklopu Elektrovovodine pomoću ručnih terminala se uspešno obavlja već više od 15 godina. U tom periodu su se koristili različiti uređaji, i programi u njima, kako je tehnologija to dozvoljavala. Sada se koriste ručni terminali PSION WORKABOUT sa odgovarajućim programom, pomoću kojeg je proces očitavanja postao brži, efikasniji i tačniji.

## LITERATURA

[1] Ken Schaefer, Jeff Cochran, Scott Forsyth, "Professional IIS 7", Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, 2008.

[2] Luke Welling, Laura Thomson, "PHP i MySQL: razvoj aplikacija za Web", Mikro knjiga, 2009.

# BAEKTEL PLATFORMA KAO MODEL ZA INTEGRACIJU TEORIJSKIH I STRUČNIH ZNANJA NA UNIVERZITETIMA U SRBIJI

## BAEKTEL PLATFORM AS A MODEL FOR INTEGRATION THEORETICAL AND VOCATIONAL KNOWLEDGE AT UNIVERSITIES IN SERBIA

Zoran S. Nikolić

*University of Niš, Faculty of Electronic Engineering, Serbia*

**Sadržaj** – Imajući u vidu evropski program podizanja kvaliteta obrazovanja, inovativnih načina učenja i novih metoda učenja baziranih na novim tehnologijama i digitalnim sadržajima, u ovom radu će biti detaljno analiziran značaj OOS, kao i mogućnost uvođenja OOS u visokoškolski sistem obrazovanja. U tom smislu biće, takođe, analizirana i BAEKTEL platforma čiji je zadatak da uspostavi novi okvir za primenu poboljšanog učenja baziranog na primeni tehnologija (*Technology Enhanced Learning*). Na bazi tih analiza a polazeći od postojećih kriterijuma za izbor u zvanja nastavnika na univerzitetima u Srbiji, biće predložen model za uvođenje dodatnih uslova za izbor nastavnika kroz obavezu pripreme i implementacije određenog broja OOS na BAEKTEL platformu.

**Abstract** - Bearing in mind the European program of fostering the quality of education, innovative learning environments and new learning methods based on new technologies and on digital contents, this paper will analyze in detail importance of OERs, as well as the possibility of introducing OERs in higher education institutions. In this regard, BAEKTEL platform whose mission is to establish a new framework for the implementation of TEL<sup>1</sup> will also be analyzed. Based on these analyzes, and starting from the existing criteria for the position of teacher at universities in Serbia, model for the introduction of additional conditions for the position of teacher through the obligation of preparation and implementation of a number of OERs on BAEKTEL platform will be proposed.

### 1. UVOD

Otvoreni Obrazovni Sadržaji (OOS) ili u engleskoj terminologiji opšte prihvaćeno kao OERs<sup>2</sup> su bilo koji tip obrazovnih materijala koji su u javnom domenu ili su uvedeni sa otvorenim licencom. Priroda ovih otvorenih materijala znači da svako može legalno i slobodno kopirati, upotrebiti, prilagoditi i ponovo ih deliti. OOS obuhvataju širok opseg od udžbenika do nastavnih planova, nastavnih programa, beleški sa predavanja, zadataka, testova, projekata, audio i/ili video animacija, itd.

Februara 2008. godine učinjen je značajan (prvi) korak u pravcu veće otvorenosti naučnih rezultata. Na Fakultetu

za umetnost i nauku (Faculty of Arts and Science) Univerziteta Harvard izglasana je odluku kojom se autori radova obavezuju da pošalju po jednu digitalnu kopiju svakog svog publikovanog rada univerzitetском digitalnom repozitorijumu. Odlučeno je takođe da autori sa fakulteta automatski daju licencu Univerzitetu da arhivira i da distribuira te radove. Izuzeće od ove odluke je bilo predviđeno samo ukoliko autor eksplicitno i pismeno zahteva od svog rektora da se za neki rad to uradi.

Podstaknuti ovom odlukom, ovu obavezu su u međuvremenu uveli i drugi ugledni američki univerziteti kao što su MIT, UCLA, Berkeley, ali i mnogi evropski univerziteti. Obaveza deponovanja je garantovala da će takvi repozitorijumi neprestano rasti.

Razvijajući dalje ideju o otvorenom pristupu znanju neki američki univerziteti, pre svih čuveni MIT (the Massachusetts Institute of Technology), su još 2001. godine postavili predavanja i obrazovne materijale svojih profesora na svoje platforme sa otvorenim pristupom. Praksa je pokazala da je taj potez bio vrlo promišljen i sa dugoročnim pozitivnim konsekvencama (čak i ekonomskim), s obzirom da je privukao mnogo više studenata da upišu taj univerzitet. Iako je ova inicijativa postala svetski trend, treba napomenuti da preovlađuju univerziteti iz prirodnih i tehničkih nauka [1].

Treba istaći da su postojeći OOS veoma korisni jer predstavljaju izvorni, po pravilu visoko kvalitetan autorizovan materijal, koji je primenljiv u obrazovnom procesu u skladu sa pridruženom CC<sup>3</sup> licencom. Naravno, ako ne postoje posebni razlozi i potrebe za izgradnjom sopstvenih OOS, nema potrebe stvarati nešto što već postoji.

Postoji široka lepeza tipova OOS: po vrsti (informativni, edukativni-neakademski i edukativni-akademski kursevi), po formi (fotografije, slike i grafički prikazi zajedno sa ili bez tekstualnih podataka, video i audio snimci, kombinovani sadržaji-lekcije i video tutorijali, simulacije i animacije), po licenci-nivou otvorenosti (sa potpunom ili delimičnom dozvolom za slobodno korišćenje, za modifikovanje, za deljenje), itd. Kada se radi o edukativnim sadržajima tada oni mogu biti pojedini delovi, moduli ili celi kursevi, radionice, udžbenici, testovi, softveri, itd.

<sup>1</sup> TEL – Technology Enhanced Learning

<sup>2</sup> OERs – Open Educational Resources, termin koji je usvojen na *1st Global OER Forum in 2002* organizovan od strane UNESCO-a

<sup>3</sup> CC – Creative Common Licences



Pretraživanje raspoloživih OOS, samo po sebi, nije teško jer se definisanjem pretraživača, na primer Google, i definisanjem odgovarajućeg upita dobijaju linkovi na pronađene OOS. Problem predstavlja činjenica da je, s jedne strane, broj raspoloživih OOS obično vrlo veliki i, s druge strane, da mnogi od njih svojom licencom nisu pogodni za slobodno korišćenje. U tom slučaju a sa istim pretraživačem problem se rešava tako što se koristi tzv. „Google Advanced Search“ koji dozvoljava deinisiranje složenog upita sa uključivanjem vrste licence.

Kvalitetno pretraživanje se može takođe dobiti korišćenjem, na primer, The Open Professionals Education Network (OPEN) [2], koji pruža besplatnu podršku i tehničku pomoć u nalaženju OOS koji najbolje odgovaraju zadatom upitu (General Education Search, Recorded Lectures & Video Tutorials Search, Open Textbook Search, Simulation and Animation Search, Modular Course Components Search, Complete Courses Search).

Polazeći od osnovne ideje evropskog programa za podizanje kvaliteta (posebno visokog) obrazovanja uvođenjem novih inovativnih metoda učenja baziranih na novim informacionim tehnologijama, u ovom radu će, pre svega, biti detaljno analiziran značaj OOS, kao i mogućnost uvođenja OOS u visokoškolski sistem obrazovanja. Biće, takođe, analizirana i BAEKTEL platforma [3] koja predstavlja novi okvir za primenu poboljšanog učenja baziranog na primeni tzv. TEL tehnologije. Na bazi tih analiza biće predložen model za uvođenje dodatnih uslova za izbor u zvanja nastavnika na univerzitetima u Srbiji, kroz obavezu pripreme i implementacije određenog broja OOS na BAEKTEL platformu.

## 2. OOS I VISOKO OBRAZOVANJE U SRBIJI

OOS sami po sebi ne predstavljaju cilj već ih treba integrisati u sistem visokog obrazovanja. Oni i sada učestvuju u većoj ili manjoj meri u obrazovnom procesu ali je njihova upotreba nasumična, nesistematizovana i rezultat je shvatanja pojedinih nastavnika i saradnika, odnosno studenata da treba da koriste i alternativne izvore znanja kako bi povećali nivo svog znanja ili makar kako bi našli odgovore na neka pitanja koja nisu u dovoljnoj meri razmatrana na predavanjima ili se ne mogu naći u zvaničnoj udžbeničkoj literaturi.

Treba naglasiti da je situacija na našim univerzitetima uglavnom takva da su izvori znanja štampane i (sve više) elektronske publikacije (knjige, udžbenici, zbirke, praktikumi) koje su locirane na fakultetima, odnosno univerziteskim bibliotekama. U ovu grupu spadaju i tzv. primarni izvori (naučne monografije, časopisi, zbornici sa kongresa i sl.) ali i sekundarni izvori (bibliografije, enciklopedije, leksikoni, rečnici i sl.).

Potsećanja radi treba reći da su nekada glavni načini prenošenja naučnih rezultata bile upravo naučne monografije. Njih su tokom prošlog veka potpisali naučni časopisi, da bi danas, u doba svemoćnog interneta, naučne

časopise počeli sve više da potiskuju novi, tzv. neformalni vidovi komunikacije kojima se rezultati istraživanja objavljuju direktno na svetskoj mreži. Mora se, međutim, priznati da i naučni časopisi i naučne monografije igraju i dalje značajnu ulogu u svetskom sistemu informisanja o naučnim rezultatima.

Doktorske disertacije predstavljaju posebno značajnu vrstu publikacija na visokoškolskim institucijama. Posle odbrane doktorske disertacije i promocije koja predstavlja verifikaciju sticanja doktorske titule, doktorske teze predaju se na trajno čuvanje univerzitetским bibliotekama matičnih univerziteta. Po utvrđenoj proceduri sve odbranjene disertacije koje postoje u bibliotekama moraju biti unete u elektronske kataloge univerzitetских biblioteka, pa se samim tim nalaze i u *Virtualnoj biblioteci Srbije*, odnosno centralnom uzajamnom katalogu biblioteka Srbije.

U Srbiji postoji inicijativa da se na univerzitetima uvede obaveza predavanja doktorskih disertacija i u elektronskom (digitalnom) obliku. U ovom trenutku ova obaveza se uglavnom poštuje, ali je broj dostupnih disertacija za sada još uvek mali.

Dobar je trend da se univerziteti odlučuju za uvođenje digitalnih repozitorijuma<sup>4</sup>, uglavnom doktorskih disertacija, ali sa idejom da se to uskoro uradi i za patente i magistarske teze. Repozitorijumi, po pravilu, mogu biti nacionalni (najviši nivo), institucionalni (uglavnom na univerzitetском nivou) ali mogu biti i prema disciplinama, prema vrsti pristupa (sa potpuno ili delimično otvorenim pristupom, sa registrovanim pristupom), itd.

Šta više, može se reći da digitalni repozitorijumi na univerzitetima u Srbiji postaju standard. Tako, na primer, formiranje digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Nišu, prihvatio je i podržao Senat Univeziteta u Nišu<sup>5</sup>, a Univerzitetскоj biblioteci „Nikola Tesla“ je povereno da se o njemu stara. Od kandidata se, kao što je slučaj na Univerzitetu u Nišu, zahteva da u postupku podnošenja zahteva za određivanje komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije predaju elektronske verzije doktorske disertacije u prenosivom pdf formatu na disk [4], kao i da potpišu odobrenje (predefinisani obrazac) za njihovo stavljanje na internet stranicu Univerzitetске biblioteka „Nikola Tesla“.

Može se sa sigurnošću tvrditi da će disertacije koje budu branili studenti doktorskih studija upisani po novim studijskim programima doktorskih studija biti prikupljane i postavljane u digitalne repozitorijume univerzitetских biblioteka u Srbiji po automatizmu. Od studenata se očekuje da potpisivanjem izjave odluče o vidljivosti disertacija: da li će one biti dostupne u punom tekstu

<sup>4</sup> Digitalni repozitorijum je kolekcija tekstova u elektronskom obliku, koji su, uz dozvolu autora, stavljeni u javni domen.

<sup>5</sup> Odluka Senata Univerziteta u Nišu (SNU br. 8/16-01-005/11-021).

samo u okviru univerzitetske mreže ili će biti u tzv. otvorenom pristupu, dostupne svima u svetu putem interneta. Svakako da osnovni bibliografski podaci i apstrakt disertacije (na srpskom i engleskom) predstavljaju minimum podataka koji se moraju učiniti dostupnim, pri čemu će tekst same disertacije koja se nalazi u repozitorijumu biti vidljiv zavisno od ograničenja pristupa.

Univerzitetske biblioteke su, po pravilu, biblioteke opštenaučnog tipa. Njihova osnovna delatnost ostaje pružanje podrške nastavnim i naučnoistraživačkim procesima na fakultetima i univerzitetima, pa su one tokom godina izrasle u savremene bibliotečko-informacione centre, kadrovski i tehnički osposobljene da ispune zahteve akademske zajednice, ali i najšire čitalačke publike. Biblioteke su povezane u mrežu biblioteka i čine *Virtuelnu biblioteku Srbije*.

Novembra 2001. godine pokrenuta je inicijativa za formiranje Konzorcijuma biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku (KoBSON) sa ciljem da se sa što manje novca obezbedi pristup do što više izvora naučnih informacija. Inicijatori su bili upravnici vodećih naučnih biblioteka u Srbiji. Pristup KoBSON-u je dozvoljen samo naučnicima i stručnjacima iz državnih univerziteta i institucija, s obzirom da privatne institucije nisu učestvovala u obezbeđivanju sredstava za nabavku ovih informacionih izvora. Pristup je moguć preko akademske mreže ili preko proxy servera KoBSON-a u Narodnoj biblioteci Srbije. Šta više, nastavnicima i saradnicima na državnim fakultetima i univerzitetima, istraživačima u institutima čiji je osnivač Republika Srbija i doktorantima koji su stipendisti Ministarstva za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj Narodna biblioteka Srbije može omogućiti pristup elektronskim servisima i člancima u punom tekstu čak i ako koriste komercijalne Internet provajdere. Pristup je moguć potpisivanjem licencnog ugovora kojim se definišu korisnička prava i obaveze i dobijanjem korisničkog imena i lozinke.

Sve biblioteke državnih univerziteta i institucija u Srbiji priključene su na akademsku mrežu preko koje imaju stalan pristup svim servisima KoBSON-a.

Dostupne su (za pregled ili prevlačenje) informacije iz digitalnih baza za čiji pristup je Ministarstvo za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj platilo licence za korišćenje sa određenih IP adresa na akademskoj mreži. Dozvoljeno je neograničeno pretraživanje i preuzimanje članaka. Putem interneta moguć je pristup i Evropskim bibliotekama i specijalizovanim elektronskim bazama podataka, na primer „Google books“. Ovaj servis je besplatan i dostupan svim korisnicima Interneta. Namenjen je pre svega za pretraživanje i pronalaženje knjiga. Preporučuje se da se koristi u kombinaciji sa nekim od servisa koji imaju veće mogućnosti za pristup sadržajima knjiga. Ovaj servis omogućava čitanje delova teksta knjiga ukoliko je njihov izdavač to dozvolio.

Moguće je pretraživati i knjige u digitalnom obliku (preko 40000 naslova) po ISBN broju, naslovu, autoru ili

izdavaču. Količina informacija koja se može dobiti zavisi od izdavača. Nekad je moguć samo pregled ali češće i dobijanje kompletnih dokumenata ili makar nekih poglavlja u obliku prenosivih pdf dokumenata.

Treba posebno istaći da je pojava elektronskih publikacija značajno pojednostavila pretraživanje i ubrzala proces pronalaženja i prikupljanja potrebnih informacija. Treba spomenuti i nove mogućnosti pronalaženja naučnih i stručnih informacija preko velikog broja neformalnih mreža za komunikaciju među svetskim istraživačima (na primer, Research Gate, LinkedIn, itd.).

### 3. BAEKTEL PLATFORMA

Projekat BAEKTEL<sup>6</sup> je TEMPUS<sup>7</sup> projekat koji je počeo 1.12.2013. godine i u čijoj realizaciji učestvuje šest univerziteta, državnih i privatnih, iz tri zemlje regiona, Srbije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore, i dva velika domaća preduzeća, jedno iz Srbije i jedno iz Bosne i Hercegovine [1]. Izbor partnerskih institucija ukazuje na cilj projekta: jačanje veze između univerziteta s jedne strane i privrede i društva u celini s druge strane, kao i podsticanje razmene akademskog znanja sa univerziteta i stručnih znanja iz preduzeća.

Cilj ovog projekta je, dakle, da se podstakne partnerstvo između institucija visokog obrazovanja (pre svega univerziteta) i preduzeća radi saradnje na stvaranju novog znanja koje će biti spoj akademskog i preduzetničkih znanja u okviru BAEKTEL portala, u okviru koga će nastavni materijali za kurseve na visokoškolskim institucijama i primeri dobre prakse stručnjaka iz preduzeća biti objavljeni na različitim jezicima u formi OOS, radi promovisanja koncepta doživotnog učenja i virtualne mobilnosti.

Posebno treba naglasiti da ova platforma ne podrazumeva pripremu OOS posebno za akademsku zajednicu, posebno za privredne subjekte, već insistira na pripremi jedinstvenih OOS koji će biti korisni, vizuelno i praktično interesantni, i akademskoj zajednici i privredi istovremeno. Utoliko pre što će se na ovaj način popuniti praznina koja inače postoji u obrazovnim sadržajima, s obzirom na značajno veći broj OOS koji se bave teorijskim aspektima određenih znanja.

Rezultati analize principa generisanja i važeće politike korišćenja OOS na univerzitetima iz EU, koji su partnerske institucije na projektu, bili su polazna osnova za izgradnju sličnog sistema u zemljama zapadnog Balkana. U tom smislu, očekivani (glavni) rezultati projekta su:

- procedure i uputstva za objavljivanje OOS;
- razvoj konceptualnog modela baziranog na novim informaciono-komunikacionim tehnologijama;

<sup>6</sup> Blending Academic and Entrepreneurial Knowledge in Technology Enhanced Learning

<sup>7</sup> 5444821-TEMPUS-1-2013-1-IT-TEMPUS-JPHES

- razvoj i implementacija pojedinačnih BAEKTEL čvorova na partnerskim institucijama (univerzitetima);
- razvoj i implementacija zajedničkog BAEKTEL portala sa višejezičnim terminološkim rečnikom;
- razvoj centralnog repozitorijuma metapodataka BMP (BAEKTEL Metadata Portal) na Univerzitetu u Beogradu;
- stvaranje mogućnosti za implementaciju doživotnog učenja za zaposlene u preduzećima;
- stvaranje organizacionih i institucionalnih pretpostavki za realizaciju nekih oblika virtuelne mobilnosti studenata u okviru regionalnih univerziteta.

Za funkcionisanje ove platforme je od izuzetnog značaja repozitorijum metapodataka. Metapodaci su po definiciji podaci koji opisuju druge podatke i neophodni su za lakše snalaženje (lakšu pretragu) na BAEKTEL platformi na kojoj će postojati mnogo različitih sadržaja. Za ovu platformu je karakteristično da ima sistem grupisanja metadataka podataka u određeni broj grupa korišćenjem Dublin Core [5] sa 15 tipova podataka za opisivanje nekog kursa i LOM<sup>8</sup> standarda, vodećeg standarda za metapodatke koji se koristi posebno za sadržaje u obrazovanju. LOM ima previše elemenata tako da se uglavnom koristi samo njegov podskup. U stvari, osnova BAEKTEL pristupa su metapodaci iz kategorije tzv. eksternih metapodataka gde je Dublin Core proširen nekim elementima LOM standarda.

BAEKTEL metapodaci mogu se opisati na sledeći način:

- Sva polja u konceptualnom modelu metapodataka su opisana definicijom, smernicom i primerima;
- Ako je polje metapodataka kontrolisano listom predefinisanih vrednosti tada su
  - elementi rečnika opisani u samom dokumentu,
  - postoji link na relevantan izvor rečnika (ako je dostupan standardni rečnik);
- Za svako polje se navodi da li je obavezno ili opciono, njegov značaj i iz kog standarda potiče.

U postupku kreiranja materijala za BAEKTEL platformu treba imati u vidu da korišćenje naprednih tehnologija omogućava kombinovanje materijala (celi kursevi, istraživački materijali, audio predavanja, interaktivni materijali, Powerpoint prezentacije, video klipovi različite namene, razne animacije i dr.).

Korišćenje OOS nužno zahteva najpre identifikovanje vrste informacija koje su potrebne da bi mogli da definišemo strategiju pretraživanja za lakše lociranje potencijalnih izvora znanja i pronalaženje traženih informacija u njima. Tek nakon toga može se pristupiti sledećim fazama: prosto korišćenje nađenog znanja i/ili sinteza sa prethodnim znanjima. Poslednja faza je, svakako, evaluacija znanja.

Organizaciona struktura OOS platformi direktno ili indirektno je uslovljena razvojem informaciono-komunikacionih tehnologija. Tako, na primer, biblioteka

signatura sve više „uzmiče“ pred novim sistemima identifikacije digitalnih objekata, kao što je, na primer, DOI<sup>9</sup> koji povezuje metapodatke sa digitalnim objektom.

Ono što je direktno povezano sa nesmetanim i regularnim korišćenjem OOS je potreba rešavanja pitanja vezanih za autorska prava i njihovu zaštitu (zakon o autorskim pravima, Bernska konvencija [6], elektronsko izdavaštvo i licenciranje, Creative Commons licence, itd.).

Svi metadata podaci koji se nalaze na BAEKTEL platformi su zaštićene CC licencama [7]. Autorima se daje mogućnost izbora nivoa zaštite autorskog materijala. CC licence kreirane su, inače, tako da korisnici mogu na lakši način da izvrše zaštitu svojih autorskih prava. Autorima se daje mogućnost izbora u odnosu na najčešće korišćene licence: BY („*By Attribution*“, obaveza navođenja autora korišćenog materijala), SA („*Share-Alike*“, prerada materijala dozvoljena uz uslov da se novi materijal licencira sa istom licencom), NC („*Non-Commercial*“, dozvola za nekomercijalno korišćenje materijala) i ND („*Non-Derivative Works*“, tuđi materijal sa ovom licencom se može slobodno koristiti ali se ne dozvoljava njegova dalja razrada).

#### 4. PODIZANJE NIVOA KVALITETA U OBLASTI VISOKOG OBRAZOVANJA

UNESKO smatra da je univerzalni pristup kvalitetnom obrazovanju ključ za izgradnju mira, održivog društvenog i ekonomskog razvoja, kao i međukulturalnog dijaloga. U tom smislu, OOS obezbeđuje strateške mogućnosti poboljšanja kvaliteta obrazovanja, politike obrazovanja, razmenu znanja i izgradnju kapaciteta obrazovnih institucija [8].

Nove informacione tehnologije i OOS osnovne su pretpostavke za početak sveukupnih aktivnosti na izmeni ciljeva i metoda obrazovanja u najširem smislu reči. Utoliko pre, što to utvrđuje i promoviše i evropski program podizanja kvaliteta obrazovanja, inovativnih načina učenja i novih metoda učenja baziranih na novim tehnologijama i digitalnim sadržajima [9]. Pod sloganom „*Otvaranje obrazovanja*“ predlažu se mere za stvaranje otvorenijeg okruženja za učenje kako bi se osigurao visok kvalitet i efikasnost u obrazovanju čime se, u stvari, stvaraju pretpostavke za ostvarenje osnovnih ciljeva strategije Evropa 2020: povećanje konkurentnosti i rasta EU na bazi bolje kvalifikovane radne snage i veće zaposlenosti. Time će se, takođe, stvoriti uslovi za smanjenje ranog napuštanja školovanja i povećanje broja osoba sa završenim visokoškolskim obrazovanjem ili jednakovrednim kvalifikacijama, a proizilazi iz novijih inicijativa kao što su „*Nova razmišljanja o obrazovanju*“ [10], „*Evropsko visokoškolsko obrazovanje u svetu*“ [11], odnosno vodeća inicijativa „*Digitalna agenda*“ [12].

Sušтина je u predlaganju mera na nivou EU, sa posebnim akcentom na:

<sup>8</sup> Learning Object Metadata

<sup>9</sup> Digital Object Identifier

- pomaganje obrazovnim, pre svega visokoškolskim institucijama, nastavnicima i studentima da usvoje digitalne veštine i metode učenja;
- podržavanje razvoja i dostupnosti OOS;
- uvođenje digitalnih uređaja i sadržaja;
- opšta mobilizacija svih zainteresovanih strana u obrazovnom procesu (nastavnika i studenata, pre svih) kako bi se promenila uloga digitalnih tehnologija u institucijama obrazovanja.

Prema Zakonu o visokom obrazovanju (član 3, stav 2 Zakona o izmenama i dopunama zakona o visokom obrazovanju, Službeni glasnik RS, 44-10), Nacionalni savet za visoko obrazovanje utvrđuje minimalne uslove za izbor u zvanja nastavnika, na predlog Konferencije univerziteta, odnosno Konferencije akademije strukovnih studija, imajući u vidu odgovarajuće kriterijume ministarstva nadležnog za naučnoistraživačku delatnost.

Nacionalni savet za visoko obrazovanje je još 4. maja 2007. godine, doneo *Preporuke o bližim uslovima za izbor u zvanja nastavnika* [13]. Preporuke polaze od uslova za izbor u zvanje nastavnika koje su definisane Zakonom o visokom obrazovanju (posebno članom 64), ali uzimajući u obzir Pravilnik o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata koje je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (30. marta 2007. godine) na osnovu Zakona o naučnoistraživačkoj delatnosti, kao i pozitivnu praksu na univerzitetima u razvijenim zemljama.

Broj publikacija koje je objavio neki nastavnik ili saradnik je najjednostavniji bibliometrijski indikator. Samo brojanje publikacija zaista nije nikakav problem, međutim, problemi nastaju kada treba rangirati pobrojane publikacije po kvalitetu.

Problemom minimalnih uslova za izbor u akademska zvanja bavilo se više radnih grupa koje su, po pravilu, činili delegirani članovi Nacionalnog saveta za visoko obrazovanje i predstavnici Konferencije univerziteta Srbije. Radne grupe su imale u vidu da su uslovi za izbor u nastavnička zvanja jedan od bitnih elemenata za povećanje kvaliteta u visokom obrazovanju. Stoga su tokom rada analizirana iskustva u dosadašnjoj praksi na univerzitetima Srbije, kao i svi raspoloživi materijali u ovoj oblasti (zakonska regulativa, podzakonska akta, mišljenja pojedinih grupacija fakulteta), uključujući i relevantnu regulativu u zemljama regiona i šireg područja Evrope i sveta. Radni materijali koji su poslužili kao osnov za raspravu u okviru nadležnih organa nisu, na žalost, doveli do formulisanja konačnog predloga.

U takvoj situaciji univerziteti su, nezavisno jedan od drugoga, radili na kreiranju prihvatljivih ali više ili manje pooštrenih *Bližih kriterijuma za izbor u zvanje nastavnika*. Ovo je posebno bilo izraženo na državnim univerzitetima, pri čemu se na nekim od njih novi kriterijumi već uveliko primenjuju dok će, kao na primer na Univerzitetu u Nišu, oni biti primenjivani tek početkom 2016. godine.

Iako novi kriterijumi predstavljaju značajan iskorak, dobro odmeren i prilagođen trenutnom stanju visokoškolskog obrazovanja u Srbiji, treba se i dalje baviti mogućnostima njihovog permanetnog poboljšanja.

Kada se govori o kvalitetu studijskih programa i realizaciji nastavnog procesa značajno mesto zauzimaju rezultati anketa i analiza tih rezultata, s obzirom da često mogu dati naznake šta to, između ostalog, treba menjati u kvalitetu studijskih programa ali i samih nastavnika koji učestvuju u njihovoj realizaciji. Tako, na primer, rezultati anketa za evaluaciju kvaliteta diplomiranih-master studenata na osnovu mišljenja poslodavaca o kvalifikacijama svršenih studenata uglavnom ukazuju da čak i ako su studijski programi fakulteta dobro izbalansirani po pitanju teorijskih, stručnih i praktičnih znanja, anketirani poslodavci obično smatraju da postoji u nekom obimu disproporcija između stečenih teorijskih i stručnih znanja. Ovo je, čini se, posebno prisutno na fakultetima iz oblasti tehničko-tehnoloških nauka.

Imajući u vidu prethodne konstatacije, trebalo bi razmisliti o mogućnostima bolje integracije teorijskih i stručnih znanja, o prikupljanju i permanetnom obnavljanju znanja, o kreiranju novog znanja na bazi optimalnog spoja „mešanja“ teorijskih i stručnih znanja i, na kraju, o implementaciji takvih znanja. Sve to korespondira, ustvari, sa osnovnim zadacima i aktivnostima projekta BAEKTEL.

Ovaj projekat je usmeren na podsticanje aktivnog učenja i bolju motivaciju za povećanje znanja studenata kroz implementaciju OOS u nastavni proces. Šta više, u akademskom okruženju BAEKTEL platforma nudi univerzitetским nastavnicima mogućnost praćenje napretka njihovih učenika tokom pohađanja kursa, kao i praćenje nekih parametara važnih za unapređenje samog nastavnog procesa. Platforma može ponuditi i prepoznavanje studenata koji su ovladali materijom ali može i da, na izvestan način, vrši klasifikaciju studenata na osnovu njihovog uspeha. Konačno, studenti mogu platformu koristiti i za sticanje praktičnih znanja kroz implementaciju virtualnih laboratorija baziranih na softveru.

Da bi se iskoristile sve prednosti OOS u obrazovnom procesu, aktuelnost stvaranja i korišćenja OOS, kao i da bi se značajno povećao broj takvih sadržaja najbolje je u bliže kriterijume za izbor u zvanje nastavnika uneti obavezu generisanja OOS u okviru sveukupne ocene pedagoške sposobnosti kandidata (metodologija izrade OOS) i doprinosa kandidata u nastavi (pokrivenost nastave sa OOS).

Zaista, realizovani OOS mogu u opštem slučaju biti jedna od mera ostvarenih rezultata u nastavnom, naučnom i stručnom radu u oblastima za koje kandidat konkuriše. Posebno kada su ti OOS materijali rezultat „mešanja“ teorijskih i stručnih znanja. Stoga uključnje OOS u kriterijume za izbor u nastavnička zvanja dobija svoj puni smisao.

Dakle, na bazi prethodnih razmatranja može se definisati model koji istovremeno uvodi OOS i BAEKTEL platformu u kriterijume za izbor u nastavnička zvanja. Model, ustvari, predstavlja proširenje postojećih uslova još jednim (neophodnim) uslovom i može se definisati na sledeći način:

- uslov za izbor u zvanje docent: „*najmanje jedan* OOS, *osim ako se bira po prvi put u nastavničko zvanje*“;
- uslov za izbor u zvanje vanredni profesor „*u poslednjih pet godina najmanje dva* OOS“;
- uslov za izbor u zvanje redovni profesor „*u poslednjih pet godina najmanje tri* OOS“.

OOS kojima se kandidat kvalifikuje moraju biti iz naučne oblasti za koju se bira u zvanje, uz obavezno navođenje kompletne adrese dokumenata ka platformi na kojoj je implementiran (BAEKTEL platforma, univerzitetski server, i sl.). Pritom će se podrazumevati da su OOS urađeni po kriterijumima, po strukturi (opšta i posebna struktura OOS dokumenata: poglavlja, podpoglavlja, ...) i uputstvu (metodološko-tehničke smernice) za BAEKTEL platformu, odnosno da su postavljeni na tu platformu. S obzirom da stavljanje na tu platformu zahteva strogo poštovanje unapred definisanih procedura, OOS na toj platformi ne zahtevaju dodatnu kontrolu kvaliteta. Ako, međutim, kriterijume i uputstvo za izradu OOS propisuje matični univerzitet, tada on mora definisati i način kontrole i obezbeđenja kvaliteta postavljenih OOS.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su najpre analizirani aktuelnost i značaj OOS u najširem kontekstu, kao i mogućnost uvođenja OOS u regularne tokove visokoškolskog sistema obrazovanja u Srbiji. Opšti je zaključak da su nove informacione tehnologije i OOS osnovne pretpostavke za početak aktivnosti na izmeni ciljeva i metoda obrazovanja. To, uostalom, utvrđuje i promovise i evropski program podizanja kvaliteta obrazovanja, inovativnih načina učenja i novih metoda učenja baziranih na novim tehnologijama i digitalnim sadržajima.

Detaljno je analizirana i BAEKTEL platforma koja ima zadatak da uspostavi novi okvir za primenu poboljšanog učenja baziranog na primeni tehnologija, TEL<sup>10</sup> u engleskoj terminologiji, na visokoškolskim institucijama i doživotnog učenja unutar preduzeća u zemljama zapadnog Balkana. Pokazalo se da platforma može biti direktno u funkciji daljeg osavremenjivanja visokoškolskog obrazovanja u Srbiji. Utoliko pre, što su i projektovani ciljevi BAEKTEL TEMPUS projekta bili predlaganje mera za poboljšanje obrazovnih mehanizama na univerzitetima u Srbiji.

Polazeći od postojećih kriterijuma za izbor u zvanja nastavnika na univerzitetima u Srbiji, predložen je model za uvođenje dodatnih uslova za izbor nastavnika kroz obavezu pripreme i implementacije određenog broja OOS na BAEKTEL platformu.

## LITERATURA

- [1] <http://www.opentapestry.com/>
- [2] <https://open4us.org/>
- [3] <http://www.baektel.eu/>
- [4] Pravilnik o postupku pripreme i uslovima za odbranu doktorske disertacije, Glasnik Univerziteta u Nišu broj 5 od 11.08.2014. god.
- [5] „DCMI Metadata Terms“, Dublincore.org. Retrieved 5 April 2013.
- [6] Bernska konvencija za zaštitu književnih i umetničkih dela od 9. septembra 1886. godine.
- [7] <http://creativecommons.org.rs/>
- [8] <http://www.unesco.org/new/en/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/>
- [9] <https://www.nuffic.nl/bibliotheek/Opening-up-education.pdf>
- [10] COM(2012) 669
- [11] COM(2013) 499
- [12] COM(2010) 245
- [13] [http://nsvo.etf.rs/Preporuke\\_za\\_izbor\\_nastavnika.pdf](http://nsvo.etf.rs/Preporuke_za_izbor_nastavnika.pdf)

<sup>10</sup> Technology Enhanced Learning

# Tomografska Rekonstrukcija Binarnih Matrica Korišćenjem Optimizacione Metode Čestice i Roja

## Particle Swarm Optimization Approach to Discrete Tomography Reconstruction Problems of Binary Matrices

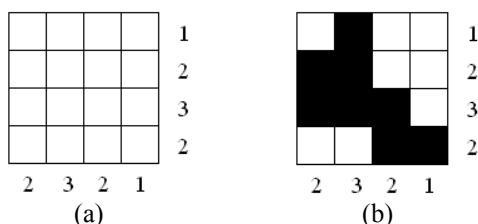
Mikloš Pot<sup>1</sup><sup>1</sup>Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija, Subotica, Srbija

**Sadržaj** – U ovom radu opisan je metod rekonstrukcij binarnih matrica na osnovu dve ortogonalne projekcije. U procesu rekonstrukcije korišćena je metoda optimizacije čestice i roja. Pošto je većina problema rekonstrukcije NP-teška, korišćenje ove optimizacione tehnike dala je obećavajuće rezultate. Zadatak je bio prilagoditi algoritam za rekonstrukcije pomoću čestice i roja problemu rekonstrukcije binarnih matrica. U radu je opisan postupak rekonstrukcije hv-konveksnih matrica koje se sastoje od jedne ili više povezanih komponenti. Na kraju rada prikazani su dobijeni rezultati i izvedeni odgovarajući zaključci.

**Abstract** – In this paper binary matrices are reconstructed from two orthogonal projections. In the reconstruction process particle swarm optimization is used. Since most of the reconstruction problems are NP-hard, the use of a global optimization process gave promising results. The task is to adjust the particle swarm algorithm to the problem of the reconstruction of binary matrices. The main focus is on the reconstruction of hv-convex matrices which consist of either one or more connected components. At the end of the paper the results are shown and the appropriate conclusions are drawn.

### 1. UVOD

Problemi diskretne tomografske rekonstrukcije su tipični predstavnici inverznih problema gde sadržaj slike nije poznat. U diskretnoj tomografiji slike se rekonstruišu pomoću samo nekoliko projekcija (2-10), dok se u klasičnoj kompjuterskoj tomografiji (CT) rekonstrukcije vrši pomoću više stotina projekcija. Na Slici 1a prikazan je jednostavan zadatak rekonstrukcije gde brojevi označavaju sume horizontalnih i vertikalnih projekcija. U ovom prostom slučaju postoje samo dve projekcije, ali se mogu definisati dodatne projekcije za bolji kvalitet rekonstrukcije.



Slika 1. (a) Problem rekonstrukcije binarne matrice, (b) Rešenje problema koji je prikazan na Slici 1(a).

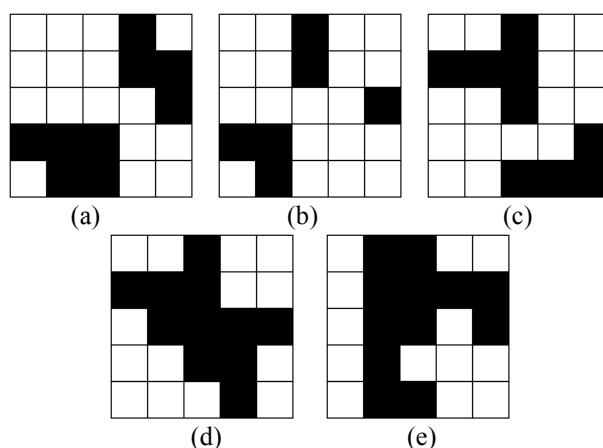
Ukoliko sumu vrsta obeležimo sa  $R$ , a sumu kolona obeležimo sa  $C$ , tada su vektori koji označavaju odgovarajuće projekcije

$$R = [1 \ 2 \ 3 \ 2]$$

$$C = [2 \ 3 \ 2 \ 1]$$

Egzistenciju i jedinstvenost rešenja za probleme rekonstrukcije prvi je proučavao Ryser [1].

U ovom radu rekonstrukcija je izvršena korišćenjem postupka optimizacije na bazi čestice i roja (Particle Swarm Optimization – PSO). Taj postupak prvi su opisali Kennedy i Eberhart [5]. Kao u najvećem broju aplikacija za diskretnu tomografsku rekonstrukciju, samo je jedna klasa matrica rekonstruisana, a to su hv-konveksne matrice. HV-konveksnost znači da niz jedinica nije prekinut ni u horizontalnom ni u vertikalnom smeru ni u jednoj vrsti ni u jednoj koloni. U ovom radu izvršeno je istraživanje rekonstrukcija matrica koje su se sastojali od jedne ili više povezanih komponenti. Broj povezanih komponenti bio je unapred poznat. Primeri hv-konveksnih matrica prikazani su na Slici 2.

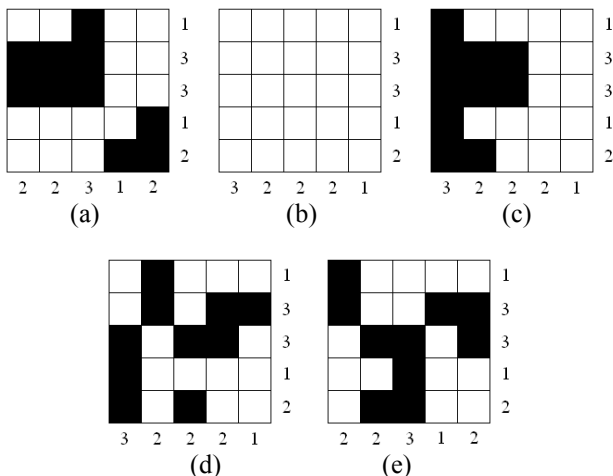


Slika 2. Primer hv-konveksnih matrica. (a) hv-konveksna matrica sa dve povezane komponente, (b) hv-konveksna matrica sa 3 povezane komponente, (c) matrica sa dve povezane komponente koja nije hv-konveksna, (d) hv-konveksna matrica sa jednom povezanom komponentom, (e) matrica sa jednom komponentom koja nije hv-konveksna.

## 2. OBJAŠNJENJE POSTUPKA

Proces rekonstrukcije ostvaren je izvršavanjem sledećih koraka. Prvo je binarna matrica rekonstruisana pomoću Ryser-ovog algoritma. U ovom koraku nije se uzimao u obzir sadržaj matrice koja se rekonstruiše. Nakon ovog koraka suma vrsta i suma kolona poklapala se sa odgovarajućim sumama originalne matrice, ali nijedan od uslova rekonstrukcije sa aspekta broja povezanih komponenti i hv-konveksnosti nije morao bio ispunjen. U sledećem koraku izvršeno je 100 slučajnih svič-ovanja na matrici koja je rekonstruisana Ryser-ovim algoritmom, i nakon svakog desetog svič-ovanja trenutna matrica je zapamćena i postala je deo populacije za proces optimizacije postupkom čestice i roja. Na taj način je dobijeno 10 slučajnih matrica koje zadovoljavaju sumu vrsta i kolona. Broj jedinki u populaciji može da ima i drugačije vrednosti, a i broj svič operacija takođe može da se menja.

Sledeći korak evaluirao je kvalitet svake od matrica u zavisnosti od broja povezanih komponenti i u zavisnosti od hv-konveksnosti. Na osnovu ovih informacija PSO algoritam je odlučuje koja matrica ima najbolje osobine i ađurira svaku matricu birajući najbolju svič operaciju. U narednim odeljcima svi prethodni koraci će detaljno biti opisani.



Slika 4. Koraci rekonstrukcije binarne matrice Ryser-ovim algoritmom. (a) Originalna matrica koja se rekonstruiše, (b) Nerastući redosled kolona nakon svič-ovanja, (c) Matrica popunjena jedinicama sa leva na desno u skladu sa vektorom  $R$ , (d) Binarna matrica nakon pomeranja jedinica, (e) Konačna rekonstruisana matrica nakon povratnog svič-ovanja kolona, sadržaj matrice nije uzet u obzir.

### A. Ryser-ova rekonstrukcija

Pseudo kod Ryser-ovog algoritma prikazan je na Slici 3.

Ulazi: Vektor  $R$  koji sadrži sumu vrsta i vektor  $C$  koji sadrži sumu kolona.

1. Elemente vektora  $C$  poređati po nerastućem redosledu.
2. Vrste popuniti jedinicama u saglasnosti sa vektorom  $R$ .

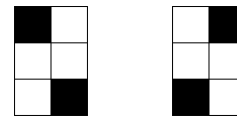
3. Prolazeći kroz matricu od gore prema dole i sa desna na levo pomerati jedinice na desno dok se broj jedinica po kolonama ne poklopi sa vektorom  $C$ .
4. U odnosu na korak 1 inverzno svič-ovati kolone.

Slika 3. Pseudo kod Ryser-ovog algoritma

Koraci navedenog algoritma ilustrovani su na Slici 4(a)-(e).

### B. Svič-ovanje

Svič-ovanje je operacija koja menja položaj dva elementa binarne matrice na način da se suma vrsta i suma kolona ne menjaju. Neka je binarna matrica obeležena sa  $A$ . Ukoliko položaji  $A(x,y)$  i  $A(u,v)$  binarne matrice imaju vrednost 1, a  $A(x,v)$  i  $A(u,y)$  imaju vrednost 0, tada promenom  $A(x,y)$  i  $A(u,v)$  sa 1 na 0, i promenom  $A(x,v)$  i  $A(u,y)$  sa 0 na 1 ni suma vrsta  $R$  ni suma kolona  $C$  neće promeniti. Ova operacija ilustrovana je na Slici 5. Postoji teorema koja tvrdi da ukoliko dve binarne matrice imaju istu sumu vrsta i kolona, one se mogu transformisati jedna u drugu u konačnom broju svič koraka [2]. Ipak, veoma je teško odrediti minimalan broj svič-ovanja za transformaciju matrice iz jedne u drugu. Egzaktna formula za taj zadatak još nije poznat.



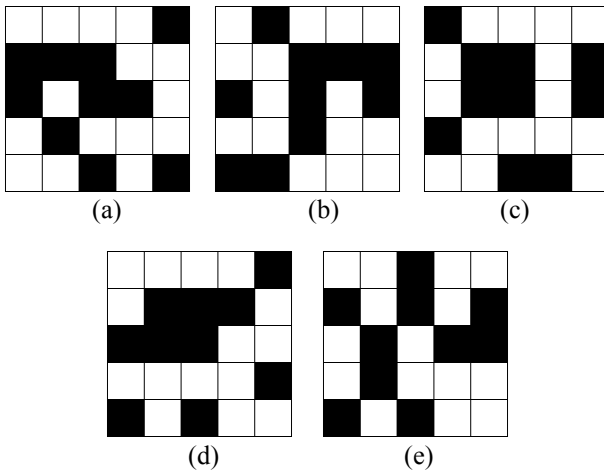
Slika 5. Ilustracija svič-ovanja. Promenom položaja jedinica ni suma vrsta ni suma kolona binarne matrice se nije promenila. U oba slučaja je  $R=[1 \ 0 \ 1]$  i  $C=[1 \ 1]$

### C. Skremblovanje

Pošto je optimizacije na bazi čestice i roja metod globalne optimizacije, potrebno je generisati populaciju za proces optimizacije. U ovom radu odlučeno je da za binarnu matricu  $N \times N$  broj jedinki u populaciji bude  $N$ . Populacija je generisana vršenjem višestrukog slučajnog svič-ovanja na matrici koja je rekonstruisana Ryser-ovim algoritmom. Operacija generisanja inicijalne populacije nazvana je skremblovanje. Raznolikost (diverzitet) populacije raste sa njenom veličinom, ali algoritam postaje zahtevniji sa aspekta vremena izvršavanja. U ovom radu veličina populacije je sve vreme konstantna, ali postoje slučajevi gde se veličina populacije menja u toku izvršavanja algoritma. Primer slučajno generisane populacije prikazana je na Slici 6.

### D. Evaluacija kvaliteta matrice

U toku sledećeg koraka algoritma svaka matrica je evaluirana sa aspekta broja povezanih komponenti i sa aspekta hv-konveksnosti. Posmatrajmo matricu sa Slike 6(a). Ona se sastoji od 3 8-povezanih komponenti i 5 4-povezanih komponenti, dok se originalna matrica sastoji od 2 8-povezanih i 2 4-povezanih komponenti.



Slika 6 (a)-(e). Primer slučajne inicijalne populacije za proces optimizacije postupkom čestice i roja. Sve matrice imaju te lženu (istu) sumu vrsta i kolona.

Originalna matrica uvek sadrži isti broj 4-povezanih i 8-povezanih komponenti. U vrstama 3 i 5, kao i u kolonama 2, 3 i 5 postoji kršenje uslova hv-konveksnosti. U ovom radu kvalitet matrice određuje se na osnovu sledeće formule:

$$Q = \sqrt{(C4_o - C4)^2 + (C8_o - C8)^2 + HV_R^2 + HV_C^2} \quad (1)$$

U jednačini (1) korišćena je sledeća notacija:

$C4_o$ ,  $C4$  - broj 4-povezanih komponenti u originalnoj i evaluiranoj matrici, respektivno.

$C8_o$ ,  $C8$  - broj 8-povezanih komponenti u originalnoj i evaluiranoj matrici, respektivno.

$HV_R$ ,  $HV_C$  - ukupan broj kršenja uslova horizontalne i vertikalne konveksnosti, respektivno.

Ukoliko u jednoj vrsti ili koloni postoji višestruko kršenje uslova konveksnosti, i to mora da se uzme u obzir. Što je vrednost  $Q$  manja, kvalitet matrice je bolji. U idealnom slučaju kad je pronađeno rešenje, vrednost  $Q$  jednaka je nuli. Postoje i drugi mogućnosti određivanja kvaliteta matrica, ali ova formula dala je obećavajuće rezultate. Nakon evaluiranja svake od matrica, određuje se matrica „pobednik”. U toj iteraciji sve ostale matrice težiće što većoj sličnosti sa matricom „pobednicom”.

#### E. Proces roja i čestica (PSO - Particle Swarm Optimization)

Proces roja i čestica prvi put su uveli Kennedy i Eberhart i ovaj algoritam vodi poreklo od dva odvojena koncepta:

- Inteligencije roja koja se zasniva na posmatranju rojeva različitih vrsta kao što su ptice, pčele ili ribe.
- Evolucionih algoritama.

Uprkos činjenici da su ove vrste veoma proste, one pokazuju značajnu kolektivnu inteligenciju. Individualni članovi roja mogu napredovati na osnovu ranijih iskustava ostalih članova roja. Algoritam PSO sastoji se od svega 3 veoma jednostavna koraka:

1. Određivanje fitnesa (kvaliteta) svake jedinice roja.
2. Ažuriranje individualnih i globalnih najboljih fitnesa i položaja.
3. Ažuriranje brzine i položaja svake jedinice.

Korak 3 je odgovoran za optimizaciona svojstva PSO algoritma. Brzina i položaj svake čestice ažuriran je u skladu sa sledećom formulom:

$$v_i(t+1) = \omega v_i(t) + c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (2)$$

U formuli (2)  $v_i(t)$  označava brzinu čestice  $i$  u trenutku  $t$ ,  $x_i(t)$  je položaj čestice  $i$  u trenutku  $t$ ,  $\hat{x}_i(t)$  je najbolji položaj čestice  $i$  do trenutka  $t$ ,  $r_1$  i  $r_2$  su slučajne vrednosti između 0 i 1, i razlikuju se u svakoj iteraciji, dok su  $c_1$ ,  $c_2$  i  $\omega$  parametri koje definiše korisnik. Na osnovu formule (2) može se uočiti da brzina svake čestice u narednom vremenskom trenutku zavisi od tri komponente:

1.  $\omega v_i(t)$  je inercijalna komponenta. Ova komponenta odgovorna je za pomeranje čestice u pravcu u kome se ona i prvenstveno prostirala. is the inertial component.
2.  $c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)]$  je kognitivna komponenta, predstavlja memoriju čestice. Ova komponenta utiče na to da se čestica vrati na položaje u kojima je imala visoke vrednosti fitnesa.
3.  $c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]$  socijalna komponenta, njen zadatak je da usmerava česticu prema najboljem položaju koji je roj pronašao do sada.

#### F. Kriterijum za zaustavljanje

PSO proces može da se zaustavi ili u slučaju da je pronađeno tačno rešenje, ili kad rešenje ispuni neki drugi unapred određeni uslov. Ukoliko se korisnik zadovoljava i sa nesavršenim rešenjem, može da se bira od sledećih kriterijuma:

1. izvršen unapred zadat broj iteracija.
2. nije bilo popravke prosečnog fitnesa u poslednjih 10 generacija.
3. nije bilo popravke najboljeg fitnesa u poslednjih 10 generacija.

Iako su ova tri kriterijuma za zaustavljanje su najčešća, mogu se definisati i drugi kriterijumi.



### 3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Algoritam je bio testiran na 50 različitih matrica koje su imali 1, 2, 3 ili 4 povezane komponente. Pre početka rekonstrukcije algoritam je znao broj povezanih komponenti za rekonstrukciju. U toku eksperimentalne faze pokazalo se da algoritam i kvalitet rešenja u velikoj meri zavisi od podešavanja početnih parametara. Tokom istraživanja ispitana je veza između vremena izračunavanja i veličine matrice koja se rekonstruiše. Eksperimenti su vršeni na matricama veličine 20x20, 30x30 i 50x50. Uzimajući u obzir i kvalitet rešenja i vreme izračunavanja, algoritam je dao veoma dobre rezultate za veličinu matrice 20x20. Ipak, za veće matrice potrebno vreme izračunavanja značajno je poraslo, a za neke test matrice rešenje uopšte nije pronađeno u vremenu koje se smatra prihvatljivim. Takođe su izvršeni eksperimenti za ispitivanje minimalnog broja generacija za dostizanje rešenja. Na kraju je autor ispitao kvalitet rešenja za unapred zadat broj iteracija. Tabela I prikazuje minimalna, maksimalna i prosečna vremena izračunavanja za sve tri veličine matrica, dok Tabela II prikazuje broj potrebnih svič koraka za pronalaženje rešenja. U Tabeli II maksimalno vreme izračunavanja u nekim slučajevima iznosi "INF" što znači da rešenje nije bilo pronađeno za 30 minuta. Ovi ekstremni slučajevi nisu uzeti u obzir prilikom izračunavanja prosečnih vrednosti.

TABELA I.  
MINIMALNA, MAKSIMALNA I PROSEČNA VREMENA  
IZRAČUNAVANJA U SEKUNDAMA ZA MATRICE VELIČINE  
20X20, 30X30 I 50X50.

VELIČINA MATRICE	MIN	MAX	AVG
20X20	7.4	182.7	105.0
30X30	15.1	405.2	244.3
50X50	44.3	INF	532.2

TABELA II.  
BROJ POTREBNIH SVIČ-OVANJA ZA PRONAKAŽENJE PRVOG  
REŠENJA

VELIČINA MATRICE	MIN	MAX	AVG
20X20	34	605	403
30X30	71	1143	766
50X50	206	INF	1674

Tokom izvršavanja programa najzahtevnija operacija sa aspekta računarske snage bilo je pronalaženje svih svič komponenti svih čestica/matrica unutar populacije. Za veličinu matrice 20x20 uobičajen broj mogućih svič-ova je oko 50, ali za veliku matricu 50x50 piksela broj mogućih svič-ova dostigao je nekoliko stotina. Za ubrzavanje procesa usvojena je sledeća strategija: u svakom koraku ispitano je samo nekoliko slučajno izabranih svič komponenti (20 u slučaju matrice 20x20, 30 u slučaju matrice 30x30 i 50 u slučaju matrice 50x50). Ovaj trik je u značajnoj meri smanjio zahtev za računarskom snagom, ali su performanse algoritma i broj koraka za rekonstrukciju ostali skoro na istom nivou. To

se desilo jer uprkos činjenici da je ispitano manji broj svič-ova, velika je verovatnoća da će jedan od svič-ova dati sličan rezultat kao što bi dao najbolji svič (koji nije ispitano jer korisnik nije imao dovoljno vremena da ga pronađe).

Broj potrebnih svič-ova potrebnih za rekonstrukciju takođe zavisi i od broja jedinica u matrici. Ukoliko matrica sadrži više jedinica, postoji manje mogućnosti za svič-ovanje jer je binarna matrica popunjena u većoj meri. U toku testiranja procenat jedinica u matricama varirao je između 35% i 50%.

Jedan drugi test ispitao je na koji način zavisi kvalitet rešenja za unapred zadat broj generacija u procesu optimizacije pomoću čestice i roja. Rezultati ovog testiranja prikazani su u Tabeli III. Brojevi u Tabeli III pokazuju koliko elemenata date matrice se razlikuju od elemenata originalne matrice (izračunata je srednja vrednost najboljih slučajeva tokom izvršavanja). Može se uočiti da je za manju matricu veća verovatnoća da se više približimo rešenju. Tabela III ne pokazuje u koliko slučajeva je algoritam pronašao pravo rešenje. Dodatna testiranja su pokazala da je za matrice 20x20 algoritam pronašao rešenje u manje od 50 iteracija u 30% slučajeva, u manje od 100 iteracija u 50% slučajeva i u manje od 500 iteracija u 60% slučajeva. Slični rezultati dobijeni su i za matrice 30x30 i 50x50 piksela.

TABELA III.  
KVALITET REŠENJA U FUNKCIJI BROJA ITERACIJA ZA  
MATRICE KOJE SU 40% POPUNJENE JEDINICAMA

VELIČINA MATRICE	BROJ GENERACIJA		
	50	100	500
20X20	6	4	4
30X30	10	6	6
50X50	12	8	6

### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je novi metod tomografske rekonstrukcije binarnih matrica korišćenjem optimizacije roja i čestica. Rekonstrukcija je izvršena samo na osnovu dve ortogonalne projekcije. Rezultati testiranja pokazali su da metod obećava jer pronalazi rešenje koje zadovoljava uslov hv-konveksnosti u razumnom vremenskom roku. Ipak, za matrice veličine 100x100 piksela vremena izvršavanja su i dalje velika, i potrebno je dodatna optimizacija. Jedna od mogućih puteva narednih istraživanja moglo bi biti pronalaženje bolje heuristike koja će efikasnije voditi algoritam prema rešenju.

**LITERATURA**

- [1] H.J. Ryser: *Matrices of zeros and ones*, Bull. Amer. Math. Soc. Volume 66, Number 6 (1960), pp. 442-464.
- [2] H. J. Ryser: *Combinatorial properties of matrices of zeros and ones*, Canad. J. Math. vol. 9 (1957) pp. 371-377.
- [3] Marek Chrobak, Christoph Dürr: *Reconstructing hv-convex Polyominoes from Orthogonal Projections*, Information Processing Letters, March 1999, Volume 69 Issue 6.
- [4] Richard Brualdi: Algorithms for constructing (0,1)-matrices with prescribed row and column sum vectors, Disc. Mathematics, Vol. 306, Issue 23, pp. 3054-3062.
- [5] J. Kennedy, R. Eberhart: Particle Swarm Optimization, Proc of IEEE International Conference on Neural Networks, Piscataway, NJ., pp. 1942-1948. (1995).
- [5] Póth Miklós, Lendák Imre: *Branch and Bound Discrete Tomographic Reconstruction of Binary Contours*, 8<sup>th</sup> International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2010), pp. 87-91.
- [6] Póth Miklós: *Discrete Tomographic Reconstruction of Binary Matrices Using Tabu Search and Classic Ryser Algorithm*, 9<sup>th</sup> International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2011), pp 387-390.

# INDETIFIKACIJA, MODELOVANJE I PID REGULACIJA SERVO SISTEMA MS150 UZ POMOĆ LABVIEW SOFTVERSKOG PAKETA

## IDENTIFICATION, MODELLING AND MS150 SERVO SYSTEM DIGITAL PID REGULATION WITH LABVIEW SOFTWARE

Darko Popović<sup>1</sup>, Dušan Glumac<sup>1</sup>, Jordan Atanasijević<sup>1</sup>  
Vojna akademija<sup>1</sup>, Univezitet Odbrane, Beograd

**Sadržaj** - Identifikacija parametara pozicionog servo sistema MS150 urađena je obradom signala koji su prikupljeni pomoću NI USB 6212 akvizicijske kartice i odgovarajućih alata u LABVIEW softveru. Servo sistem je modelovan funkcijama prenosa pojedinačnih blokova u sistemu i parametara određenih identifikacijom. Projektovan je PID regulator kojim je softverski kontrolisan rad servo sistema uz upotrebu LABVIEW-a. Kvalitet rada identifikovanog modela i sistema sa PID regulatorom je prikazan uporednom analizom signala sa realnog sistema i simulacije na istu pobudu.

**Abstract** – Parameter identification of MS150 position servosystem has been done by processing signals acqisitioned using NI USB 6212 acquisition card and LABVIEW software tools. The servo system has been modeled according to transfer functions of each of the system blocks and parameters acquired through the identification. PID regulator was software projecte, in order to control the servosistem response using LABVIEW. Quality of identified model response and system with PID regulator response on the same excitation is shown through comparative analysis of signals from real system and simulations.

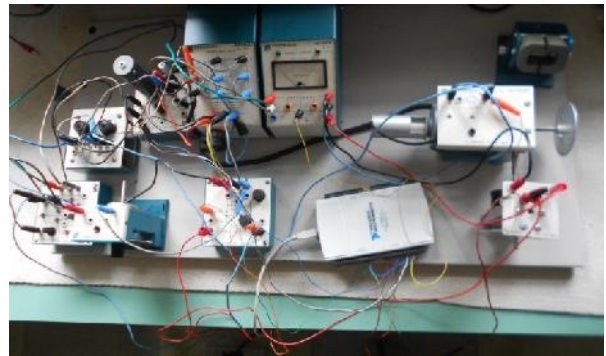
### 1. UVOD

U današnjoj praksi veoma su često u upotrebi servosistemi, kao što su na primer pozicioni, brzinski i slični. Rad servosistema veoma zavisi od komponenata od kojih je konstruisan. Vrlo je bitno kvalitetno projektovati sistem, a zatim ga i konstruisati. Međutim, ponekad je potrebno iskoristiti već postojeće servosisteme. U takvim slučajevima često nije poznat model istog. Opisi osnovnih servosistema je dat u [1]. Postoje mnogi različiti softverski alati koji se mogu koristiti u radu sa hardverom. Jedan od predloga je predstavljen u ovom radu, a to je mogućnosti primene softverskog alata LABVIEW, kako u offline tako i u online identifikaciji, modelovanju i upravljanju servosistemima.[2].

Servosistem MS150 je laboratorijski model namenjen za učenje i praktična ispitivanja procesa automatskog upravljanja, [3]. Koristi se u laboratorijama širom sveta za praktično dokazivanje i ispitivanje parametara

sistema. Servosistem MS150 je modularan, što omogućava izučavanje i analiziranje individualnih blokova kao i njihovo kombinovanje u funkcionalnu celinu. Može da se koristi kao brzinski i pozicioni servosistem.

Na slici 1 je prikazan upotrebljeni pozicioni servosistem sastavljen od modularnog sistema MS150.



Slika 1. Pozicioni servosistem.

Akvizicija signala je izvršena akvizicijskom karticom NI USB 6212, kojom je moguće istovremeno i generisanje signala što se koristi za rad sistema kao pobudni signal. Kartica je kompatibilna sa softverskim paketom LabVIEW, koji sadrži skup alata za identifikaciju, modelovanje i upravljanje sistemima.

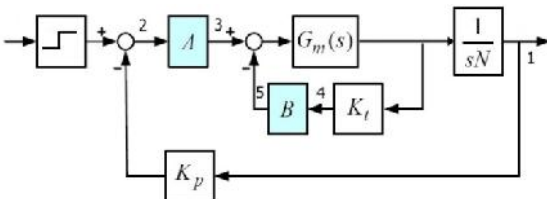
Na osnovu identifikovanih funkcija prenosa blokova sistema izvršeno je upravljanje projektovanim PID regulatorom. Signali dobijeni simulacijom rada sistema su upoređeni sa akviziciranim signalima sa rada realnog sistema na istu generisanu pobudu.

Pogodnost upotrebe LABVIEW-a je online promena parametara generisanih signala, [4-5]. Paket se sastoji iz dve celine. Prva celina je strukturni blok dijagram u kome se programira rad softvera i hardvera. Softversko programiranje se zasniva na objektno orijentisanom programiranju, gde se povezuju definisani blokovi. Druga celina je front panel u kome se zadaju potrebne vrednosti, ali i prikazuju rezultati rada. Front panel je daje prednost u upotrebi LABVIEWa u odnosu na druge softverske alate, kada se radi na intearkciji softvera i hardvera, jer nisu potrebni dodatni merni instrumenti. Front panel se može dizajnirati kao

virtualni merni instrument, i upravo zato svi fajlovi generisani u LABVIEW-u nose ekstenziju vi, skraćeno od Virtual Instrumentation.

**2. AKVIZICIJA SIGNALA**

Pretpostavka je da se sistem može opisati blok šemom pozicionog servosistema, slika 2. Akvizicija signala je izvršena u delovima sistema, koji su indeksirani brojevima.



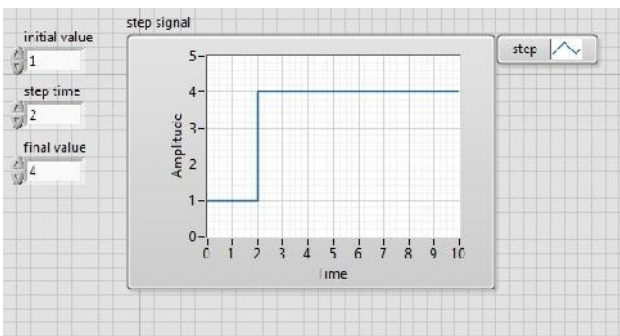
Slika 2. Blok šema pozicionog servosistema

Indeksirane tačke u sistemu predstavljaju sledeće signale:

1. izlazni signal
2. signal greške
3. oslabljen signal greške
4. signal izlaza tahogeneratora
5. oslabljen signal tahogeneratora.

Blokovi označeni sa A i B predstavljaju potenciometre kojima se kontrolišu signal greške i konstanta tahogeneratora. Blok  $G_m(s)$  predstavlja funkciju prenosa generatora i motora. Reduktor sa integritomom je označen sa  $1/sN$ , dok su  $K_p$  i  $K_t$  vrednosti pojačavača u povratnoj sprezi i tahogeneratora, respektivno.

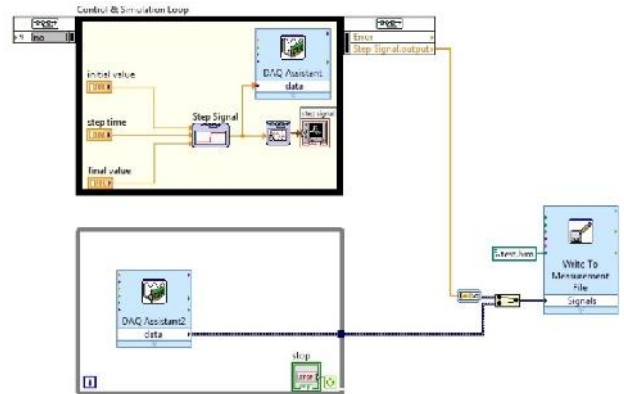
Pobudni signal je definisan softverski. Parametri pobudnog, step signala, mogu se zadavati preko front panela u LabVIEW. Parametri koji se zadaju na front panelu su initial value, step time and final value. Zadate vrednosti se generišu u voltima na određenim kanalima NI USB 6212 kartice. Postoji mogućnost zadavanja različitih oblika pobudnih signala. U radu je pobuda generisana sa step signalom. Parametri i vremenski prikaz pobude su dati na slici 3.



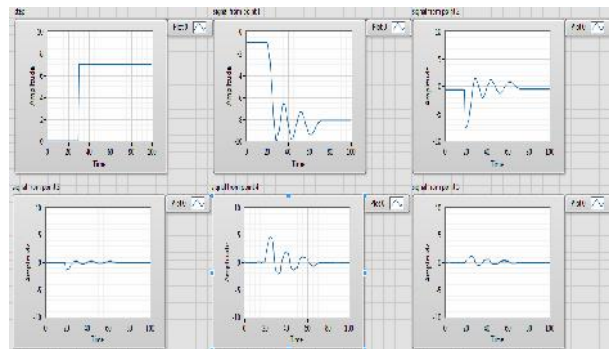
Slika 3. Front panel za kontrolu parametara pobudnog signala

Odgovarajući blok dijagram za front panel sa slike 3, je prikazan na slici 4. Vrednosti akviziranih signala se smeštaju u tekstualnu datoteku, radi offline obrade. Na

slici 5 je prikazan front panel sa pobudnim i snimljenim signalima. U narednom odeljku će se izvršiti identifikacija sistema na osnovu snimljenih signala i upotrebom odgovarajućih softverskih alata..



Slika 4. Blok dijagram za generisanje i snimanje signala



Slika 5. Grafički prikaz snimljenih signala

Slika 5. ujedno je verodostojni prikaz pogodnosti LABVIEW-a, jer za analogni prikaz rezultata bi bilo potrebno više osciloskopa ili drugih mernih instrumenata.

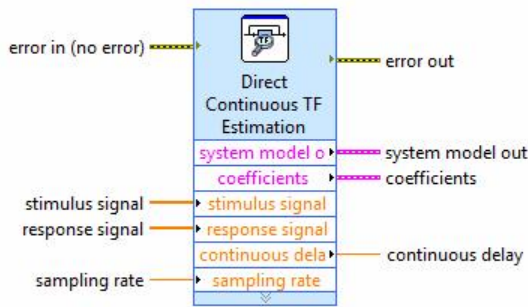
**3. IDENTIFIKACIJA FUNKCIJE PRENOSA**

Programski paket LabVIEW omogućava jednostavno i brzo određivanje funkcije prenosa. Postoje različiti metode i algoritmi u procesu identifikacije na osnovu prikupljenih signala, [6-7]. Određivanje funkcije prenosa se vrši pomoću VI-a bloka, Direct Continuous TF Estimation, slika 6. Na ulaz VI-a se dovode ulazni (stimulus) i izlazni (response) signal, dok se na izlazu dobijaju koeficijenti funkcije prenosa. Postoji mogućnost promene učestanosti odabiranja kao i unosa kašnjenja u funkciju prenosa. Ovaj VI može da se koristi i za rad sa diskretnim signalima. Prilikom određivanja funkcije prenosa moguće je odabrati red modelovane funkcije prenosa. Na osnovu teorije, [1] pretpostavka je da je funkcija prenosa drugog reda.

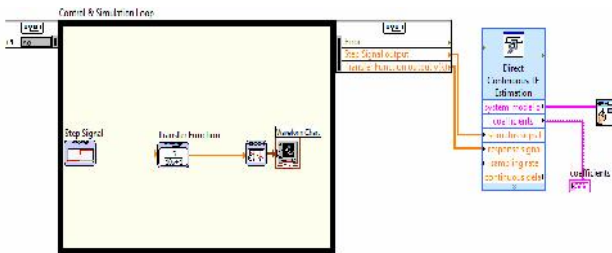
Najpre je dat primer identifikacije sistema na jednostavnom sistema sa funkcijom prenosa  $\frac{1}{10s + 1}$ .

Blok dijagram koji je upotrebljen za identifikaciju funkcije prenosa sistema je prikazan na slici 7.

Primetno je da su identifikovani koeficijenti funkcije prenosa sistema dobijeni na step pobudu.



Slika 6. VI Direct Continuous TF Estimation



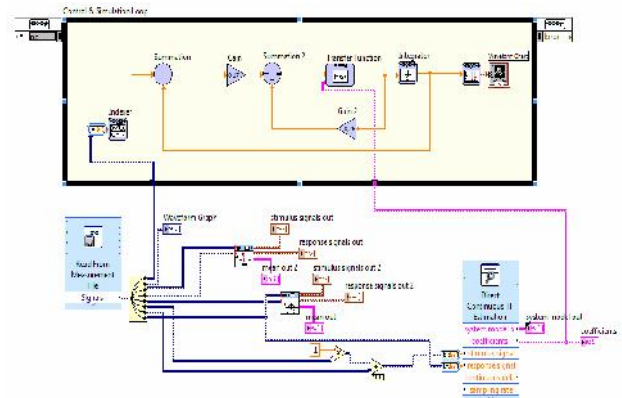
Slika 7. Blok dijagram za određivanje funkcije prenosa na step pobudu

Sačuvani podaci se učitavaju i upotrebom prethodno objašnjenog VI bloka se dobijaju koeficijenti za svaki blok sistema ponaosob. U cilju kvalitetnije procene pojedinih koeficijenata upotrebljen je VI blok SI Normalize VI koji nam daje srednju vrednost signala. Sve vrednosti su sačuvane u odgovarajuće datoteke, kako bi se kasnije upotrebili za simulaciju rada sistema.

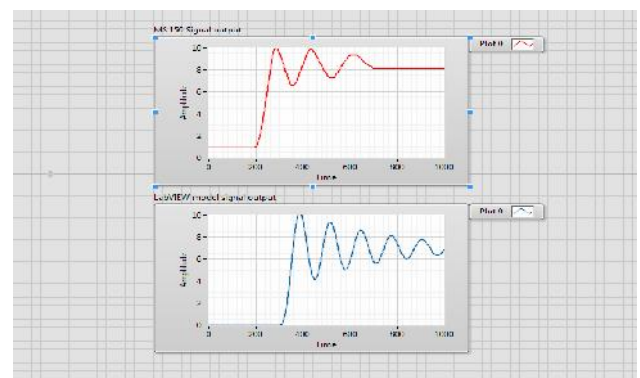
#### 4. MODELOVANJE

Modelovanje sistema se zasniva na pretpostavci od kojih se delova sastoji sistem, slika 2, i na koeficijentima određenim u identifikaciji. Blok dijagram modela servosistema je prikazan na slici 8. Ažuriranje koeficijenata funkcije prenosa može biti i online, što se vidi na slici 8, dok je drugi način učitavanje iz sačuvanih datoteka, odnosno offline režim rada. Model sistema se definiše u petlji za upravljanje i simulaciju, Control & Simulation Loop.

Verifikacija modela je izvršena upoređivanjem vrednosti signala sa izlaza realnog sistema i izlaza modela, slika 9. Primetimo da se realni i modelovani signal razlikuju po visini preskoka i dužini vremena koje je potrebno da bi sistem ušao u stacionarno stanje. Razlog toga se nalazi u karakteristikama realnog sistema i pojavama otpornih momenata koji se javljaju u njemu jer oni utiču na faktor prigušenja i dodatno ga pojačavaju.



Slika 8. Blok dijagram modela pozicionog servo mehanizma

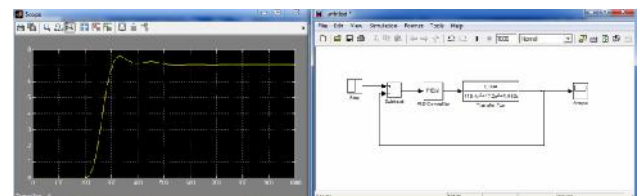


Slika 9. Realni i modelovani signal sa izlaza sistema

Simulacioni model ne sadrži fizička ograničenja i njemu je s toga potrebno mnogo veće vreme smirenja.

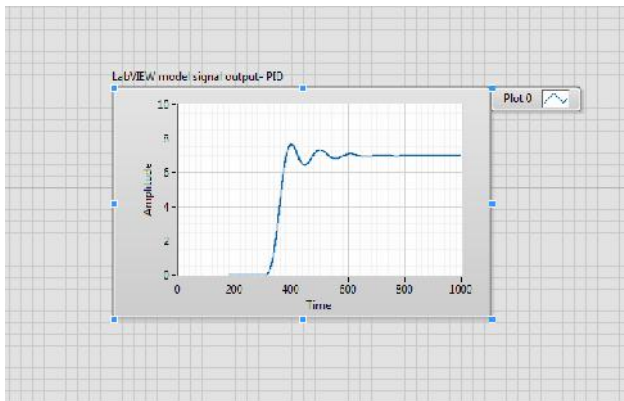
Rad servosistema, podrazumeva vrlo nisku vrednost preskoka ili ukoliko je moguće da preskok ne postoji. Funkcija prenosa sistema je nepromenljiva, jer je konstrukcija njegovih elemenata definiše, međutim moguće je prilagoditi rad sistema primenom regulatora.

U radu je projektovan PID regulator koji se stavlja u sistem nakon detektora greške, [8]. Parametri regulatora su procenjavani simulinkom opcijom Tuning tool koja nam omogućava da se odrede željene vrednosti. Simulacija rada sistema sa PID regulatorom je na slici 10.



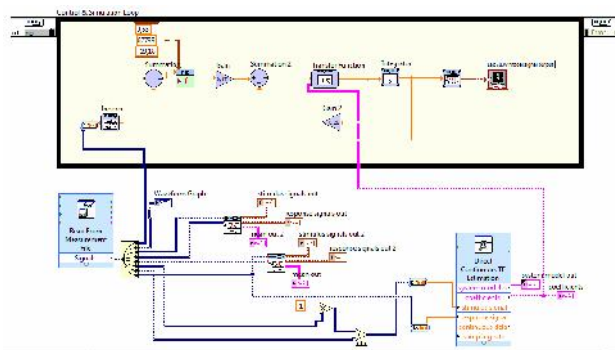
Slika 10. Proračun parametara PID-a preko Simulinka.

Zatim se PID regulator primenio na modelovan sistem, čiji odziv je sada imao niži preskok u odnosu na odziv bez regulatora, slika 11.



Slika 11. Izlazni signal nakon upotrebe PID regulatora

Konačno, upotreba LabVIEW softvera se sada može videti kroz blok dijagram na slici 12, gde je izvršena online akvizicija, identifikacija, modelovanje i upravljanje servosistemom sa PID regulatorom.



Slika 12. Blok dijagram za upravljanje modelovanim servosistemom sa PID regulatorom.

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultat ovog rada predstavlja analizu hardverskog sistema upotrebom softverske aplikacije. Analiziran je servosistem MS150 uz pomoć programskog paketa LabVIEW. Pokazana je veoma laka akvizicija signala uz kompatibilnu opremu, što može umnogome da pomogne inženjerima, koji su nedovoljno informatički obučeni. Identifikacija i upravljanje servosistemima se može izvršiti na veoma elegantan način primenom LABVIEW-a. U praksi se ovim načinom može realizovati različit broj projektovanih servosistema, kao i njihova kontrola rada u cilju identifikacije otkaza. Primenom LABVIEW-a uz odgovarajuću akvizicijsku karticu nisu potrebni mnogobrojni merni sistemi i instrumenti, čime se može još lakše projektovati ekspertski sistem za rad u održavanju, kontroli, modelovanju ili idnetifikaciji otkaza servosistema.

## LITERATURA

- [1] Stojić, M. Kontinualni sistemi automatskog upravljanja, Beograd, 1985.
- [2] Tomić, J. i Milovanović, M., Virtualna instrumentacija primenom LabVIEW programa, FTN izdavaštvo, Novi Sad 2010.

[3] Arvani F., Ferdaus, S. N and Iqbal M. T., "Digital Control of MS-150 Modular Position Servo System", IEEE NECEC Nov. 8, 2007 St. John's NL

[4] Usha, D., et al. An Approach for Model Based Programming using LabVIEW. 2014.

[5] Johnson, G. W. LabVIEW graphical programming: practical applications in instrumentation and control. McGraw-Hill School Education Group, 1997.

[6] Söderström, T. and Stoica, P., System identification, Prentice-Hall Int., London, 1989.

[7] Skeppstedt, L. Lj., and Millnert, M. „Construction of composite models from observed data“. Int. J. Control, Volume 55(1): pp 141–152, 1992.

[8] Åström, K. J., and Hägglund, T., PID controllers: theory, design, and tuning, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC (1995).

# PREGLED MEĐUNARODNIH STANDARDA ZA PROCENJIVANJE SOFTVERSKIH PROCESA

## A SHORT OVERVIEW OF INTERNATIONAL STANDARDS FOR SOFTWARE PROCESS ASSESSMENT

Željko Stojanov<sup>1</sup>, Dalibor Dobrilović<sup>1</sup>, Borislav Odadžić<sup>1</sup>  
Univerzitet u Novom Sadu, Tehni ki fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin<sup>1</sup>

**Sadržaj** – Oblasti procenjivanja i poboljšanja softverskih procesa privlači sve više pažnje kako u akademskoj zajednici tako i u međunarodnim organizacijama i softverskoj industriji. To je dovelo do izrade nekoliko standarda (modela) za procenjivanje i poboljšanje procesa, kao što su CMMI, ISO/IEC 15504 i ISO/IEC TR 29110, kao i do njihove primene u industriji. S obzirom da su ovi standardi vrlo strogi i zahtevaju značajne resurse i vreme za njihovu implementaciju, u praksi su najčešće prilagođavani i delimično korišćeni za razvoj specifičnih radnih okvira za poboljšanje procesa. U ovom radu su prikazane osnovne pretpostavke ovih standarda, kao i primeri studija u kojima se navodi njihova primena, sa posebnim osvrtom na primenu u malim softverskim preduzećima.

**Abstract** - Software process assessment and improvement attract more and more attention both in academia and in international organizations, as well as in the software industry. This led to the development of several standards (models) for the evaluation and improvement of software processes, such as CMMI, ISO/IEC 15504 and ISO/IEC TR 29110, as well as to their implementation in the industry. Since these models are very strict and require significant resources and time to implement them in the practice, they have been most often partially adopted and used for the development of specific frameworks for process improvement. This study presents the fundamental assumptions of these standards, as well as examples of studies stating their application, especially in small software companies.

### 1. UVOD

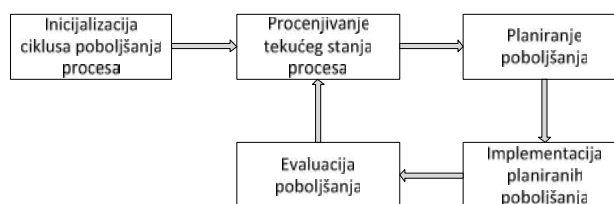
Procena i poboljšanje procesa su u literaturi i praksi prepoznati kao značajni faktori u ostvarivanju kompetitivnosti softverskih organizacija. Procenjivanje i poboljšanje procesa su veoma važani s obzirom da u većini softverskih organizacija procesi nisu definisani, ne implementiraju se sistematski i nivo kontrole je nizak ili ne postoji. Zajedničkim naporom akademske zajednice, praktičara iz softverske industrije i eksperata iz međunarodnih stručnih organizacija kao što su *International Organization for Standardization* (ISO) i *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) kreirani su standardi (modeli) za procenjivanje i poboljšanje procesa, kao što su CMMI *Capability Maturity Model Integration* [1], ISO/IEC 15504 *Information Technology – Process Assessment* [2], a

potom i ISO/IEC TR 29110:2011 *Software engineering — Lifecycle profiles for Very Small Entities* [3] koji je namenjen veoma malim softverskim preduzećima. Bez obzira na dostupnost standarda, u praksi se javljaju i druge metodologije koje problemu procene i poboljšanja procesa prilaze na bazi analize stanja i potreba organizacije gde se one implementiraju.

Danas su na raspolaganju više preskriptivnih modela ili standarda za procenu i poboljšanje softverskih procesa, kao što *Capability Maturity Model Integration* (CMMI i CMM), ISO/IEC 15504 (poznat pod nazivom SPICE - *Software Process Improvement and Capability dEtermination*) i ISO/IEC TR 29110. Ovi modeli propisuju šta se sve mora uraditi prilikom procenjivanja i poboljšanja procesa. Zajednička osobina za ove modele je da se proces procene stanja obavlja poređenjem u odnosu na preporučenu dobru praksu u okviru odabranog modela (*benchmarking*), bez razmatranja specifičnosti organizacije u kojoj se realizuje poboljšanja procesa.

Poseban izazov u ovoj oblasti predstavljaju mala softverska preduzeća koja ili nisu svesna postojanja tih standarda, ili ih smatraju veoma komplikovanim za implementaciju [4]. Da bi se podstakla primena standardnih metodologija za procenu procesa u malim softverskim preduzećima pokrenute su inicijative koje su fokusirane na njih (npr. ISO/IEC TR 29110), a koje su bazirane na prilagođavanju postojećih standarda za potrebe malih i srednjih preduzeća.

U osnovi svih modela ili radnih okvira za procenjivanje i poboljšanje softverskih procesa (*Software Process Improvement, SPI frameworks*) su sledeći koraci: evaluacija (procenjivanje) tekućeg stanja, planiranje poboljšanja, implementacija poboljšanja i evaluacija efekata poboljšanja. Nakon realizacije ovih koraka, oni se ponavljaju, tako da čine ciklus, što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Ciklus procenjivanja i poboljšanja softverskih procesa

U nastavku rada su prikazane osnovne pretpostavke navedenih standarda CMMI, ISO/IEC 15504 i ISO/IEC TR 29110:2011 sa osvrtom na tipične studije koje prikazuju primenu ovih standarda u praksi. Na kraju su navedeni zaključci i preporuke za primenu i prilagođenje ovih standarda u praksi.

## 2. CMMI

CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) je model zrelosti koji se koristi za procenjivanje i poboljšanje procesa razvoja proizvoda i usluga. Model je baziran na dobroj praksi i odnosi se na aktivnosti razvoja i održavanja tokom životnog ciklusa proizvoda. Model je razvijen na Software Engineering Institute (SEI), Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA. CMMI je nastao kao rezultat evolucije i integracije različitih modela za procenu zrelosti (*Capability Maturity Models*), kao što su Capability Maturity Model for Software (SW-CMM) [5], Systems Engineering Capability Model (SECM) [6] i Integrated Product Development Capability Maturity Model (IPD-CMM) [7]

CMMI obuhvata praksu koja se odnosi na upravljanje projektima, upravljanje procesima, sistemski inženjering, hardverski inženjering, softverski inženjering i ostale procese podrške u okviru razvoja i održavanja proizvoda. Model obuhvata 22 procesne oblasti i omogućava da se procesu poboljšanja i procene pristupi na dva načina:

- **Kontinuirano poboljšanje** (*continuous improvement*). Bira se oblast koja obuhvata specifične procese, i potom se ti procesi poboljšavaju. Poboljšanja se mere relativno u odnosu na odabranu oblast, i obezbeđuju maksimalnu fleksibilnost u toku realizacije procesa procene i poboljšanja. Na primer, u okviru jedne organizacije je moguće različite procese poboljšati do različitih nivoa zrelosti.
- **Poboljšanje po stanjima** (*staged improvement*). Koristi se predefinisani skup procesnih oblasti i potom se prati poboljšanje zrelosti organizacije u tim oblastima. Ovaj pristup je sistematičan i strukturiran tako da omogućuje poboljšanje po stanjima u određenim vremenskim periodima na nivou organizacije.

Za opisivanje evolucione putanje organizacije koja poboljšava procese koriste se nivoi. Nivoi se mogu odnositi i samo na rezultate aktivnosti procene procesa. Kada se koristi kontinuirani pristup tada se nivoi odnose na svojstva/sposobnosti (*capability levels*) budući da se poboljšanje odnosi samo na specifičnu procesnu oblast. Kada se koristi pristup zasnovan na stanjima, tada se nivoi odnose na nivoe zrelosti (*maturity levels*) i odnose se na celu organizaciju. U tabeli 1. su prikazani nivoi sposobnosti i nivoi zrelosti za kontinuirani pristup i pristup baziran na stanjima. Nivoi sposobnosti se određuju za svaku procesnu oblast. Na taj način organizacija može da prati stanje u svakoj oblasti, time što prati aktuelno stanje (ostvareni, tekući profil) u odnosu na

nivoe koje je definisala da želi da ostvari (definisani, ciljni profil). Procenjivanje organizacija primenom CMMI se realizuje primenom metode *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI)* [8]. Primenom SCAMPI metode se može proceniti nivo sposobnosti za pojedine procesne oblasti, ali se ne može koristiti za procenu zrelosti cele organizacije ili za poređenje sa drugim organizacijama.

Tabela 1. Pregled nivoa sposobnosti i zrelosti u CMMI

Nivo	Nivoi sposobnosti <i>Kontinuirani pristup</i>	Nivi zrelosti <i>Pristup po stanjima</i>
Nivo 0	Nepotpun	N/A
Nivo 1	Izvodljiv	Inicijalni
Nivo 2	Upravljiv	Upravljiv
Nivo 3	Definisan	Definisan
Nivo 4	Kvantitativno upravljiv	Kvantitativno upravljiv
Nivo 5	Optimizovan	Optimizovan

Procenjivanje bazirano na CMMI se realizuje iz sledećih razloga:

- da bi se uporedila organizacija sa najboljom CMMI praksom i uočile oblasti gde je potrebno poboljšanje prakse,
- da bi se dobavljači i korisnici obavestili o tome koliko su procesi u okviru organizacije usaglašeni sa CMMI preporučenom praksom, i
- da bi se ispunili zahtevi nekog od korisnika.

Poboljšanje procesa podrazumeva institucionalizaciju, što znači da su procesi implementirani na konzistentan način i da postoji posvećenost u okviru organizacije da se procesi realizuju na predviđeni način. Institucionalizacija podrazumeva da se procesi definišu i implementiraju prema propisanim pravilima u organizaciji. To podrazumeva da su procesi definisani i opisani sledećim atributima: svrha, ulazi, polazni kriterijumi, aktivnosti, uloge, mere, koraci verifikacije, izlazi i završni kriterijumi.

U praksi je razvijeno i primenjeno više modela za procenu procesa baziranih na CMM ili CMMI, međutim mnoge softverske organizacije, a naročito male ne prihvataju te modele zbog troškova implementacije i potrebnog vremena za implementaciju. Koristi od prihvatanja CMM u praksi su naveli Hyde i Wilson [9], dok se u [10] navodi značaj spremnosti zaposlenih u organizaciji na prihvatanje promena koje prate primenu CMMI. Primeri modela baziranih na CMM ili CMMI prilagođenih za mala softverska preduzeća su između ostalih IDEAL [11] i Adept [12].

## 3. ISO/IEC 15504 (SPICE)

ISO/IEC 15504 *Information technology — Process assessment* je standard koji daje preporuke za implementaciju procenjivanja procesa u kontekstu poboljšanja procesa (*process improvement*) ili određivanja sposobnosti procesa (*process capability*)



determination). Određivanje sposobnosti procesa može motivisati poboljšanje procesa u oblastima gde su identifikovani nedostaci ili rizici.

U kontekstu poboljšanja procesa, procenjivanje procesa omogućuje da se tekuća praksa u okviru organizacije, ili nekog njenog dela, analizira na bazi sposobnosti odabranog skupa procesa. Ova analiza treba da otkrije dobra svojstva i nedostatke, ali i rizike koji postoje u procesima u kontekstu poslovnih potreba organizacije. To praktično znači da se analizom utvrđuje koliko su procesi efikasni u smislu ostvarivanja ciljeva. Na osnovu procenjenog stanja procesa vrši se njihova prioritizacija za poboljšanje. Procenjivanje sposobnosti procesa vrši se poređenjem odabranih procesa u odnosu na ciljani profil sposobnosti, a sa ciljem da se otkriju rizici u implementaciji projekata baziranih na ovim procesima.

Standard je usaglašen sa nekoliko međunarodnih standarda da bi obezbedila pouzdanost upravljanja softverskim procesima u okviru organizacije, a u odnosu prema dobavljačima i korisnicima. Standard je usaglašen i dopunjuje u ciljnoj oblasti sledeće međunarodne standarde:

- **ISO 9001:1994**, *Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing*;
- **ISO 9000-3:1997**, *Quality management and quality assurance standards — Part 3: Guidelines for the application of ISO 9001:1994 to the development, supply, installation and maintenance of computer software*;
- **ISO 9004-4:1993**, *Quality management and quality system elements — Part 4: Guidelines for quality improvement*.
- **ISO/IEC, IEEE 12207**, *Information technology — Software life cycle processes* [13].

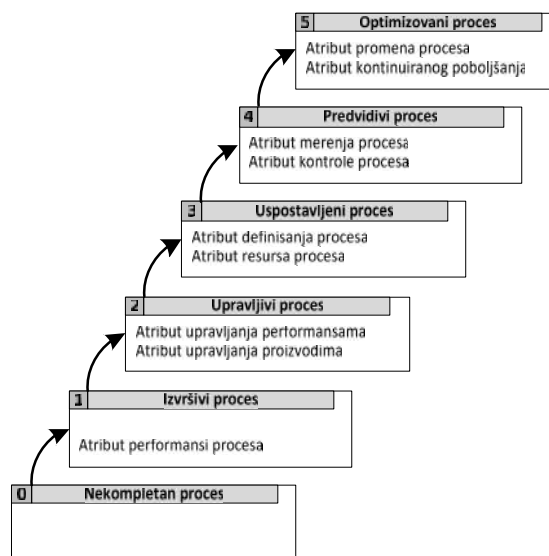
ISO/IEC 15504 definiše referentni model procesa i sposobnosti procesa koji čine osnovu modela koji se koristi za procenjivanje procesa. Model koji se koristi za procenjivanje mora biti kompatibilan sa referentnim modelom. Takav model mora sadržati definicije procesa koji se procenjuju i skalu za merenje sposobnosti. Model procesa mora takođe obezbediti sagledavanje svih aspekata i posledica implementacije procesa. Proces i u okviru modela su grupisani u sledećih 5 kategorija:

- **Klijent-dobavljač (Customer-Supplier, CUS)**. Proces i koji direktno utiču na klijente, podržavaju razvoj i isporuku softvera klijentima, i obezbeđuju korektno funkcionisanje i upotrebu softvera/servisa
- **Inženjering (Engineering, ENG)**. Inženjerski proces i se odnose na specifikaciju, implementaciju i održavanje softvera, odnos

softvera prema sistemu u koji se integriše i dokumentaciju za klijente.

- **Podrška (Support, SUP)**. Proces i koje koriste drugi proces i u okviru životnog ciklusa softvera.
- **Upravljački (Management, MAN)**. Proces i koji obuhvataju generičku praksu koja se odnosi na rukovanje bilo kakvim projektima ili procesima u okviru životnog ciklusa softvera.
- **Organizacioni (Organization, ORG)**. Proces i koji obezbeđuju postavljanje poslovnih ciljeva organizacije i obezbeđuju razvoj procesa, proizvoda i resursa koji omogućuju organizaciji da ostvari te ciljeve.

Evolucija sposobnosti procesa se predstavlja pomoću atributa procesa koji su grupisani po nivoima sposobnosti. Svaki nivo sposobnosti predstavlja inkrementalnu evoluciju u upravljanju i kontroli procesa, pa model procenjivanja predstavlja uputstvo kako povećati sposobnosti procesa. Dimenzija sposobnosti procesa definiše skalu od 6 nivoa sposobnosti koju karakteriše skup od 9 atributa. Inkrementalno povećanje sposobnosti procesa prilikom procenjivanja je prikazano na slici 2.



Slika 2. Dimenzije sposobnosti procesa prema standardu ISO/IEC 15504

Da bi se obezbedila ponovljivost, pouzdanost i konzistentnost procesa procenjivanja potrebno je evidentirati ocenjene sposobnosti procesa. Ova evidencija se realizuje pomoću indikatora performansi i sposobnosti procesa koji treba da objektivno predstavljaju karakteristike procenjivanih procesa.

U članku [14] autori ukazuju na uspešnu primenu ISO/IEC 15504 za procenjivanje procesa u softverskim organizacijama, ali takođe napominju da je potrebno otkloniti nedostatke u šemi za ocenjivanje procesa u narednim verzijama standarda. Primeri modela baziranih

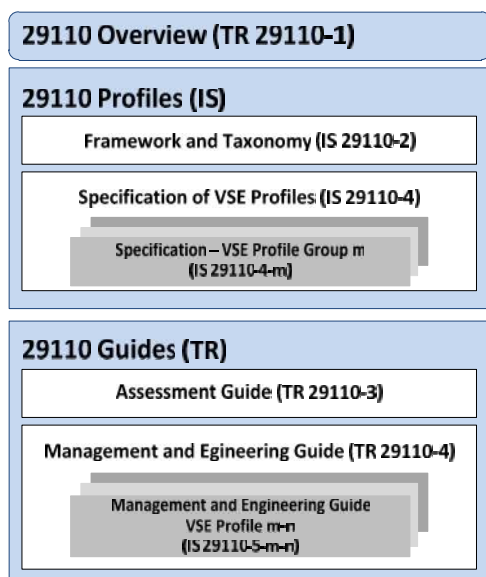
na ISO/IEC 15504 prilagođenih malim softverskim preduzećima su između ostalih RAPID (*Rapid Assessment for Process Improvement for software Development*) [15], MARES (*Método de Avaliação de Processo de Software*) [4], TOPS [16] i METvalCOMPETISOFT [17].

#### 4. ISO/IEC 29110

Veoma mala preduzeća (*Very Small Entities, VSE*) su značajna za softversku industriju i imaju veliki doprinos u ekonomijama širom sveta. Veoma malo preduzeće se, prema ISO/IEC 29110, definiše kao preduzeće koje ima do 25 zaposlenih. U nastavku teksta ćemo ova preduzeća zvati Veoma Mala Softverska Preduzeća (VMSP).

Na osnovu publikovanih istraživanja se može jasno sagledati da većina međunarodnih standarda ne zadovoljava potrebe VMSP. Usaglašavanje VMSP sa ovim standardima je veoma teško ili gotovo nemoguće, što se u nekim slučajevima loše odražava na poslovanje ovih preduzeća (npr. ako se od ugovarača posla zahteva usaglašenost sa nekim standardom). Zbog toga su razvijeni profili za VMSP (*VSE Profiles*) koji zapravo predstavljaju vodiče ili uputstva, koji su bazirani na pojedinim podskupovima standarda. U slučaju definisanja profila za životni ciklus softvera u VMSP iskorišteni su delovi standarda ISO/IEC 12207 [13] koji se odnose na procese, kao i delovi standarda ISO/IEC 15289 *Systems and software engineering - Content of life-cycle information products* [18] koji se odnose na proizvode.

Na slici 3. je prikazan skup dokumenata koji čine ovaj standard i njihova pozicija u okviru standarda. Pregledi i tehnička uputstva su publikovani kao tehnički izveštaji (*Technical Report, TR*), a profili su publikovani kao međunarodni standardi (*International Standard, IS*).



Slika 3. Pregled delova standarda ISO/IEC 29110

Sa aspekta procene i poboljšanja softverskih procesa, posebno je interesantan deo standarda ISO/IEC TR 29110-3 *Software engineering — Lifecycle profiles for*

*Very Small Entities (VSEs) - Part 3: Assessment guide*, koji definiše uputstva za procenu procesa i procenu usaglašenosti zahteva sa definisanim profilima za VMSP (*VSE Profiles*). Ovaj vodič za procenjivanje sadrži informacije za razvoj metoda i alata potrebnih za realizaciju procenjivanja procesa. S obzirom na obimnost standarda ISO/IEC 15504, ovaj standard obezbeđuje jednostavniju proceduru u samoocenjivanju preduzeća. Vodič sadrži uputstva za implementaciju koja obezbeđuju postizanje nivoa zrelosti, a uključuje preporučene aktivnosti, merenja, tehnike, šablone, modele i metode. Vodič uzima u obzir probleme u domenu primene, poslovnu praksu VMSP i potencijalne rizike, kao i potencijalne troškove u implementaciji. Na osnovu procene procesa, organizacija može dobiti profil sposobnosti implementiranih procesa, kao i nivo zrelosti same organizacije. Važno je napomenuti da su profili za VMSP (*VSE Profiles*) kompatibilni sa profilima definisanim u okviru ISO/IEC 15504-2.

Prema ISO/IEC 15504-2, procenjivanje procesa je disciplinovana evaluacija organizacionih jedinica u odnosu na model procene procesa (*Process Assessment Model*). Model procene procesa se sastoji od podskupa koji čine opis namene i izlaza procesa prema referentnom modelu procesa (*Process Reference Model*) i procesnih atributa definisanih ISO/IEC 15504-3:2003. Referentni model procesa je kreiran na osnovu ISO/IEC 12207:2008, a definisan je u Specifikaciji Profila za VMSP u okviru ISO/IEC 29110-4-1. Model procesa procene je usaglašen sa ISO/IEC 15504-2. Rezultati procenjivanja procesa se prezentuju kao skup ocena atributa i predstavljaju profil procesa.

Proces procenjivanja procesa se sastoji iz sledećih koraka: planiranje, prikupljanje podataka, validacija podataka, ocenjivanje atributa procesa, izveštavanje. Ocenjivanje procesa i kreiranje izveštaja treba da obezbedi praćenje svih atributa i procesa ocenjivanja. Usaglašenost sa ISO/IEC 15504-2 modelom za procenu procesa (*Process Assessment Model, PAM*) obezbeđuje da su rezultati procenjivanja uporedivi, pouzdani i mogu se ponoviti u datom kontekstu.

S obzirom da je standard ISO/IEC 29110 definisan u poslednjih nekoliko godina, i da se još uvek razvija, mali broj studija prikazuje njegovu upotrebu u praksi [19]. *Deployment Packages (DPs)* koji treba da omogućе upotrebu *VSE Profile*-a u VMSP je prikazan u [20]. Ovaj paket treba VMSP da omogućі razumevanje i implementaciju standarda ISO/IEC 29110. U [21], autori su prezentovali rezultate primene ISO/IEC 29110 standarda (*Basic profile part 5-1-2*), primenom *DPs* [20], u vidu pilot projekata u veoma malim preduzećima u Irskoj. *Ribaud i saradnici* su u [22] prikazali pilot studiju primene ISO/IEC 29110 standarda u malom softverskom preduzeću prilikom implementacije novog web-baziranog projekta, a kao rezultat je realizovan jednostavan sistem za upravljanje iskustvom usklađen sa ISO/IEC 29110 standardom. U članku [23] je prikazano istraživanje bazirano na nekoliko laganih projekata sa ciljem da se evaluiraju sledeći aspekti standarda ISO/IEC 29110:

očekivane dobiti od primene, potreban napor za realizaciju, i da li se ovaj lagani pristup može primeniti na bilo kom tipu projekta. Na osnovu primene standarda na skupu projekata autori su zaključili da se standard može primeniti za identifikaciju problema i rizika uz mali napor.

## 5. ZAKLJUČAK

Procenjivanje i poboljšanje softverskih procesa je veoma bitno za efikasno poslovanje preduzeća i značajno doprinosi kompetitivnosti na tržištu. Problemi koje u praksi imaju softverska preduzeća, a naročito mala, koja i dominiraju u industriji, značajno otežavaju primenu metoda za procenjivanje i poboljšavanje procesa, naročito ako su one bazirane na preporukama koje daju međunarodni standardi. Uprkos tome publikovane studije ukazuju na koristi koje su preduzeća ostvarila primenom standarda za procenjivanje procesa.

Posebna pažnja je posvećena razvoju i primeni standarda ISO/IEC 29110 koji je pripremljen za veoma mala softverska preduzeća. Ovaj segment oblasti procenjivanja procesa je veoma bitan zbog značajnog udela malih softverskih preduzeća u ekonomiji većine zemalja, a posebno zbog sve većeg broja ovakvih preduzeća u našem okruženju.

## NAPOMENA

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije podržava ovo istraživanje u okviru projekta TR32044 *“Razvoj softverskih alata za analizu i poboljšanje poslovnih procesa”*, 2011-2014.

## LITERATURA

- [1] CMMI Product Team. Appraisal Requirements for CMMI, Version 1.1 (ARC, V1.1). Technical report CMU/SEI-2001-TR-034. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Pittsburgh, PA, USA. 2001.
- [2] ISO/IEC 15504. Information Technology – Process Assessment (Parts 1–5). Geneva, Switzerland.
- [3] ISO/IEC TR 29110:2011. Software engineering — Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) (Parts 1–5). Geneva, Switzerland.
- [4] von Wangenheim, C.G., Varkoi, T. and Salviano, C.F. “Standard based software process assessments in small companies“, *Software Process: Improvement and Practice*, Vol. 11, Issue 3, pp. 329–335, 2006.
- [5] Software Engineering Institute. Software CMM, Version 2.0 (Draft C). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Pittsburgh, PA, USA. October 1997. (Note: This model was never officially released and is no longer publicly available.)
- [6] Electronic Industries Alliance (EIA). Systems Engineering Capability Model (EIA/IS-731). Washington, DC, USA. 1998. (Note: This model has been retired by EIA.)

[7] Integrated Product Development Capability Maturity Model, Draft Version 0.98. Pittsburgh, PA: Enterprise Process Improvement Collaboration and Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, July 1997. (Note: This model was never officially released and is no longer publicly available.)

[8] SCAMPI Team. Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) Version 1.3a: Method Definition Document for SCAMPI A, B, and C. Handbook, CMMI Institute-2013-HB-001. CMMI Institute. Carnegie Mellon University. Pittsburgh, PA, USA. October, 2013.

[9] Hyde, K., Wilson, D. “Intangible benefits of CMM-based software process improvement“, *Software Process Improvement and Practice*, Vol. 9, Issue 4, pp. 217–228, 2004.

[10] Shih, S.-P., Shaw, R.-S., Fu, T.-Y. and Cheng, C.-P. “A Systematic Study of Change Management During CMMI Implementation: A Modified Activity Theory Perspective“, *Project Management Journal*, Vol. 44, Issue 4, pp. 84–100, 2013.

[11] Casey, V. and Richardson, I. “A practical application of the IDEAL model“, *Software Process: Improvement and Practice*, Vol. 9, Issue 3, pp. 123–132, 2004.

[12] Mc Caffery, F., Taylor, P.S. and Coleman, G. “Adept: A Unified Assessment Method for Small Software Companies“, *IEEE Software*, Vol. 24, No. 1, pp. 24-31, 2007.

[13] ISO/IEC 12207:2008(E), IEEE Std 12207-2008. Systems and software engineering - Software life cycle processes. Second edition, 2008. Geneva, Switzerland.

[14] El Emam, K. and Jung, H-W. “An empirical evaluation of the ISO/IEC 15504 assessment model“, *Journal of Systems and Software*, Vol. 59, Issue 1, pp. 23-41, 2001.

[15] Rout, T. P., Tuffley, A., Cahill, B.D. and Hodgen, B. “The RAPID Assessment of Software Process Capability“, In Proceedings of the 1st International SPICE Conference, SPICE 2000, pp. 47-56. Limerick, Ireland. June 10 - 11, 2000.

[16] Bucci, G., Campanai, M. and Cignoni, G.A. “Rapid Assessment to Solicit Process Improvement in SMEs“, In Proceedings of the EuroSPI2000 - Conference, European Software Process Improvement. Copenhagen, Denmark. November 7-9, 2000.

[17] Pino, F.J., Pardo, C., García, F. and Piattini, M. “Assessment methodology for software process improvement in small organizations“, *Information and Software Technology*, Vol. 52, Issue 10, pp. 1044-1061, 2010.

[18] ISO/IEC/IEEE 15289:2011. Systems and software engineering - Content of life-cycle information products (documentation). First edition, 2011. Geneva, Switzerland.

- [19] Moreno Campos, E.J., Sanchez-Gordón, M-L. and Colomo-Palacios, R. "ISO/IEC 29110: Current overview of the standard", *Revista de Procesos y Métricas*, Vol. 10, No. 2, pp. 24-40, 2013.
- [20] O'Connor, R.V. and Laporte, C.Y. "Towards the provision of assistance for very small entities in deploying software lifecycle standards", in *Proceedings of the 11th International Conference on Product Focused Software*, pp. 4–7, 2010.
- [21] O'Connor, R. V. and Sanders, M. "Lessons from a Pilot Implementation of ISO/IEC 29110 in a Group of Very Small Irish Companies", in *Software Process Improvement and Capability Determination*, vol. 349, pp. 243–246, 2013.
- [22] Ribaud, V., Saliou, P. and Laporte, C.Y. "Experience Management for Very Small Entities: Improving the Copy-Paste Model", In *Proceedings of the Fifth International Conference on Software Engineering Advances*, pp.311-318, 2010.
- [23] Takeuchi, M., Kohtake, N., Shirasaka, S., Koishi, Y. and Shioya, K. "Report on an assessment experience based on ISO/IEC 29110", *Journal of Software: Evolution and Process*, Vol. 26, Issue 3, pp. 306–312, 2014

# PRIMENA ANDROID APLIKACIJE U KONTROLI MERNIH MESTA I OTKRIVANJU NEOVLAŠĆENE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

## APPLICATION ANDROID APPLICATIONS IN CONTROL OF MEASURING SITE AND DISCLOSURE UNAUTHORISED ELECTRICITY

Nenad Bojanić

*PD Elektrovojvodina doo, Bulevar Oslobođenja 100, Novi Sad*

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazana primena Android aplikacije u toku kontrole mernih mesta, sa kratkim osvrtom na događaje koji su usloveli njenu izradu. Aplikacija je deo sistema koji korisnicima na terenu omogućava uvid u bazu podataka za sve potrebne informacije o mernom mestu tj. priključku za električnu energiju, kao i da prikupljene važne podatke proslede u centralnu bazu podataka na daljnju obradu.

**Abstract** - This document presents the use of Android applications in the control of the measuring points, with a brief review of the events that caused its creation. The application is part of a system that allows users to obtain all necessary information from database about the measuring point – point of sale of electricity, and forwarded collected important data to the central database for further processing.

### 1. UVOD

U PD Elektrovojvodina doo, u Ogranku „Elektrodistribucija Novi Sad“, je 2011. godine formiran tzv. „Pilot tim za otkrivanje neovlašćene potrošnje električne energije“, koji je imao zadatak da vrši kontrolu mernih mesta i otkriva neovlašćenu potrošnju električne energije na teritoriji ED Novi Sad. Formiranjem tima je preduzeta još jedna mera koja ima za cilj da se smanje netehnički gubici u distribuciji električne energije. Članove tima čine iskusni monterski parovi. Obezbeđena im je potrebna tehnička i logistička podrška, kao i softversko rešenje o kome je reč u ovom tekstu.

Poslovni informacioni sistem u Elektrovojvodini je projektovan na osnovu postojeće organizacione strukture. Radi se o IT sistemu koji nije potpuno integrisan, jer u vreme nastanka (1995. godine) nije bilo moguće obezbediti komunikacione veze između delova preduzeća sa dovoljno brzim prenosom podataka. Svaki od 7 ogranaka predstavlja poseban podsistem sa svojim serverima i bazama podataka. Ogranci su povezani u jedinstvenu (EVNET) računarsku mrežu. Programski moduli su razvijeni u Oracle-ovim alatima nad Oracle bazom podataka.

Korisnicima je trebalo omogućiti da na jednostavan i brz način, na bilo kom mestu i u bilo koje vreme, dođu do važnih informacija o mernom mestu koje se kontroliše. Prethodna priprema potrebnih podataka, pre odlaska na teren, zahtevala je anagžovanje većeg broja ljudi i jedino bi se mogla obaviti u toku radnog vremena. Ceo postupak bi predugo trajao, pa bi izostao faktor iznenađenja.

### 2. IZBOR MOBILNOG UREĐAJA

Prvi zadatak u realizaciji novog projekta je bio izbor uređaja koji bi se koristio u radu. „Smart“ telefon sa Android operativnim sistemom se u tom trenutku nametnuo kao dobro rešenje. Radi se o moćnom uređaju koji u sebi ima objedinjene korisne funkcije podržane skupim tehnologijama: telefon, navigacija, kamera, snimanje govora, internet i na kraju, mogućnost razvoja korisničkog softvera. Odnos cene uređaja i kvaliteta je već tada (2011.god.) bio veoma povoljan. Multifunkcionalnost, jednostavan i univerzalan korisnički interfejs su obezbedili lagodan rad korisnicima.

### 3. KORISNIČKI ZAHTEVI

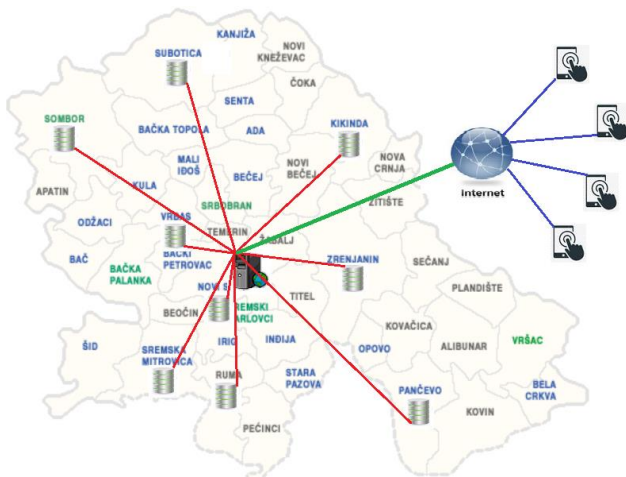
Neki od osnovnih zahteva, koji su na početku definisani, kao što su snimanje, fotografisanje, navigacija i slanje fotografija, su ispunjeni kroz ugrađene funkcije uređaja. Android aplikacija je trebala korisnicima da:

- Omogući pretragu potrošača električne energije po pretplatničkom broju, adresi, fabričkom broju brojila, nazivu potrošača, izvodu iz TS itd.
- Obezbedi osnovne podatke o potrošaču (ime vlasnika, adresa, pretplatnički broj, vlasništvo itd.).
- Obezbedi osnovne podatke o mernom mestu: fabrički broj brojila, tip uređaja, godina proizvodnje, godina baždarenja, odobrena snaga, glavni osigurači itd.
- Obezbedi pregled potrošnje električne energije u proteklom periodu.
- Obezbedi pregled ranijih događaja i aktivnosti koji su se odvijali na mernom mestu.
- Omogući uvid u finansijsko stanje za pretplatnički broj.
- Omogući uvid u račun.
- Omogući očitavanje registara na elektronskim brojlilima sa optičkom sondom.
- Omogući formiranje dokumenta (zapisnika) u momentu kontrole i slanje prikupljenih podataka na server.
- Omogući uvid u osnovne podatke o potrošačima i u slučaju da je server nedostupan.

Da bi se ispunili postavljeni uslovi, pristupilo se izradi sistemskog rešenja koji se sastoji od mobilne aplikacije i WEB modula koji se oslanjao na postojeći informacioni sistem.

Android aplikacija je razvijena u Eclipse IDE. Lokalna, mobilna baza je SQLite. Web aplikacija, aplikacija za

formiranje mobilne SQLite baze i aplikacija za obradu primljenih zapisnika sa terena je urađena u C++ sa direktnim pristupom Oracle serverima.



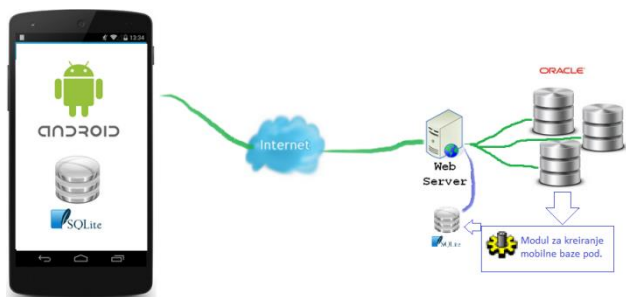
Slika 1. Koncept rešenja

#### 4. WEB-CGI MODUL

Web-CGI modul je razvijan u C++ programom jeziku, sa direktnim pristupom Oracle serverima. Podaci koji su potrebni kontrolorima na terenu se nalaze na 35 servera u različitim aplikacijama. Web modul, na osnovu zahteva koji stiže sa mobilnog uređaja, vrši upit u bazu podataka i formira odgovor u jedinstvenom formatu, tako da korisnik ima utisak da se svi podaci nalaze na jednom centralnom serveru, bez obzira o kojoj kategoriji potrošača se radi.

#### 5. MODUL ZA FORMIRANJE MOBILNE BAZE PODATAKA

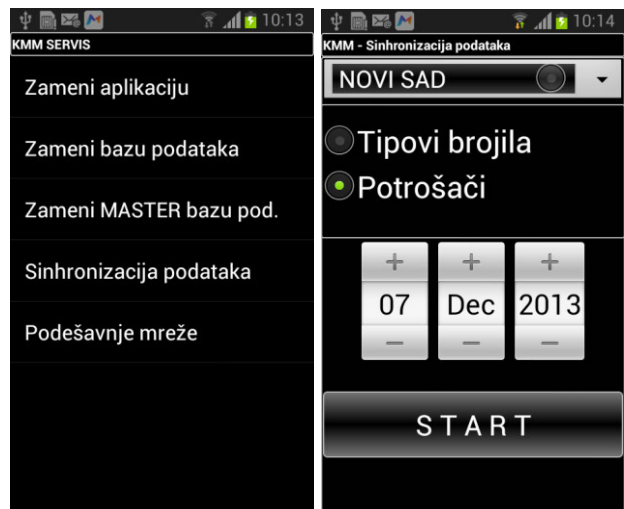
Modul za formiranje mobilne SQLite baze podataka je realizovan u C++. Za svaki ogranak se kreira posebna baza (datoteka) i u ZIP formatu smeštana na Web server, tako da je korisnicima dostupna da je preuzimaju po potrebi. Baza sa podacima od približno 990.000 potrošača zauzima svega 260 MB memorijskog prostora.



Slika 2. Mobilna baza podataka

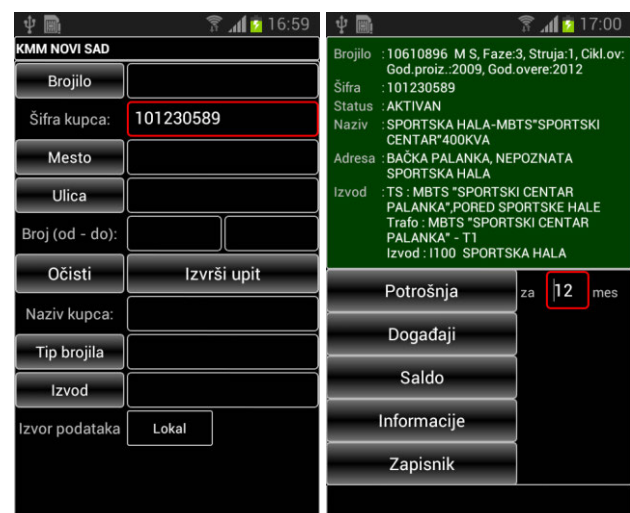
#### 6. REALIZACIJA ANDROID APLIKACIJE

Nakon instalacije programa i njegov prvog pokretanja, na uređaju se kreira lokalna SQLite baza - bez podataka o potrošačima, za svaki ogranak posebno. Postojeća funkcija u programu za sinhronizaciju podataka omogućava da se mobilna baza popuni sa osnovnim podacima o potrošačima. Ovi podaci nisu neophodni za rad, ali u početnoj fazi upotrebe programa, zbog teškoća u internet komunikaciji, bili su veoma korisni.



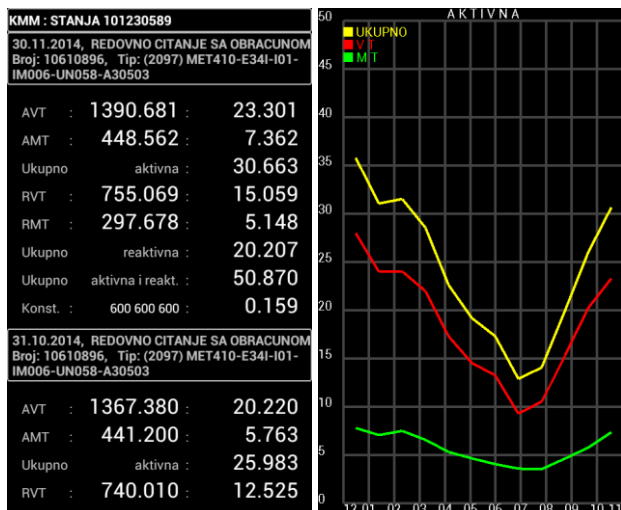
Slika 3. Sinhronizacija podataka

Upit u bazu podataka se može postaviti na osnovu ulaznih parametara sa osnovne forme. U lokalnoj bazi postoje tabele ogranaka, mesta, ulica, tipova brojila i mernih mesta koje pomažu korisniku da lakše postavi uslove pretrage. Upit se može izvršiti u lokalnoj bazi ili direktno, preko web servera, u bazama na serverima. Nakon pokretanja upita i uspešne selekcije podataka, korisniku se prikazuju pronađeni podaci. Na raspolaganju mu je nekoliko direktnih upita u bazu podataka preko web servera.



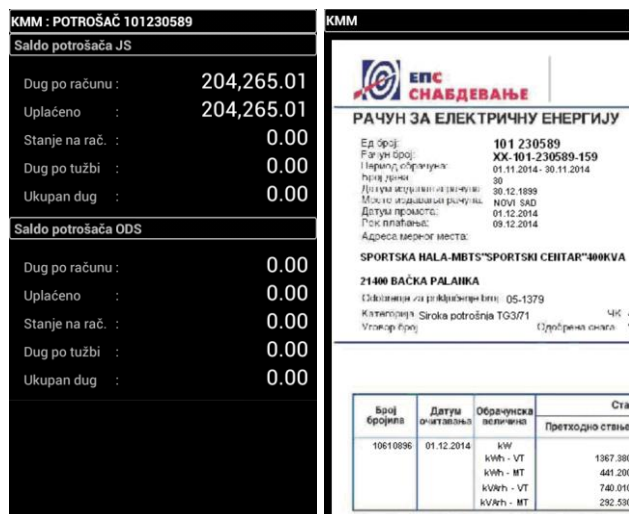
Slika 4. Pretraga i prikaz osnovnih podataka o potrošaču po pretplatničkom broju potrošača

Pregled utrošene električne energije po mesecima u prethodnom periodu se može prikazati i grafički. Na grafikonu potrošnje se lakše uočavaju nepravilnosti koje mogu nastati kao posledica neovlašćene potrošnje. U zavisnosti od vrste potrošača zavisi i izgled prikazanih vrednosti. Za „merne grupe“ se prikazuju potrošnja aktivne energije, reaktivne energije i vrednosti sa maksigrafa.



Slika 5. Pregled i grafički prikaz potrošnje

Kontrola finansijskog stanja i prikaz računa omogućavaju da se izvrši provera duga.



Slika 6. Pregled finansijskog stanja i računa za utrošenu električnu energiju

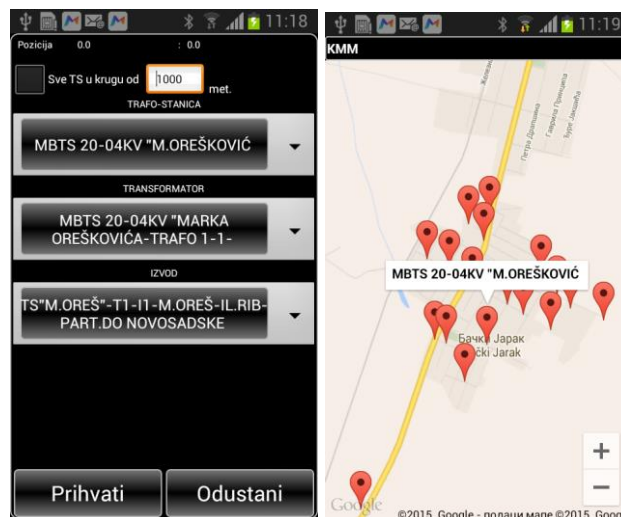
Nakon izvršene kontrole mernog mesta, aplikacija omogućava kreiranje zapisnika u elektronskoj formi u lokalnoj bazi podataka. U zapisnik se automatski preuzimaju koordinate sa GPS uređaja, ukoliko je uključen. Merno mesto se može fotografisati, a fotografija ubaciti u dokument. Nakon unosa svih potrebnih podataka podaci se upisuju u lokalnu bazu. Kontrolor može da formira dokument u elektronskoj formi – PDF, koji se

može elektronskom poštom poslati ovlašćenom licu. Podaci sa dokumenta se odmah mogu preneti u centralnu bazu podataka na analizu i dodatnu obradu. Elektronska pošta ili PDF dokument sadrže referencu na GPS poziciju na kojoj je izvršena kontrola. Preko ove reference se može otvoriti Google mapa sa pogledom na lokaciju na kojoj se nalazi kontrolisano merno mesto. GPS koordinate takođe pomažu za određivanje lokacije za potrošače koji nemaju zasnovan pretplatnički odnos ili im adresni podaci nisu tačni.



Slika 7. Kreiranje zapisnika o neovlašćenju potrošnji

Jedan od načina pretrage potrošača je upit na osnovu šifre trafostanica-transformator-izvod. U bazi podataka je urađeno povezivanje potrošača sa pripadajućim trafostanicama. Ovo povezivanje je omogućilo poređenje isporučenih i izmerenih količina električne energije i utvrđivanje gubitaka.



Slika 8. Trafostanice

Očitavanje podataka iz elektronskih brojlara koji imaju optički port (standard IEC 62056-xx) je moguće raditi preko optičke sonde koja se veže bluetooth vezom za android uređaj ili preko serijske RS232 veze sa modelima

android uređaja, koji podržavaju Host režim rada preko USB porta. Aplikacija trenutno podržava neke od SAGEM i RUDNAP tipova brojila, koji su u upotrebi u Elektrovojvodini. Programom se očitavaju samo osnovne vrednosti sa brojila, na osnovu kojih kontrolor može proceniti da li ima osnova za njegovu demontažu radi detaljnijeg istraživanja.



Slika 9. Očitavanje podataka iz elektronskog brojila



Slika 10. Očitavanje podataka iz RUDNAP brojila preko bluetooth optičke sonde

## 7. ZAKLJUČAK

U dosadašnjem radu se pokazalo da je aplikacija veoma korisna i da je doprinela kvalitetnom obavljanju kontrole mernih mesta. Ulaganje u nabavku smart mobilnih telefona pokazala se potpuno opravdanim. Brzina dobijanja tačnih informacija je bila veoma značajna za uspešno otkrivanje neovlašćene potrošnje električne energije.

Aplikacija se koristi i u drugim Ograncima EV u toku obavljanja standardnih poslova kontrole mernih mesta i izrade priključaka. Može se jednostavno preneti u bilo koje elektrodistributivno preduzeće, bez obzira na bazu podataka na kojoj je postojeći informacioni sistem izgrađen. Jedan od razloga je i taj što su osnovni atributi, koji se odnose na potrošače električne energije i merna mesta, prisutni u svim ED bazama podataka, verovatno sa različitim nazivima i u različitim entitetima. Sva prilagođavanja se mogu uraditi u WEB modulu.

## LITERATURA

- [1] Jesus Castagnetto, Harish Rawat, Sascha Schumann, Chris Scollo, Deepak Veliath : "Professional PHP Programming", Wrox Press Ltd 1999.
- [2] <http://developer.android.com/>
- [3] [http://www.tutorialspoint.com/cplusplus/cpp\\_web\\_programming.htm](http://www.tutorialspoint.com/cplusplus/cpp_web_programming.htm)
- [4] <http://stackoverflow.com/>
- [5] <https://www.sqlite.org/docs.html>
- [6] Internacionalni standardi: IEC 62056-21, IEC 62056-42
- [7] <http://www.tespro.com.cn/en/products.php>



# Traditional vs. distance learning student tests

Milos Ilic\*, Petar Spalevic\*, Sinisa Ilic\*, Mladen Veinovic\*\*, Emir Pecanin\*\*\*

\* University of Pristina/ Faculty of Technical Science, Kosovska Mitrovica, Serbia

\*\* Singidunum University / Faculty of Informatics and Computing, Belgrade, Serbia

\*\*\* State University of Novi Pazar/ Department of Mathematical Sciences, Novi Pazar, Serbia

[milos.ilic@pr.ac.rs](mailto:milos.ilic@pr.ac.rs), [petar.spalevic@pr.ac.rs](mailto:petar.spalevic@pr.ac.rs), [sinisa.ilic@pr.ac.rs](mailto:sinisa.ilic@pr.ac.rs), [mveinovic@singidunum.ac.rs](mailto:mveinovic@singidunum.ac.rs), [epecanin@np.ac.rs](mailto:epecanin@np.ac.rs)

**Abstract**— University practice today propose two learning methods. First method is traditional in which teacher and students are in same room, teacher teach and students learning. The second is distance learning system, in which teachers and students may, but don't have to be in the same room. Not long ago distance learning was considered to be a quaint but irrelevant university responsibility heaving little to do in higher education. Today distance learning has become a very good practice. Distance learning systems are a promising option to deliver education to children who have access to none today. In this paper we compare advantages and disadvantages of traditional student tests and modern student tests. For this purpose we create student tests in form of desktop application and students done tests through application.

## I. INTRODUCTION

In a modern society that is increasingly driven by the exploitation and development of science, technology, and information, there has never been a greater need than there is today for well trained and educated people. Professors all over the world are making efforts to find the best educational methods. All of them have the same goal, to educate as much as possible experts in different fields. Traditional education is well organized and was practiced for decades. This kind of education has provided some of the best scientists the world has ever had. Teaching aids and teaching methods request professors and students presence in the same room. Each faculty has its own building with appropriate number of rooms and classes are scheduled according to the available room. Some faculties maybe do not have enough space for all classes, in that case classes can be organized in another faculty building that have more space. Education process like this provides constant communication between professors and students [1]. That is very good practice because in that way students may learns more. In another way due to the massive demand for education, addressing the education delivery issue using traditional means is likely to continue to face serious difficulties. One of difficulties is the building of traditional brick-and-mortar schools that is costly and slow. Modern technologies, computer science and internet communication opened possibility for a quite different way of education. Education that uses these technologies innovations is named distance learning. Distance learning, although viewed as a „current“ phenomenon, actually has a long history. Correspondence courses or self-study, first introduced in the late 1800s, were considered to be the first generation of distance learning. In their most traditional sense, correspondence courses rely on print materials as the method of instruction and the postal service for communication between

professor and student [2]. Although this method allows geographically dispersed students to participate in educational opportunities, feedback and interaction with the professors is delayed which may disrupt the learning process. Education either traditional or distance learning can be divided into two main parts. First part is learning process and the second part are tests and exams. Each part in traditional and modern learning can be regarded as a separate. For some part we can notice better qualities for example in traditional education than in the distance learning, and in other hand we can notice better qualities in distance learning approach [3]. In this paper we describe application that we create for students testing. We wanted to compare results and student behavior in traditional testing and modern computer based tests.

The paper is organized as fallows. The second part describes created application and tests in it. The third section represents obtained results. The fourth section presents the conclusion, and in the end is list of references.

## II. CREATED APPLICATION

When we planning implementation of student tests we decide to create application with the help of which we will test knowledge of students, and student habits in application based tests [4,5]. We decide to replicate question from traditional paper tests to the application tests. The reason for something like this is simple we want to compare the student score for application based tests and paper tests with same questions. Application is design in C# environment. We create form application with appropriate classes and appropriate forms for each test. Application contains of six forms, of which four forms are tests, one form is log in form and one form represent help. Form diagram is presented on Fig. 1.

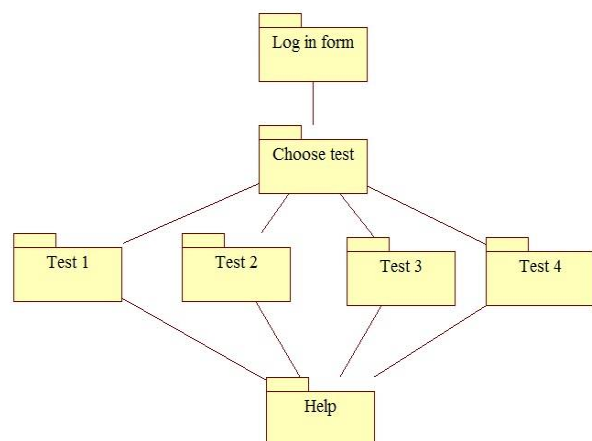


Figure 1. Application form diagram

From this figure we can see application structure. When user starts application login form first opens like is presented on Fig.2. Labels and explanations in application are in Serbian language. We present here original application pictures because application is created for Collage of agriculture and food technology, which students listen lectures on Serbian language. User must enter his/her first name, last name, student id and the password. With login we provide security and each login is recorded. All questions and answers for each logged user will be remembered too.

When a user logs form with tests opens and he can choose between four tests. Test form is presented on Fig. 3. More precisely user can choose between first two tests in first testing round, and between second two tests in second testing round. First and second testing round represent testing in first half of semester and second half of semester respectively. When user chooses one of tests, form with questions for that test opens. For each test we create ten questions and for each question we put multiple offered answers.

The screenshot shows a web browser window titled 'Logovanje'. The main heading is 'Testovi iz informatike'. Below it, a sub-heading reads 'Unesite svoje podatke u nastavku i kliknite na dugme Prijavi se'. There are four input fields with labels: 'Ime studenta', 'Prezime studenta', 'Broj indeksa', and 'Šifra'. A 'Prijavi se' button is located at the bottom right. The background is a photograph of a modern building with a sign that reads 'BROJKA POLJOPRIVRAGNE PREDSMEDIA BRIGIA STAVANJSKI ČITAVCI'.

Figure 2. Login form

The screenshot shows a web browser window titled 'odabir\_testa'. The main heading is 'Odaberite jedan od ponudjena četiri testa'. There are four buttons arranged in a 2x2 grid, labeled 'Test 1', 'Test 2', 'Test 3', and 'Test 4'.

Figure 3. Form for test selection

Some questions may have just one correct answer, and for some questions multiple answers can be correct. We provide that functionality with radio buttons and checkboxes. For questions that have possibility for multiple answers correct answers increases numbers of points, and wrong answers decreasing number of points. Questions that do not have multiple correct answers just increases result if the answer is correct. Maximum score per one test is ten points. That means that each question worth one point. These tests we use to test student knowledge in one course. Each test has two types of questions. First are questions from theory and second are practical questions. If student not know answer for some question we provide quick help. For each question we create help button. When student choose to see help for some question application records for which question help is chosen. After that, help form opens Fig. 4. From the form student can select the lecture that corresponds to the question, and tries to find answer in that lecture. In the case when some lecture is opened in the help form application records title of selected lecture. From these records teacher can see each question and opened lecture for that question. This information is good because in this way teacher know if student knew which question belongs to which lecture or just opened random lectures and tried to find the answer.

All lectures on help form are original lectures that students listen on the classes. Lectures are saved as .pdf and in that format lectures were added to the application resources. Because of the help form with all available lectures, and all available answers we had to limit the time of making the test. The time of drafting the test is limited to the fifteen minutes. After the fifteen minutes application closes. All questions, selected answers and information about student application saves in distributed file on server machine. In that way teacher can see selected answers, chosen help lecture, errors in student answers and conquered number of points for each student. From this moment student can't answered to any question more. When the student complete the test before the time runs out, student may submit the test by clicking on the button *Submit test* and from that moment all work is over.

The screenshot shows a web browser window titled 'Help'. The main heading is 'Herman Hollerith (1860-1929)'. Below it, there is a list of bullet points: '• Računarska mašina sa bušenim karticama', '• SAD popis 1890', and '• International Business Machines Corporation (IBM) - Thomas J. Watson, 1924'. There is a portrait of Herman Hollerith and images of his machines.

Figure 4. Help form

Application returns information about conquered number of point to the student, and record all answers in the distributed file. With recording in a distributed file unauthorized access is prevented, students can't change answers or number of points. Besides unauthorized access recorded activity can provide discussion between students and professors. They can together review all questions and given answers and discus about right or wrong answers. In that way student can explain its answer to the professor or professor can explain to the student way some answer is right or not, and which answer is correct.

### III. EXPERIMENTAL RESULTS

Like we said above we create one form application with four tests and used this application to test students' knowledge [6]. We create installation for this application and install it on computers in laboratory. We decide to test students with modern tests based on this application and with traditional paper tests, because we want to compare results of both approaches. Our research lasted for two semesters. In one semester students are tested through application based tests, and in other students drafting paper test with same or similar questions. In this way we got quite enough material to compare these two approaches.

In these two semesters we work with two hundred and thirty students that are divided into a six modules. In both semesters three modules have lectures from course for which the application was created, and in each semester we had approximately one hundred twenty students. Each module is divided into a group for classes and multiple groups for laboratory exercises. Each group for laboratory exercises had eleven students per group. In both semesters students listens the same lectures, and because of that we can tests all students with same application. In first semester students worked tests through application, and in second semester students worked traditional paper tests. Results were different for both testing methods as we expected. Some students drafting better test for the first half of the course, and some of them drafting better test for the second half of the course.

When both semesters were completed we compered traditional paper tests scores and student scores for tests on application. We decide to divide all tests into fourth groups. In the first group were students tests that have zero to less the five points. These are tests that do not have one half correct answers. Student which test did not had one half correct answers did not passed test. Second group represents tests that have one half correct answers. Score for test like these is five points minimum. In third group were tests that have score in the range from five points to the eight points. The fourth and the last group were tests that had score in the range from eight points to the maximum ten points. In this way we can compare student results in four categories for both testing methods.

We needed to comperere results for each of four tests too, because students could choose between the four tests. Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 and Fig. 8 presents comparison of results for all four tests in paper and application based form respectively. Tests on which students have five, six or eight points are numbered in next group. For example test in which score is equals five was numbered in a group that is named equal five to less than a six points.

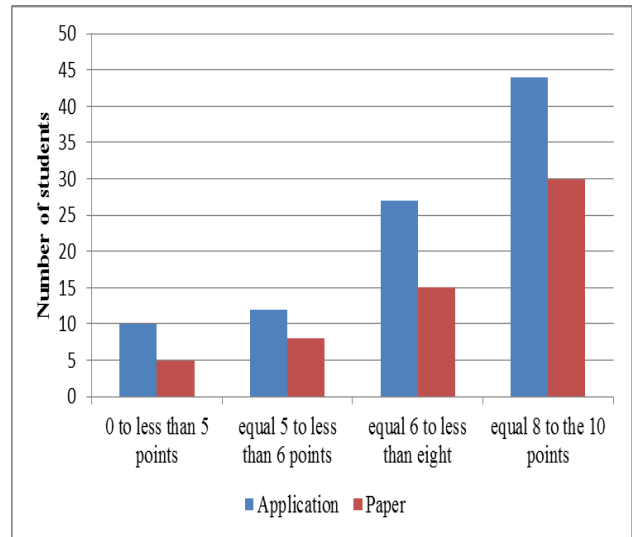


Figure 5. Test one - Results comparison for paper and application based tests

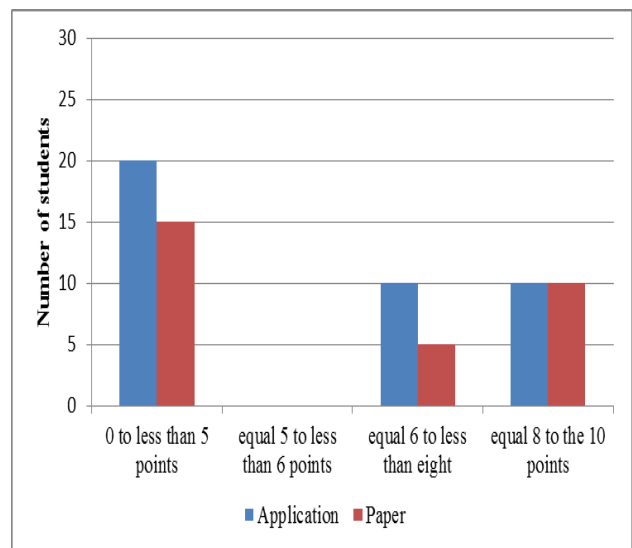


Figure 6. Test two - Results comparison for paper and application based tests

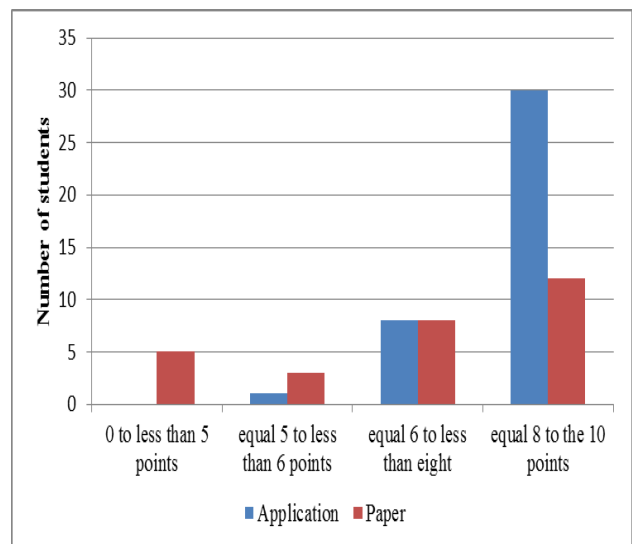


Figure 7. Test three - Results comparison for paper and application based tests

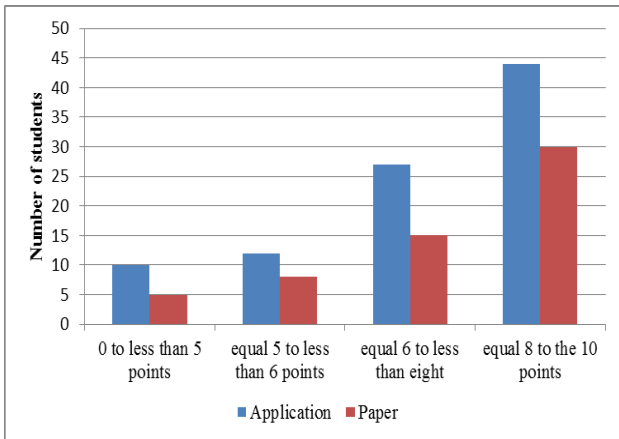


Figure 8. Test four - Results comparison for paper and application based tests

From above presented diagrams we can see that in some cases students have achieved better results on paper tests. In most cases these are just results that are sufficient to pass the test, but the result is not close to the maximum. In other cases students achieved better results and a greater number of points through the application based tests than on the paper tests. From results presented here we can generally conclude that students achieve better results on tests in the form of application. Besides student results in four mentioned groups we observed number of students that used help form in the application based tests. First we numbered students that opened help form, and after that we calculate the ratio of correct and incorrect opened lectures for vaguely question. From total number of students 15.3 % opened help form for some question. All of them opened help one or more times for same or different question. Percentage ratio between correct and incorrect opened lectures is presented on Fig. 9.

Students that opened help form for more than three questions did not complete test with a large number of points. Those students that opened random lectures and reading in hope to find answer in most cases did not even passed the test. This was because of time restriction, and students that then reading lectures for the first time did not have time to find all answers and fill entire test. Some of them did not answered on question for which they know answers because they have lost a lot of time for question for which they did not know the answers. In the end of testing and in the end of semester we discussed with students about both testing methods.

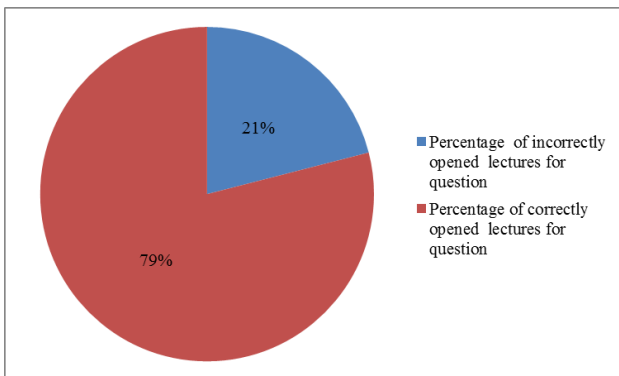


Figure 9. Ration between correctly and incorrectly opened lectures

In that conversation they said that tests through the application they were working under less pressure. That was because that is new experience, they could change selected answer many times, and they did not understand the test as a test but as some kind of game. Some of them said that benefit was help inside of application. They explained that they knew in which lecture is explanation for which question, but in that moment they could not remembered the answer and because of that opened help. When we summarize all results for paper and application based tests we can conclude that both methods have their advantages and disadvantages, but application testing is more elegant and simpler, easier to accept, and students perform better results.

IV. CONCLUSIONS

Traditional or modern education processes have the same goal, to educate new scientists and new professional staff. In these processes different methods and methodologies can be used. Some of them are the same for both principles and some of them are specific for traditional or modern distance learning education. In both we must tests student knowledge. Testing principles are different for traditional and distance learning approaches, and because of that professors must use new computer based techniques. With our research we described two most common testing methods. One is tradition paper tests, and the other is modern application based tests. Advantages and disadvantages are present for both methods. For application tests drafting time must be limited is professor is not present in the same room with students. The idea for future research is to create web application for same tests. In this way students can draft tests from home. Here the key problem can be time for test drafting. We must provide quite enough time if student knows all the answers. In other hand if students have too much time they can uses some prohibited means, or some other can fill test instead of them. In that case all students must work test in the same agreed time. All of them must login with unique data.

ACKNOWLEDGMENT

This paper is result of collaboration with the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia within the projects TR 35026 and TR 32054.

REFERENCES

- [1] J. Lai, et al, "Distance Learning Technologies for Basic Education in Disadvantaged Areas", The 8th Global Chinese Conference on Computers in Education, pp. 1-8, 2004.
- [2] J. Burgess and J. Russel, "The effectiveness of distance learning initiatives in organizations", Journal of Vocational Behavior, Vol. 63, Issue 2, pp. 289-303, 2003.
- [3] H. Perraton, *Theory, evidence and practice in open and distance learning*, BIS-Verlag, Oldenburg, 2012.
- [4] G. Sherron and J. Boettcher, *Distance Learning: The Shift to Interactivity*, CAUSE Professional Paper Series, USA, Num. 17, 1997.
- [5] M. Kennedy, C. Thomas, S. Aronin, J. Newton and J. Lloyd, "Improving teacher candidate knowledge using content acquisition podcasts", Computer & Education, Vol. 70, pp. 116-127, 2014.
- [6] J. Protic, D. Bojic and I. Tartalja, "test: tools for evaluation of students' tests-a development experience", Frontiers in Education Conference, Vol. 2, 2001.

# RAZVOJ SOFTVERA ZA SCADA NADZOR MREŽE KORIŠĆENJEM SNMP-a

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SCADA SYSTEM NETWORK MONITORING USING SNMP

Biljana Antić dipl.inž.<sup>1</sup>, Nikola Jevtović dipl.inž.<sup>2</sup>

*Institut Mihajlo Pupin, Automatika*

**Sadržaj** - U ovom radu opisan je razvoj softvera i način realizacije sistema za nadzor mreže, korišćenjem SNMP-a (eng. Simple Network Management Protocol) standarda za nadzor i jednostavno upravljanje mrežom. Sistem je razvijan na osnovu korisničkih zahteva pri projektovanju i realizaciji distribuiranog sistema automatskog upravljanja u hidroelektrani (HE)Piroć, sa ciljem da se integriše sa centralnom komponentom distribuiranog sistema - VIEW6000 SCADA serverom.

**Abstract** – This paper describes software development and implementation of the system for network management using SNMP (Simple Network Management Protocol) for monitoring and basic administration of process network. System development was based on end-user requirements during the phase of making project documentation and later realization of distributed system for automatic control in the hydro-powerplant (HPP) Piroć, with a goal to be integrated into the central component of that system – VIEW600 SCADA server.

### 1. UVOD

U ovom radu opisan je razvoj softvera i način realizacije sistema za nadzor mreže.

U drugom poglavlju, date su osnovne karakteristike SNMP protokola.

U trećem poglavlju navedeni su parametri mrežnih uređaja koji su od većeg značaja za kontrolu rada mreže, a koji se mogu kontrolisati SNMP protokolom.

U četvrtom i petom poglavlju opisane su osnovne karakteristike SCADA-HMI sistema, i mogućnost nadgledanja sistemskih resursa računara korišćenjem SNMP protokola.

U šestom poglavlju objašnjen je način realizacije softvera za nadzor mreže, a u sedmom poglavlju postupak konfigurisanja upravljačkog sistema.

Na kraju je izložen primer realizacije sistema za nadzor mreže u hidroelektrani HE Piroć.

### 2. OSNOVNA OBELEŽJA SNMP-A

SNMP (eng. Simple Network Management Protocol) je standard za nadzor i jednostavno upravljanje mrežom koji mrežnom administratoru omogućuje nadgledanje performansi i pronalaženje i rešavanje mrežnih problema.

SNMP je dizajniran kao protokol aplikacijskog sloja OSI modela. Na transportnom sloju SNMP koristi transportnu uslugu protokola UDP (eng. User Datagram Protocol). UDP višim slojevima protokola pruža uslugu transporta informacija bez uspostavljanja konekcije (eng. connectionless).

SNMP koristi distribuiranu strukturu koja sadrži:

- Višestruke upravljane čvorove, svaki sa SNMP entitetom koji se naziva agent i koji omogućava udaljeni pristup opremi za upravljanje.
- Bar jedan SNMP upravljački entitet koji kontroliše upravljačke aplikacije za nadzor i kontrolu upravljanih elemenata.
- Upravljeni elementi su uređaji kao što su server računari, ruteri i habovi, koji se nadziru i kontrolišu pristupom njihovim upravljačkim informacijama.

Upravljački protokol, SNMP, koristi se za prenos upravljačkih informacija između upravljačkih stanica i agenata na upravljanim stanicama. Upravljačke informacije se odnose na skup upravljanih objekata koji se nalaze u virtuelnoj oblasti koja se naziva MIB baza (eng. Management Information Base).

### 3. MREŽNI UREĐAJI

Mrežni uređaji sa podrškom za SNMP su članovi mreže koja sadrži SNMP agente. Ovi uređaji kreiraju bazu podataka koja sadrži informacije o njihovom radu. Podaci iz ove mreže su dostupni sistemu za upravljanje mrežom tzv. NMS (eng. Network Management Station) putem SNMP-a. Uloga SNMP agenta je da podatke pročitane iz baze mrežnog uređaja prevede u oblik definisan SNMP standardom.

Rad uređaja povezanih pomoću mrežne opreme u velikoj meri zavisi od performansi mrežnog saobraćaja. Zbog toga je bitno da analiza kvaliteta

uključiti parametre koji se obično primenjuju u analizi mrežnog sistema u poslovima administracije mreže.

Pošto su mrežni servisi izvršavaju preko TCP/IP portova, monitoring određenih servisa se vrši snimanjem aktivnosti mrežnog saobraćaja, upravo, po definisanim portovima.

Na mrežnim uređajima koji podržavaju SNMP, nadgledaju se sledeći parametri koji bi mogli da ukažu na potencijalne probleme sa LAN linkovima:

- Status interfejsa rutera (IfOperStatus -up/down)
- Broj okteta na interfejsima (ifInOctets/ifOutOctets)
- Procena trenutnog opsega interfejsa u bitovima u sekundi (ifSpeed)
- Koliko je vremena prošlo od kada je uređaj uključen (sysUpTimeInstance)

Na osnovu vrednosti parametara ifInOctets, ifOutOctets i ifSpeed izračunava se opterećenost mrežnog interfejsa.

#### 4. SCADA SERVERI

Centralnu i najvažniju komponentu sistema VIEW6000 SCADA sistema predstavlja VIEW6000 Server. VIEW6000 Server prikuplja procesne podatke iz pogona 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 VIEW6000 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.

Lokalni SCADA serveri su na LINUX platformi tako da se nadzor sistemskih resursa ovih računara može vršiti pomoću SNMP agenata.

MIB baza za umreženi računar može da sadrži informacije o konfiguraciji i performansama mrežnog adaptera, veličini slobodnog prostora na disku, verziji drajver programa, aplikacija itd.

Dodatne MIB baze mogu da se upišu ili učitaju radi pristupa specifičnim podacima, sve dok sistem podržava sakupljanje traženih informacija.

Sistemske resursi koji mogu da uzrokuju ili indikuju probleme u radu SCADA sistema su:

- Popunjenost hard diskova – USED DISKSPACE
- Angažovanost RAM memorije – MEMUSE
- Opterećenje procesora – CPUUSAGE
- Koliko je vremena prošlo od kada je server uključen (sysUpTimeInstance)

#### 5. VIEW6000 – HMI PODSISTEM

VIEW6000–HMI podsistem namenjen je za interakciju čovek–računar i predstavlja deo VIEW6000 SCADA sistema. Pomoću odgovarajućih uređaja (monitor, miš, tastatura, radna i inženjerska stanica) omogućava neposredno komuniciranje sa ostalim podsistemima VIEW6000 sistema. Ovaj podsistem realizuje prezentaciono–dijaloške funkcije za krajnjeg korisnika koje podrazumevaju:

- Prikaz željenog skupa informacija
- Modifikaciju određenog skupa podataka
- Izdavanje upravljačkih naloga.

Dinamički prikazi u VIEW6000 SCADA HMI sistemu predstavljaju grafičku prezentaciju odgovarajućeg dela sistema nad kojim se vrši nadzor i upravljanje. Oni ilustruju dešavanja na sistemu koji se prati i sastoje se iz statičkih i dinamičkih elemenata.

Na dinamičkim prikazima se nalaze delovi postrojenja u vidu šema čiji su pojedini delovi "živi" (prekidači, ventili, nivoi tečnosti itd.). Ti delovi prate proces i prilagođavaju svoje stanje onome što se dešava u njemu.

#### 6. SOFTVER ZA NADZOR MREŽE

VIEW6000 SCADA serveri rade u dualnoj konfiguraciji, tako što je jedan server aktivan, a drugi pasivan i čeka da u slučaju ispada aktivnog servera preuzme kontrolu. Na aktivnom serveru pokreću se različiti procesi koji omogućuju nadzor sistema i izdavanje komandi. Za nadzor mreže koristi se trenutno aktivni SCADA server, koji ima ulogu NMS-a. Pasivni server preuzima monitoring mreže samo u slučaju ispada aktivnog servera.

Nadgledajući server nadgleda i sopstvene sistemske resurse, kao i sistemske resurse drugih računarskih komponenti u sistemu.

Softver je realizovan kao klijent-server mehanizam koji se uspostavlja između SCADA servera i kontrolisanih uređaja. Na SCADA serveru se podižu komunikacioni procesi koji uspostavljaju vezu sa mrežnim uređajima i računarima čije se monitoring zahteva. Oni imaju ulogu SNMP softvera za nadzor. U pravilnim ciklusima obrađuju se agentima od kojih očekuju odgovor.

Nakon instalacije i konfigurisanja net-snmp paketa, na strani servera podešavaju se IP adrese mrežnih uređaja i računara koji se nadziru.

Na kontrolisanim računarima i ostalim mrežnim uređajima podižu se SNMP agenti koji čekaju zahteve od softvera za nadzor, prikupljaju i obrađuju potrebne informacije i vraćaju ih pošiljaocu.

VIEW6000 SCADA HMI je iskorišćen za grafičku prezentaciju mrežnih uređaja koji se monitorišu.

### 7. KONFIGURISANJE UPRAVLJAČKOG SISTEMA

UNES je softverski paket namenjen za konfigurisanje integralnog sistema daljinskog upravljanja i nadzora. Realizovan je kao Qt aplikacija, koja se može izvršavati na Linux ili Windows platformi. Osnovu UNES-a čini aktivna, relaciona baza podataka, pri čemu se koristi MySQL.

Osnovna tabela u bazi je tabela svih veličina u sistemu, a ostali podaci se mogu podeliti u sledeće kategorije:

- tabele tipova uređaja, funkcionalnih blokova, RTU modula, senzora...(biblioteke)
- tabele koje se odnose na modelovanje postrojenja (objekti, uređaji)
- tabele koje se odnose na kontrolnu logiku (funkcionalni blokovi)
- tabele koje sadrže podatke za konfiguraciju spoljnih stanica (RTU)

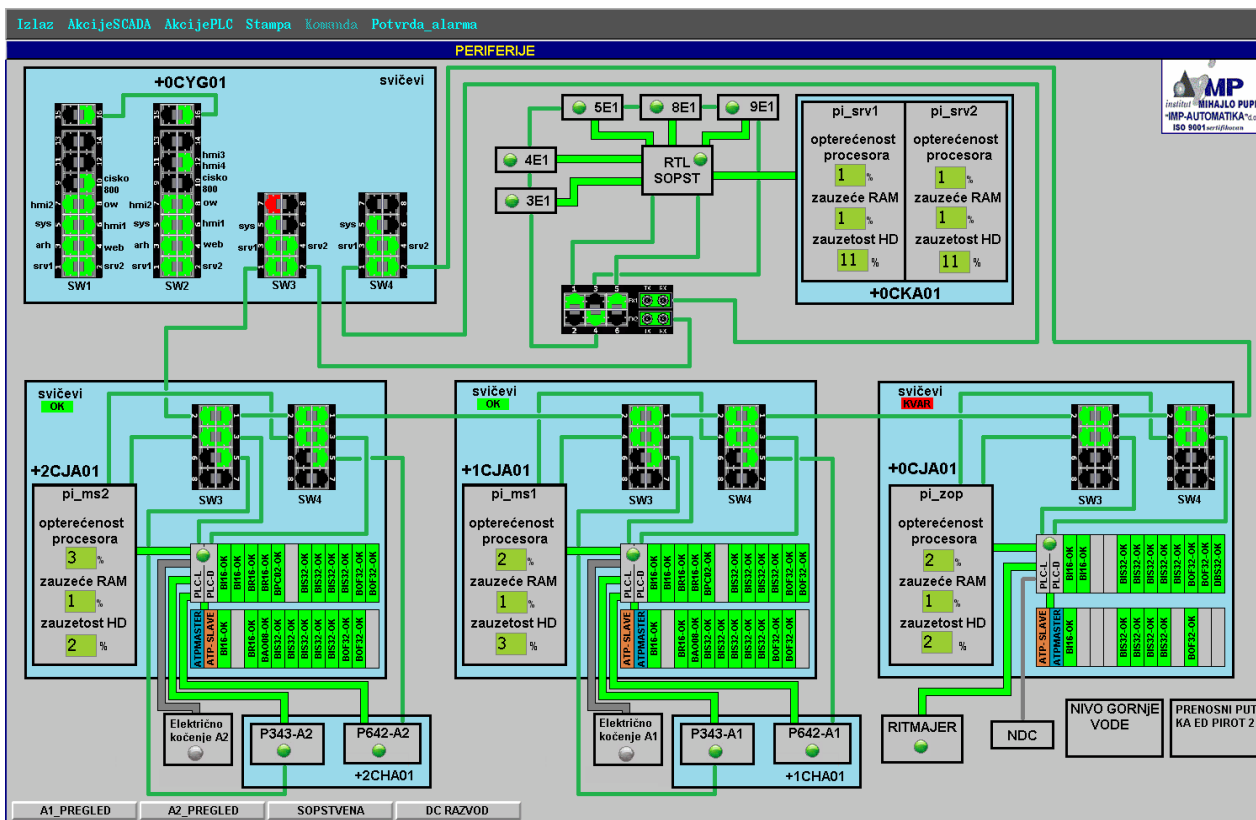
Mrežni uređaji se dodaju u bazu kao novi objekti. Svakom objektu se pridružuje skup veličina koje će se kontrolisati.

Statusi serijskih interfejsa rutera uvode se u bazu kao procesirane digitalne veličine, a opterećenja kao procesirane analogne veličine.

Opterećenje procesora, angažovanost RAM memorije, vreme rada, odnosno vreme koje je proteklo od kada je je uređaj uključen, kao i procenat zauzeća diska u trenutku merenja uvode se u bazu kao procesirane analogne veličine.

### 8. NAČIN REALIZACIJE UPRAVLJAČKOG SISTEMA ZA NADZOR MREŽE U HE PIROT

Na dinamičkom prikazu, switch-evi se prikazuju kao statički elementi, a njihovi interfejsi i statusi veza između njih kao dinamički. Pored svakog interfejsa koji je povezan sa nekim uređajem označava se ime priključenog uređaja.



Slika 1 Realizacija dinamičkog prikaza topologija na HMI u HE Pirot

Opterećenja serijskih interfejsa rutera, opterećenje procesora, iskorišćenje RAM memorije i vreme rada, prikazuju se numerički.

SCADA server koji ima ulogu NMS-a ispituje status interfejsa (portova) switch-eva, odnosno da li je podignut link na određenom portu. Na dinamičkom

prikazu, port se boji sivom bojom ako je neaktivan tj ako nije podignut. Zelenom bojom se boji ako podignut, a u prikazanoj, strogo definisanoj, statičkoj, mreži je već predviđeno da on bude podignut. Ako je podignut link na portu koji je projektom predviđen da bude slobodan, taj port se boji u crveno, kao

signalizacija alarmnog stanja da je nepoznati uređaj povezan na procesnu mrežu.

Ako je reč o vezi između dva switch-a, onda oba switch-a moraju imati, na portovima preko kojih su povezani, podignute odgovarajuće linkove, da bi veza između njih bila uspostavljena. U tom slučaju veza između njih se boji zelenom bojom. Ako su oba linka oborena ne postoji veza između njih i veza se boji crvenom bojom.

Ako SCADA server, kao NMS, ne vidi neki aktivni mrežni uređaj (switch), znači da je najverovatnije taj switch neispravan i/ili ugašen: na slici se prikazuje da su mu svi portovi neinicijalizovani (vrednosti su nevalidne jer NMS nije u komunikaciji sa navedenim uređajem). Veza, uplink, između ispravnog i neispravnog switch-a se tada boji crvenom bojom jer taj link zaista i ne funkcioniše.

Specijalan slučaj nastaje zbog potreba neprekidnog funkcionisanja samog proizvodnog pogona kada je potrebno fizički premostiti neispravan mrežni uređaj i tada se na slici može uočiti naizgled jedna nelogičnost: prikazan je npr switch sa nevalidnim statusima portova, što znači da je neispravan ili ugašen, a veza između njega i susednog, ispravnog sviča je zelene boje. U tom slučaju, mrežni ili sistem administrator je izvršio modifikaciju implementirane mreže na taj način što je premostio neispravan switch, a što se ne može na slici u tom trenutku videti.

Za vezu od switch-a ka terminalnom uređaju (RTL-u, zaštitama, SCADA serveru), potrebno je da je na datom switch-u podignut link. Kad je u pitanju promena prenosnog medijuma, tj. kada bakarna žica izlazi iz switch-a pa preko media konvertora (MC) optikom dolazi do zaštite, onda se ne zna da li postoji link od MC-a do same zaštite, već samo od switch-a do MC-a. Tumačenje ovog slučaja je stvar implementacije.

Na sl.1, prikazan je primer realizacije sistema za nadzor statusa serijskih interfejsa switch-eva u hidroelektrani "Pirot". Svi switch-evi su međusobno povezani na šta ukazuje zelena linija između switch-eva. Sivi portovi su neaktivni. Zeleni portovi su aktivni

jer se zna koji uređaji i switch-evi su povezani preko njih. Crveni portovi su aktivni ali se ne zna šta je na njima tj. neko je povezo nov, nepoznat uređaj u sistem. U +0CJA01, switch-evi su generisali digitalni (električni) signal da imaju neki kvar (npr gubitak redundantnog napajanja, pa svetli KVAR).

Na slici 1. je takođe dat i tabelarni prikaz procentualne zauzetosti sistemskih resursa na SCADA serverima i HMI radnim stanicama.

## 9. ZAKLJUČAK

Korišćenje SNMP standarda omogućava uključivanje informacija o stanju mreže i mrežne opreme u standardan HMI prikaz, arhiviranje tih podataka kao svih ostalih procesnih parametara. Resursi potrebni za nesmetenu mrežnu komunikaciju između elemenata savremenih distribuiranih upravljačkih sistema jesu i sve više će biti od suštinske važnosti za pouzdan rad bilo kog automatizovanog sistema. Svi noviji DCS-ovi postaju sve veći, složeniji i sve više se oslanjaju na mrežnu opremu, samim tim pouzdan monitoring stanja mrežne opreme će sve više dobijati na značaju. SNMP je jedan od praktičnih i prilagodljivih načina za ostvarivanje tog monitoringa.

## LITERATURA

- [1] SNMP TUTORIAL – <http://www.manageengine.com/network-monitoring/what-is-snmp.html>
- [2] Internetworking Technology Handbook - [http://docwiki.cisco.com/wiki/internetworking\\_technology\\_handbook](http://docwiki.cisco.com/wiki/internetworking_technology_handbook)
- [3] NET-SNMP - <http://www.net-snmp.org/>
- [4] Install and configure SNMP on RHEL or CENTOS - <http://www.it-slav.net/blogs/2008/11/11/install-and-configure-snmp-on-rhel-or-centos/>
- [5] Sarmed Rahman „How to monitor Linux servers with SNMP and Cacti“ <http://xmodulo.com/monitor-linux-servers-snmp-cacti.html>



# BEZBEDNOSNA ARHITEKTURA PO SABSA MODELU IMPLEMENTIRANA IZ IKT SEKTORA ORGANIZACIJE

## IMPLEMENTATION OF SABSA MODEL FOR SECURITY ARCHITECTURE IN AN ENTERPRISE STARTING FROM ICT SECTOR

Neda Jerković  
*Narodna banka Srbije*

**Sadržaj** – Predmet rada je analiza implementacije arhitekture bezbednosti u finansijskoj instituciji, ali tako što će se prvo implementirati u jedan njen deo (Sektor za informacione tehnologije) prema SABSA metodologiji. SABSA je model koji podrazumeva pristup baziran na proceni rizika procesa u celoj organizaciji, odnosno takozvani „Business-driven approach“, i poznat je upravo kao „enterprise“ metod - ovde je istražena mogućnost da se sa implementacijom arhitekture započne u IKT sektoru. procenjujući rizik sa IKT stanovišta. To se radi koristeći znanja o rizicima poslovanja do koga se stiže procenom kritičnosti pojedinih aplikativnih i infrastrukturnih rešenja koja podržavaju poslovna rešenja. Rad pokazuje da je moguće da se to uradi, te da predstavlja dobru osnovu za buduću arhitekturu poslovanja celog preduzeća, i poslove vezane za upravljanje rizikom na nivou organizacije u celini.

**Abstract** - The paper analyzes implementation of the security architecture in a financial institution, in a way that it would be implemented in one particular department first (Department of Information and Communication Technology) using SABSA approach - based on the risk assessment process throughout the organization - so-called "business-driven approach". It is also known as "enterprise" method - here exploring the possibility that the architecture implementation begins in the ICT sector, by assessing risk from ICT perspective. Best way is using knowledge of business risks which can be reached by criticality assessment of individual application and infrastructure solutions that support business solutions. The paper shows that it is possible to do, and that sets a good foundation for the future architecture of the entire business enterprise, and activities related to risk management at the level of the organization as a whole..

### 1. UVOD

Termin Arhitektura preduzeća ili organizacije (eng. Enterprise Architecture – EA) nastao je krajem osamdesetih godina prošlog veka, i to prvo kao sistem za modeliranje IKT funkcija, a zatim i celog preduzeća. Osnovni problemi koje je trebao da reši sistemski pristup arhitekturi, bili su sve veća složenost IKT struktura sa jedne strane, i nemogućnost da se IKT funkcijama na odgovarajući način pokriju poslovne funkcije. Arhitektura preduzeća gradi se na preseku poslovne strategije, operativne efikasnosti i tehnološke optimizacije.

U novije vreme sistemi za obradu podataka su postali složeniji, a potreba za deljenjem informacija i njihovom dostupnošću mobilnom korisniku sve veća, pa danas zapravo govorimo o informaciono-komunikacionim tehnologijama (IKT). Arhitektura preduzeća se dokumentuje i analizira upravo u IKT sektoru preduzeća (organizacije), jer IKT svoju svrhu ima upravo u podršci poslovnoj funkciji i nikako drugačije. Ovo je nešto što se u praksi često izgubi iz vida i zato je postavka arhitekture bitan princip koji usmerava akcije IKT u organizaciji i determiniše strategiju razvoja i rada IKT sektora.

**Arhitektura bezbednosti** informaciono komunikacionih sistema može da se definiše kao detaljan opis svih aspekata sistema i/ili opreme koji se odnose na bezbednost, a zatim i skup principa i smernica za dizajniranje sistema i/ili opreme, jednako kao i izbor i implementaciju bezbednosnih mera, vodeći pritom računa da je osnovni cilj omogućavanje obavljanja poslovne funkcije, odnosno dostizanje poslovnih ciljeva.

Arhitektura bezbednosti predstavlja skup pravila i postupaka u dizajnu i nadgledanju takvog poslovnog informacionog sistema koji će biti raspoloživ, zaštićen od napada i oštećenja, zaštićen od pretnji i redovno održavan, sa minimalnim verovatnoćama otkaza, sa visokim stepenom poverenja i rentabilan, i koji će uvažavati potencijalna ograničenja okruženja, resursa, veština zaposlenih i tehnologija. Sva pravila i procedure koji se primenjuju u postizanju ovog cilja, od faze projektovanja do uspostavljanja mera zaštite su deo **metodologije**.

**Metodološki pristup** se ovde sam nameće kao veoma važan, jer je bitno da se slojevitost IKT arhitekture i raznovrsnost tehnologija integriše pod optimalne mehanizme zaštite. Pritom, glavni benefit je upravo u holističkom pristupu, nasuprot pukom primenjivanju pojedinačnih bezbednosnih rešenja prema izolovanim taktičkim ciljevima.

### 2. METODOLOŠKI PRISTUP - SABSA

Ukoliko bismo posmatrali idealan slučaj, cilj je da se koncept bezbednosti koliko god je to moguće ugrađuje u inicijalni dizajn sistema i podsistema, a ne da se implementira naknadnom nadogradnjom. Ovakav pristup pruža mogućnost jednostavnijeg prihvatanja novih tehnologija, kao i prelaska na nove platforme i nove poslovne modele. Takođe, ovakva izgradnja arhitekture

omogućuje da se analiza troškova odradi tačno i pravovremeno.

Teoretski, izgradnja arhitekture organizacije sadrži u sebi i postavljanje IKT arhitekture, i bezbednosne arhitekture kao njenog sastavnog dela.

Međutim, u praksi, stvari su malo drugačije. Srećemo se sa organizacijama koje već imaju postavljene poslovne modele, gde se informaciono-komunikacione tehnologije posmatraju kao servis koji se prilagođava poslovnim modelima, najčešće na dnevnoj bazi i po ne uvek dobro definisanim pravilima, a bezbednosna arhitektura postoji samo u tragovima, i to kroz (najčešće u vidu tehnoloških rešenja) bezbednosne mere koje se implementiraju na opšta mesta ili nakon što se nešto dogodi.

Već i samo uočavanje ovog jaz sugeriše da je prvi korak izrada neke vrste „gap“ analize, koja će nam pružiti informaciju o tome gde smo i gde želimo da budemo. Jedan pogled na „željeno stanje“ ponuđen je kroz standardizovanu SABSBA metodologiju, pri tom ne zanemarujući činjenicu da se u većini slučajeva arhitekta bezbednosti susreće sa nekim zatečenim stanjem, nego sa određenim rukama i neograničenim budžetom. Međutim to nije prepreka da se postojeća IKT arhitektura dobro objasni, što predstavlja preduslov nadgradnji u vidu arhitekture zaštite.

Osnovni koncepti arhitekture zaštite su: prstenovi zaštite, slojevitost, apstrakcija i bezbednosni domeni. Prstenovi zaštite definišu se po restriktivnosti zaštite od centralnog (kernel OS) prema aplikativnom sloju (OS - OS Utilities - FS Drivers - Clients, processors...). Arhitektura treba da bude i slojevita, pri čemu svaki sloj predstavlja različitu perspektivu zaštite i angažuje različite uloge, a gornji sloj usmerava i upravlja donjim slojem zaštite. Apstrakcija je koncept pogleda koji krajnji korisnik ima, ne znajući za mehanizme koji se pokreću da bi se servis isporučio, dok su domeni zaštite definisani npr. zajedničkim bezbednosnim rizikom, pravima pristupa i slično.

U ovom radu obrađuje se koncept slojevitosti arhitekture bezbednosti IS, i na koji način se takva slojevitost može primeniti u analizi stanja i implementaciji bezbednosnog okvira u velikim organizacijama. Iako su sve bezbednosne arhitekture po svojoj prirodi slojevite (tretiraju bezbednost u kontekstu slojeva mreže, aplikacija, korisnika, platforme i uređaja i rezultuju strategijom „odbrane po dubini“), upravo SABSBA metodologija je izabrana iz nekoliko razloga [1]:

- Radi se o metodologiji koja se naslanja na posmatranje IKT bezbednosti kao sredstva u postizanju smanjenja rizika i obezbeđenja kontinuiteta poslovanja
- SABSBA je oslonjena na poslovne potrebe i procenjeni rizik, što je za finansijske institucije i velike organizacije bolji pristup
- Metodologija je skalabilna i može da se primeni kako na ceo sistem, tako i na delove i podsisteme

unutar organizacije, ukoliko su specifične po funkciji, riziku i/ili tehnologiji

- SABSBA je otvoreni standard i nema troškove sertifikacije
- Nema posebna ograničenja za pojedine oblasti industrije i usluga, svuda je jednako primenjiva (budući da opisivanjem sistema dolazimo do jedinstvenog modela, upravo za tu organizaciju)
- Lako se uklapa sa standardima bezbednosti ISO27000, kao i upravljanjem servisima i procesima (ITIL, COBIT)
- Kontinuirano se održava i razvija i publikuju se najnovije verzije

Kontekst bezbednosti informacija uvek se posmatra zajedno sa upravljanjem poslovnim rizikom, jer na njega direktno utiče. Zato analiza i upravljanje bezbednošću informacija ne može da egzistira samo za sebe. Uticaj bezbednosti na rizik iskazuje se kroz kategorije koje su zapravo poznate iz definicije bezbednosti, a to su očuvanje poverljivosti, integriteta i dostupnosti informacija. Očuvanje poverljivosti znači da je način pristupa poverljivim informacijama obezbeđen samo ovlašćenim osobama, integritet predstavlja obezbeđenje da informacija nije izmenjena, a dostupnost podrazumeva da informacije uvek budu dostupne kad je to potrebno.

Rizik se procenjuje na osnovu uticaja koji gubici poverljivosti, integriteta i dostupnosti mogu imati na imovinu i poslovanje organizacije. Štaviše, ukoliko organizaciji nedostaju jasne politike bezbednosti i poslovni zahtevi koji iniciraju implementaciju određenih mera, rešenje problema treba tražiti u boljem upravljanju rizicima, a ne u bezbednosnoj arhitekturi.

Izazovi koje pred organizaciju postavlja implementacija bezbednosne arhitekture su u prepoznavanju specifičnih potreba i rizika organizacije, nasuprot uniformnoj primeni predefinisane bezbednosne matrice. Problem koji nastaje ukoliko se ne uvažavaju specifičnosti organizacije pri poslovnoj analizi, a zatim i primeni bezbednosnih mera, vode do toga da se funkcija bezbednosti ne tretira sa dovoljno uvažavanja, a ponekad čak doživljava i kao balast.

### 3. SLOJEVI BEZBEDNOSNE ARHITEKTURE

Model koji se navodi, SABSBA model, upravo je izabran zbog svoje kako sveobuhvatnosti, tako i praktičnosti i fleksibilnosti, jer pomaže da se uoče specifičnosti i pojedini aspekti poslovne analize i bezbednosnih instrumenata. Analiza se bazira na pitanjima na koja treba odgovoriti pre početka dizajniranja rešenja. To su pitanja koja pomažu da se preciznije odabere rešenje i izbegnu skupe greške i nezadovoljstvo korisnika.

Jedan pogled na arhitekturu bezbednog okruženja koje može biti upotrebljeno za razvoj poslovnih rešenja za bilo

koji nivo detaljnosti i kompleksnosti sistema dat je na Slici 1.



Slika 1. Slojevita arhitektura bezbednog okruženja

Model ima slojevitou strukturu kao što je prikazano na Slici 1. Svaki sloj sadrži odgovarajuća pitanja definisana iz različitih gledišta.

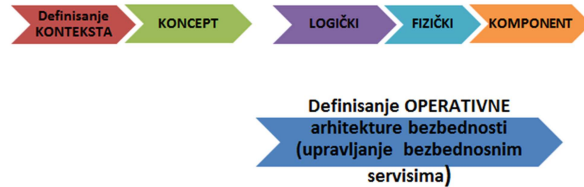
1. Kontekstualna arhitektura – pogled s nivoa poslovanja
2. Koncept arhitekture zaštite – pogled arhitekta sistema zaštite
3. Logička arhitektura zaštite – pogled projektanta sistema zaštite
4. Fizička arhitektura zaštite – pogled programera/administratora sistema zaštite
5. Komponente arhitekture zaštite – pogled snabdevača
6. Operativna arhitektura zaštite – pogled menadžera

Na svakom od ovih nivoa SABSA model zahteva odgovor na pitanja:

- Šta? (Imovina, ono što je predmet zaštite, subjekt pogleda),
- Zašto? (Motivacija, zašto to trebamo štiti i šta time želimo postići),
- Kako? (Proces, detaljna funkcionalna specifikacija načina izvedbe zaštite),
- Ko? (Ljudi i relacije, kome će to trebati, ko to koristi i na koje načine),
- Gde? (Lokacija, geografska pozicija, distribucija, veze, infrastruktura)
- Kada? (Vreme, životni ciklusi, period korišćenja, redosled, vremenska agenda)

Dok je prvih pet slojeva relativno nezavisno, operativni sloj arhitekture je donekle poseban, te ga autori predstavljaju na razne načine, kao sloj koji podupire, natkriva ili prožima ostalih pet slojeva. Ono što je

sigurno, operativni sloj je realizacija svega što se detaljno, od apstraktnijeg prema konkretnijem definiše na prethodnim slojevima. Kad se radi o konkretnim koracima u implementaciji, moglo bi se reći da se operativna arhitektura, odnosno njeno planiranje i projektovanje uključuje negde paralelno sa početkom rada na definisanju logičke arhitekture, Slika 2).



Slika 2. Proces razvoja arhitekture po SABSA modelu ( Izvor: Mark Battersby, Capgemini, 2011)

Uobičajen prikaz SABSA modela je kroz matricu, gde su redovi slojevi od kontekstualnog do operativnog, a kolone predstavljaju odgovori na pitanja: šta, zašto, kako, ko, gde i kada.

Kada se pogleda struktura matrice, već se može uočiti kako se definišu njeni slojevi, i koje podatke će sadržavati. Iz toga se vidi da je moguće posmatrati arhitekturu i iz podsistema, odnosno IKT sektora, a da se pokrije osnovni cilj, a to je uspostavljanje sveobuhvatne i optimalne bezbednosne arhitekture.

Ključno je dobro postaviti prvi, **kontekstualni sloj** matrice, budući da on predstavlja osnovu za sve dalje nadgradnje, a najviše je vezan za poslovanje organizacije u celini.

#### 4. IKT SEKTOR – VIŠE OD SERVISIA

Ovde se stavlja na test osnovna hipoteza ovog rada, i potrebno je argumentovati da je organizacioni deo zadužen za informaciono-komunikacione tehnologije u jednoj organizaciji sposoban da definiše konceptualni okvir poslovanja za buduću bezbednosnu arhitekturu.

Kao potreban uslov bitno je navesti da se radi o modernom i kadrovski dobro pokrivenom IKT sektoru, koji poseduje razvijene i iskusne timove za razvoj aplikativnih rešenja, infrastrukturu i operativnu podršku, kao i funkcije za upravljanje rizikom, kontrolu procesa i bezbednost informacionog sistema. Sa ovakvom organizacijom, IKT sektor velike organizacije je u stanju da bude pokretač kreiranja bezbednosne infrastrukture za celu organizaciju, i to na način da se ona ne sastoji od pokrivanja taktičkih ciljeva kako se pojavljuju i rešavanja ad-hok situacija, već da se upravo temelji na omogućavanju i obezbeđivanju poslovne funkcije.

Argumenti za ovo mogu se naći u sledećem:

- Moderan pristup projektovanju IKT rešenja za potrebe poslovnih funkcija podrazumeva znanje i iskustvo i u sistem analizi, i vođenju kvalitetnih intervjua sa operativnim rukovodiocima na poslovnoj strani
- Uvođenje procene kritičnosti (po parametrima poverljivosti, integriteta i dostupnosti), kao i operativnih rizika u ranoj fazi projektovanja IKT rešenja daje osnovu za postavljanje bezbednosnih zahteva na većem stepenu apstrakcije, i mogućnost da se isti kasnije optimizuju.
- Komunikacija sistem analitičara i stručnjaka za bezbednost IS sa poslovnim rukovodiocem, i uvođenje u metodologiju procene rizika edukuje poslovne korisnike u smislu razumevanja rizika na način kako ga vide IKT stručnjaci, te značenja bezbednosnih zahteva i značaja bezbednosnih mera.

Nakon što ovakav pristup planiranju i vođenju projekata postane praksa (proces može da se radi i retroaktivno na projektima koji su već u produkciji), već unutar IKT sektora postoji dobra osnova da se kontekstualni sloj SABSBA modela opiše na pravi način, čak i u delu gde se odnosi isključivo na poslovne funkcije.

**Kontekstualni sloj** se zapravo definiše kroz niz repozitorijuma i procenjeni rizik. Konkretno, model na prvom sloju treba da obezbedi informacije o kontekstu na koji će se primeniti zaštita i to:

- Šta? ( poslovne funkcije i poslovni ciljevi kao i sva imovina odnosno resursi u službi postizanja poslovnog cilja)
- Zašto? (procenjeni rizik koji je zapravo motivacija za zaštitu)
- Kako? (mapa poslovnih procesa)
- Ko? (organizacioni okvir organizacije)
- Gde? (geografija poslovnih procesa)
- Kad? (životni ciklusi i vremenske zavisnosti poslovnih funkcija)

Ovo čini lakšim prelazak na niže nivoe apstrakcije, koji su sve bliže IKT funkcijama, sve do operativnog sloja koji je potpuno „na zemlji“, Slika 1., i koji predstavlja operativnu izvedbu bezbednosnih rešenja, ali izvedenih iz potreba poslovnih funkcija, i optimizovanih kroz proces projektovanja. Ovakav pristup pruža sigurnost da bezbednosne mere neće biti izolovane, već interoperabilne jedne sa drugima, kao i sa ostatkom sistema. Takođe, smanjuje se kompleksnost i cena podrške i održavanja. Sa druge strane, informaciona bezbednost unutar organizacije se stavlja u službu omogućavanja obavljanja poslovnih funkcija i dostizanja postavljenih ciljeva, uvažavajući strategijske, a ne pojedinačne taktičke ciljeve.

## 5. ULOGE I ODGOVORNOSTI

Predloženi model kreiranja arhitekture informacione bezbednosti u organizacijama, koji podrazumeva da je IKT sektor nosilac tog posla, pored navedenih uslova i ograničenja, mora računati na prethodno jasno definisane uloge i odgovornosti. Jasno je da ne može biti uspešan ako se posao ne poveri profesionalcu, i ako on nema odgovarajuću podršku i odgovornost.

Dok je arhitekta u predloženom modelu stručnjak za IT bezbednost iz IKT sektora, sposoban da okupi tim sa širokim znanjem kako o IT procesima, tako i o poslovnim procesima u organizaciji, ciljevima organizacije i poslovnoj sistem analizi, podrška odlučivanju mora da dođe sa najvišeg nivoa rukovođenja.

Arhitekta informacione bezbednosti je neko ko sve vreme razmišlja u terminima poslovnih ciljeva, a ne samo o tehničkim i proceduralnim izvedbama bezbednosnih rešenja. To je osoba koja mora biti spremna da svoje odluke obrazloži i onima koji ne vide vezu između informacione bezbednosti i strategijskog razmišljanja, već to posmatraju samo kao niz implementiranih tehničkih rešenja zaštite i bezbednosnih politika.

Istovremeno, ono što se u literaturi naziva sponzorstvo, a zapravo je podrška najvišeg rukovodstva organizacije, mora biti pravovremeno i nedvosmisleno. Najvišem rukovodstvu (mnoge organizacije u tu svrhu formiraju telo kao što je npr. Odbor za informacionu bezbednost, koji ima mandat da odlučuje i odobrava, a sadržan je od pripadnika najvišeg rukovodstva i rukovodilaca važnih poslovnih funkcija, te rukovodstva IKT sektora) treba na vreme i argumentovano predočiti značaj bezbednosne arhitekture i njenu uslovljenost poslovnim zahtevima i ciljevima.

Ovakvom organizacijom, i prateći korake koje definiše SABSBA metodologija, moguće je doći do arhitekture informacione bezbednosti u organizaciji.

Uzevši u obzir tendencije, i sve više propisa i preporuka koji nameću da čitava organizacija u jednom trenutku dostigne nivo da ima procenjene uticaje na poslovanje, definisane principe kontinuiteta poslovanja, kao i upravljanje rizikom poslovanja na nivou cele organizacije, za očekivati je da će se i ovi poslovi pre ili kasnije završiti, ali u velikim organizacijama to su uglavnom dugotrajni procesi sa dosta administracije.

Ono što je ovde ideja je upravo da se pitanja vezana za informacionu bezbednost ne mogu uvek vezivati za završetak tih poslova, jer su kritična, i treba ih rešavati brže, te je bolje primeniti odmah sveobuhvatnu metodologiju, i pokrenuti izgradnju bezbednosne arhitekture sa mesta odakle se ona najbolje sagledava, a to je IKT sektor.

Jednom započet posao oko postavljanja arhitekture informacione bezbednosti ima, osim osnovnog cilja, i dva dodatna benefita: ubrzaće i poboljšati definisanje informacione arhitekture, a zatim i arhitekture preduzeća i

postaće gradivni element buduće ukupne bezbednosti organizacije (business assurance), koja se sastoji od informacione bezbednosti, plana kontinuiteta poslovanja i fizičke bezbednosti.

## 6. ZAKLJUČAK

Izgraditi arhitekturu znači između ostalog i upravljati kompleksnošću. Dok relativno mali i izolovani projekti ne zahtevaju arhitekturu, velike organizacije, a pogotovo one finansijske, kao i institucije gde po pravilu imamo povećan rizik, suočene su sa potrebom definisanja arhitekture, kako u celini tako i arhitekture informacionog sistema, i bezbednosti informacionog sistema unutar toga.

U radu je ponuđena opcija da se u projektovanju krene od poslednjeg: bezbednosne arhitekture, i da se, koristeći SABSA metodologiju putem definisanja kontekstualnog okvira arhitekture bezbednosti zapravo definiše ne samo baza za kompletnu informacionu arhitekturu, već i pravi dobra osnova za buduću arhitekturu organizacije.

Takođe, krenulo se od pretpostavke koja može praktično da se pokaže, da je posao definisanja i dokumentovanja arhitekture moguće pokrenuti upravo iz IKT sektora. Argumenti koji idu u prilog tome su upravo fleksibilnost IKT sektora koji najbrže odgovara na tehnološke promene, pa samim tim i savremene zahteve poslovanja, i time postaje sve bitnija karika u ukupnom poslovanju. Rad je nastao na osnovu realnih iskustava, odnosno postoji sistem dokumentacije i postavka arhitekture koja to potvrđuje.

Rad ne pruža detalje o pojedinim aspektima kao što je procena rizika i primenjene tehnologije, a ne daje ni opise pojedinačnih koraka predložene metodologije, iako je nastao na osnovu realnog primera, već treba da posluži da se otvore tri važne teme:

- definisanje arhitekture informacione bezbednosti u organizaciji, i podsticanje „arhitekturnog“ razmišljanja u celini, bilo da se radi o inženjerskim ili poslovnim funkcijama
- primena metodologija koje pružaju jednostavan i sveobuhvatan pristup, i koje kao rezultat daju dokumentaciju koja je zaista informativna i upotrebljiva
- preomena svesti i pogleda na IKT sektor organizacije: da se od servisa i podrške poslovanju pomera prema svojoj pravoj funkciji u savremenom svetu, a to je neko ko omogućava poslovanje u punom smislu

## LITERATURA

- [1] Sherwood, J., Clark, A. & Lynas, D. (2009.), Enterprise Security Architecture, White Paper
- [2] Krag Brotby, (2009) Information Security Governance, A practical Development and Implementation Approach, – Appendix A: SABSA Business Attributes and Metrics
- [3] Sherwood, J., Clark, A. & Lynas, D. (2005.), Enterprise Security Architecture, A Business-Driven Approach
- [4] Grubor, G., (2012), Projektovanje menadžment sistema zaštite informacija, Univerzitet Singidunum, Beograd.
- [5] Battersby, M., (2013), SABSA, A Brief Introduction, White Paper, Capgemini 2013.

# UPRAVLJANJE IT PROJEKTOM U FUNKCIONALNO STRUKTURIRANOJ ORGANIZACIJI

## IT PROJECT MANAGEMENT IN FUNCTIONAL STRUCTURED ORGANIZATION

Zoran N. MIŠKOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) PD Elektrovojvodina doo, Bul. Oslobođenja 100, Novi Sad

**Sadržaj** – Upravljanje IT projektima (i projektima uopšte) je po sebi težak i zahtevan zadatak. To su jedinstveni i neponovljivi poslovni poduhvati koji angažuju resurse organizacije u cilju poboljšanja njenih performansi ali su skopčani sa dosta rizika. Koliko je ovo složen posao govori i činjenica da je u zadnjih pola veka postavljena solidna teoretska osnova i razvijeno više metodologija upravljanja projektima, ali se i dalje uspešnost svakog pojedinačnog projekta ne može ni na koji način garantovati.

Organizacioni aspekt u ovome igra veoma važnu, ako ne i presudnu ulogu. Razvijeni su mnogi modeli i smernice ali je utisak autora ovog rada da je težište nekako uvek više usmereno na organizaciju projektnog tima ili kompletnog preduzeća koja treba da podrži projektne aktivnosti kao deo konstantne poslovne prakse.

U ovom radu nećemo razmatrati organizacije kojima je primarna delatnost realizacija IT projekata (kao što je slučaj sa softverskim kućama) već velikim poslovnim sistemima iz drugih domena delatnosti. Oni su, u Srbiji, još uvek pretežno organizovani po funkcionalnoj strukturi sa relativno niskim nivoom zrelosti. U ovakvom okruženju IT je "samo" infrastrukturna i poslovna alatka za obavljanje osnovne delatnosti.

Ovo nameće dodatne teškoće upravljanja IT projektima koje ovaj rad pokušava, kroz iskustvo dugovodišnje prakse da prikaže, i za njih ponudi neka rešenja.

### UVOD

Upravljanje projektima je tema započeta sredinom prošlog veka. Nastala je iz prirodne inženjerske potrebe da nekim vidom standardizacije smanji kompleksnost razvoja ionako složenih sistema (kakvi su razvijani pri Ministarstvu odbrane SAD). Sa ekspanzijom informacionih tehnologija ovaj problem postaje akutan, izlazi iz tehničkih (inženjerskih) okvira i počinje da se etablira kao disciplina menadžmenta koja obuhvata multidisciplinarna znanja i veštine.

Da bi uopšte pričali o projektima i njihovom upravljanju, a pogotovo u funkcionalnoj organizaciji, moramo ipak prvo da definišemo osnovne pojmove. Puno je definicija, puno njihovih interpretacija ali je procenat uspešnosti projekata i dalje relativno mali.

### 1. PROJEKAT

Projekat je privremena organizacija koja je potrebna da bi se došlo do jedinstvenog i unapred definisanog ishoda ili

**Abstract** – Managing IT projects (and projects in general) is recognized as difficult and demanding task. These are unique and unrepeatabeable business ventures that engage the resources of the organization to improve its performance but they are connected with many risks. Its complexity is shown by the fact that, in the last half-century a solid theoretical basis is set, and several project management methodologies have been developed. Still, there are no guarantee for success of any project.

The organizational aspect is very important, if not crucial one. Many models has been developed but the impression of the author of this paper is that they are more focused on the organization of the project team or the entire company needed to support the project activities as part of a consistent business practices.

In this paper, we won't consider organizations whose primary activity is the implementation of IT projects (as is the case with software companies) but large business systems from other domains of business. In Serbia, majority of them are organized as functional structures with a relatively low level of maturity. In such environment, IT "solely" provides infrastructure and a business tool for performing basic operations.

This poses additional difficulties of managing IT projects. Based on many years of experience, this paper attempts to present them and offer some solutions.

rezultata za unapred određeni vremenski period uz pomoć unapred određenih resursa.

Projekat predstavlja složen i neponovljiv poduhvat koji se preduzima u budućnosti da bi se postigli ciljevi u predviđenom vremenu i sa predviđenim troškovima. Ovo znači da ima određen početak i kraj a sastoji se od skupa aktivnosti koji se ne ponavljaju pa zbog toga ima elementa nepoznavanja koji u njihovu realizaciju unose rizike.

Iako je svaki projekat jedinstven i poseban, za sve projekte se mogu definisati sledeće karakteristike:

1. cilj,
2. rokovi (početak i kraj),
3. obim i priroda zadataka (delokrug aktivnosti),
4. koordinacija,
5. kompleksnost,
6. resursi,
7. organizaciona struktura,
8. informacioni i kontrolni sistem,
9. klijenti i/ili okruženje (zainteresovane strane).

Da bi bio uspešan, projekat mora da zadovolji osnovne kriterijume koji ga i čine projektom: da ispuni ciljeve zbog kojih je preduzet sa zadovoljavajućim kvalitetom u postavljenom roku, i sa zadatim resursima.

## 2. UPRAVLJANJE PROJEKTOM

**Upravljanje projektom** (*Project Management*) predstavlja naučno zasnovan i u praksi potvrđen koncept kojim se uz pomoć odgovarajućih metoda organizacije, planiranja i kontrole vrši racionalno usklađivanje svih potrebnih resursa i koordinacija obavljanja potrebnih aktivnosti da bi se određeni projekat realizovao na efikasan i efektivan način.

Rezultat primene koncepta upravljanja projektom predstavlja ispunjenje postavljenih ciljeva projekta, odnosno završetak projekta u planiranom vremenu i sa predviđenim troškovima i kvalitetom.

Upravljanje projektima predstavlja opšteprihvaćeni koncept pristupa realizaciji poslovnih poduhvata – projekata čija je suština u tome da se kroz planiranje, praćenje i kontrolu vremena, resursa i troškova projekat realizuje u minimalnom vremenu, uz minimalni utrošak resursa i uz minimalne troškove.

Pošto su kvalitet, troškovi i vreme, da se izrazimo inženjerski, tri promenljive u sistemu sa dve jednačine, u praksi je moguće postići samo razuman kompromis u ostvarenju ovog cilja. Zato upravljanje projektom najčešće posmatramo kao **menadžersku disciplinu** koja primenom znanja, veština, alata i tehnika na projektne aktivnosti **teži** ispunjenju zahteva zainteresovanih strana i očekivanja od projekta.

Projekti iz domena informacionih tehnologija (IT projekti) u potpunosti potpadaju pod koncept upravljanja projektom ali imaju i neke od specifičnosti. One se prvenstveno odnose na proces “sagledavanja zahteva” koji obično prethodi planiranju i od izuzetne je važnosti za upeh IT projekta.

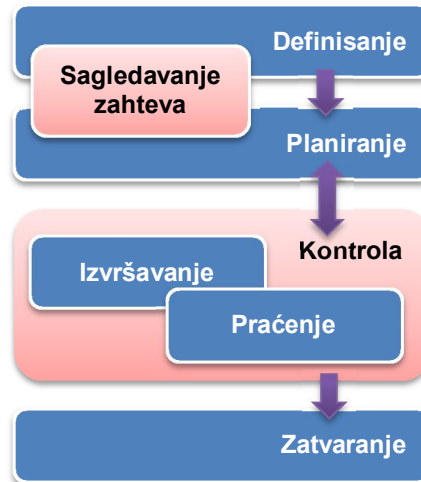
Koliko je ovo složen zadatak, govori i to da je razvijeno više specijalizovanih metoda upravljanja IT projektima koje se u biti i najviše razlikuju u načinu sprovođenja ove analize (Waterfall, Agile, Scrum, Extreme Programming ...).

## 3. MODEL UPRAVLJANJA PROJEKTOM

Životni ciklus IT projekta se obično predstavlja kao na slici 1.

Specifičnost IT projekta je upravo u sagledavanju zahteva. To je proces koji se odvija i u fazi definisanja projekta i još intenzivnije u fazi planiranja. U nekim metodologijama, sagledavanje zahteva se prostire i na faze izvršavanja i praćenja.

Bez dobro sagledanih zahteva nema uspeha IT projekta. Shvatiti šta korisniku treba, pretočiti to u dobru specifikaciju po kojoj je moguća realizacija i njena kontrola često je izuzetno težak zadatak.



Slika 1

## 4. FUNKCIONALNA ORGANIZACIJA

Jedinstveni sistem organizacionih delova preduzeća zovemo organizacionom strukturom. Organizaciona struktura predstavlja sistem odnosa među ljudima radi izvršavanja određenih zadataka. Ona je sredstvo za integrisanu upotrebu postojećih resursa u organizaciji odnosno logičan odnos između nivoa upravljanja i područja funkcija koji omogućava uspešno ostvarivanje ciljeva preduzeća.

Možemo reći da organizaciona struktura predstavlja formalni sistem odgovornosti kojim su definisane ključne pozicije u organizaciji, kao i pravo da se postavljaju ciljevi, primaju informacije i utiče na rad drugih.

Svaka organizacija treba da ima svoj sistem unutrašnjih veza i odnosa, tj. određenu organizacionu strukturu koja jasno pokazuje ko je kome podređen i kao takva je jedna od najvažnijih odlika preduzeća. Način strukturisanja je specifičan za svaku organizaciju i svojstven samo njoj. Ipak, po načinu sprovođenja unutrašnje podjele rada u preduzeću i formiranja nižih organizacionih jedinica možemo razlikovati nekoliko vrsta organizacionih struktura preduzeća.

Najčešće se razlikuje tri tipa strukture organizacije preduzeća:

1. funkcionalna,
2. projektna,
3. matrična.

Funkcionalna organizaciona struktura je zasnovana na činjenici da se pozicija autoriteta koji donosi odluke nalazi kod funkcionalnih direktora, odnosno da su radni zadaci i procesi grupisani u skladu sa prirodom njihovih funkcija, odnosno poslova.

Funkcionalna struktura je takva vrsta organizacione strukture kod koje se podjela rada u preduzeću, grupisanje i povezivanje poslova, te formiranje organizacionih jedinica, obavlja prema odgovarajućim **poslovnim funkcijama** u preduzeću. U funkcionalnoj organizacionoj

jedinici objedinjeno je obavljanje srodnih ili sličnih poslova kao što su: poslovi istraživanja proizvoda, razvojni poslovi, kadrovski, proizvodni, prodajni poslovi i sl.

Grupisanje ljudi po sličnosti poslova nameće komunikaciju i deljenje znanja među saradnicima. Zato je gotovo uvek moguće delegirati posao organizacionom delu pošto u njemu obično ima više izvršilaca za dati zadatak. Funkcionalnom strukturom se upravlja kroz koherentan pristup od-vrha-na-dole u kome zaposleni generalno odgovaraju samo jednom menadžeru. U tim uslovima veća je verovatnoća da radnik zna ko i šta očekuje od njega. Funkcionalni menadžer je najčešće i specijalista za funkcionalnu oblast tako da je merodavan za procenu radnog učinka zaposlenih. Ovo daje i jasniju perspektivu napredovanja zaposlenog u funkcionalnoj hijerarhiji.

## 5. PROBLEM

Realizacija IT (i bilo kog drugog) projekta u okviru samo jedne funkcionalne celine preduzeća je, najčešće lep (da ne kažemo vrlo lak) zadatak za menadžera projekta. Ako je obim projekta ograničen na jednu funkcionalnu celinu, to znači da se ulazi i izlazi dela procesa na koji projekat utiče, ne menjaju. Softver koji treba implementirati (razviti, uvesti ...) je dakle potpuno specijalizovan prema zahtevima konkretne poslovne funkcije (funkcionalne celine). Ona prepoznaje potrebu za njim a najčešće i inicira projekat. U takvim uslovima, funkcionalni rukovodilac je direktno zainteresovan za povoljan ishod, i projektne aktivnosti svojih ljudi stavlja u ravan operativnih poslova.

Ono što nam ovde "sreću kviri" je što su ovakvi projekti najčešće minorni, sa gledišta značaja za kompletan proces, kompletnu organizaciju, pa i sa gledišta upravljanja projektom. Za njih Vam obično i ne treba poseban projekt menadžer – njegovu ulogu često uzima funkcionalni menadžer kome "daju" po nekog informatičara (informatičari su nažalost najčešće neizbežni u IT projektima).

Zato ovde nećemo govoriti o takvim projektima već o problemima "pravih" IT projekata koji dovode do izmena jednog ili više procesa kroz više funkcionalnih celina. To su projekti za koje funkcionalne celine najčešće misle da se "bespotrebno trude" da svima menjaju navike, da "popravljaju ono što već radi", da "odvlače" ljude sa operativnog posla "od koga se živi" na neki "virtualni" koji oni nisu ni tražili.

Izvor ovih problema možemo prepoznati već u definicijama pojmova. Funkcionalno strukturirana organizacija je usmerena na operativne (tekuće) poslove koji se ponavljaju, pa se kao takva grupiše oko procesa. Projekat je jedinstven, neponovljiv i usmeren na cilj. Da problemi budu veći, funkcionalne celine uvek imaju tendenciju da "feudalizuju" svoj deo procesa gubeći iz vida "veliku sliku", odnosno proces kao celinu. U stanju su da menjaju pa i poboljšavaju svoje "parče" posla ali se intuitivno protivne bilo kakvoj promeni spolja bilo u ulazima bilo u izlazima. Sa druge strane, projekat, a **naročito IT projekat** se uvek i preduzima kako bi se proces izmenio.\*

*\*Za postojeći proces uvek imate dobar softver – čim ga poboljšavate menjate proces.*

U nastavku ćemo probati da pomenemo, iskustveno prepoznate probleme primene jedne od standardnih metodologija upravljanja projektom (PMIBOK) u okviru funkcionalno strukturirane organizacije.

## 6. IZBOR MENADŽERA PROJEKTA

Funkcionalna struktura prepoznaje oblasti rada i kao takva ne može da se distancira od softvera kao nečega što je stvar IT-ja. Zato se izbor za menadžera projekta obično svede na „nekog iz informatike“.

Tu imamo dva slučaja:

1. vođa razvojnog tima; ako je razvoj u pitanju, projekat će voditi onaj ko pravi softver (sem eventualno njegov šef što je naredni slučaj),
2. funkcionalni rukovodilac; ako nije sopstveni razvoj ili je softver prepoznat kao izuzetno značajan.

I jedan i drugi slučaj potpadaju pod tezu: „*Ako si menadžer projekta i programer/projektant/šef službe – jedan od vas ne radi dobro*“.

Vođa razvojnog tima je, kao klasičan pripadnik funkcionalne strukture – „pravi programer“. To znači da se „nervira“ što mora da sedi na sastanku sa budućim korisnicima (*zainteresovanim stranama*) ili direktorima (*sponzorom i/ili odborom projekta*) „a mogao bi da programira“. Komunikacija, koja je od presudne važnosti za sagledavanje zahteva, kontrola obima, kontrola i upravljanje rizikom i očekivanjima u ovom slučaju trpi. U operativnom poslu (programiranju) usmeren je na tehnologiju pa je u projektnim odlukama sklon da nameće tehnološka umesto procesnih rešenja. Pošto i učestvuje u pravljenju softvera projekat se lako „personalizuje“ tako da mu često nedostaje objektivnosti pri kontroli rezultata i kvaliteta.

Funkcionalni rukovodilac je sa druge strane (obično) navikao na stalnu komunikaciju i ima generalnog iskustva u upravljanju. Pošto je inače primarno odgovoran za koordinaciju izvršavanja operativnih poslova, jako teško uspostavlja prioritete između njih i projektnih zadataka. On je fokusiran na nesmetano delovanje redovnih repetitivnih procesa dok je projekat po definiciji jedinstven i neponovljiv pa često i nameće takve poslove. Uobičajena „zamka“ je i da teže pravi razliku između projektnog tima i organizacione jedinice koju vodi što opet može dovesti do rasipanja resursa. Formalna funkcija funkcionalnog rukovodioca često predstavlja i problem pri komunikaciji sa članovima tima iz drugih organizacionih jedinica.

Iako ni jedno od ova dva rešenja ne mora da bude *apriori* loše, najbolje je za projekt menadžera, kako i metodologija nalaže, izabrati nekog van funkcionalne hijerarhije. Idealno bi bilo i isključiti ga sa ostalih operativnih zadataka ili ih barem strogo, i to formalno ograničiti. Pogodne kandidate treba tražiti u iskusim IT projektantima ili analitičarima poslovnih procesa (što je često i objedinjeno) koji uz adekvatnu edukaciju mogu dati odlične rezultate kao projekt menadžeri. U slučaju implementacije i/ili



integracije softvera koji se nabavlja van preduzeća ova ulogu i ne mora da bude rezervisana za informatičara.

## 7. IZVOR AUTORITETA

Najveći problem sa kojim se projekt menadžer suočava je problem izvora autoriteta. Funkcionalno strukturirana organizacija obično ima strogu hijerarhiju i ne poznaje autoritet van funkcionalnih celina. Budući da je projekat uvek multidisciplinarni i prostire se preko više organizacionih celina, pravo je pitanje odakle projekt menadžer crpi autoritet za odlučivanje, postavljanje zadataka personalu, kontrolu njihovog rada i sl. Ovo nije samo problem funkcionalne strukture, ali je u njoj donekle pojačan.

Generalno gledano, formalni autoritet menadžeru projekta moraju dati odluke strateškog menadžmenta a za njegovu operativno poštovanje izuzetno je bitna uloga sponzora projekta. Zato je potrebno da to bude upravo neko iz strateškog menadžmenta kako bi na odgovarajući način mogao da razrešava moguće konflikte i sanira rizike po projekat koji dolaze sa funkcionalnih upravljačkih nivoa.

U okviru formalnih dokumenata koji konstituišu projekat potrebno je što preciznije definisati ovlašćenja rukovodioca projekta, i u odnosu na funkcionalne menadžere i u odnosu na njegov tim.

Pored toga, izuzetan značaj ima i plan komunikacije, koji najčešće donosi sam menadžer projekta u kome izuzetna pažnja mora biti posvećena izveštavanju sponzora, strateškog menadžmenta i svih funkcionalnih rukovodilaca koji spadaju u zainteresovane strane (bilo da predstavljaju rizik ili podršku projektu).

## 8. SAGLEDAVANJE ZAHTEVA

Ovo je generalno težak zadatak u svakom IT projektu. Funkcionalna struktura organizacije nam tu donosi i neke „zamke“ ali i neke „olakšice“. Budući da su funkcionalne celine uvek strukturirane po sličnim ili srodnim delatnostima očekivan je visok nivo znanja o funkcionisanju dela procesa koji se u tim okvirima izvršava. Tako imamo nešto olakšanu analizu postojećeg stanja i mehanizama i često dosta dobru ideju za unapređenja (zbog kojih se projekat uvek i pokreće).

Problem ovde nastupa zbog pomenute tendencije da funkcionalne celine „feudalizuju“ svoj deo procesa gubeći celinu iz vida. Često je prenaplašavanje sopstvene uloge na račun ostalih, nametanje parcijalnih rešenja koje donekle olakšavaju posao u okviru funkcije ali u biti ne usavršavaju proces, nerazumevanje stvarnog toka operacija, gde se podaci kreiraju a gde koriste i sl.

Najbolje rešenje za ovakve probleme je insistiranje na shvatanju i dokumentovanju procesa kao celine i uključivanju više hijerarhijskih nivoa menadžera funkcionalnih celina. Ovde je odgovornost menadžera projekta velika da preko sponzora projekta obezbedi njihovu saradnju.

Po iskustvu analiza bi trebala da počne od nekoliko pitanja:

### 1. Šta želimo da unapredimo?

Polazimo od vrha kako bi definisali poslovni problem.

### 2. Kako to sad radimo?

Gruba analiza postojećeg stanja kako bi uočili procese na koje ćemo uticati, odnosno koje ćemo menjati.

### 3. Kako to treba da radimo?

Ovde na nivou prethodno deklarisanog zahteva (1) i analize postojećeg stanja (2) dajemo ciljeve (skraćeno vreme obrade, povećanje kapaciteta, smanjenje greške).

Ova pitanja ima smisla postavljati samo strateškom menadžmentu. Kada njihove odgovore uvrstite u nacrt projekta (*Project Charter*) mnogo je verovatnija njihova aktivna podrška tokom realizacije projekta.

Tek sada možemo da uđemo u dublje analiziranje procesa

## 9. OPSEG PROJEKTA

Kontrola opsega IT projekta je još jedan od teških zadataka. Kada odgovorimo na gore postavljena pitanja dolazimo do osnovnih zahteva ali je njihova realizacija to što nas može odvesti na stranpoticu.

Kao što smo već pomenuli, funkcionalne celine često ne uočavaju ceo proces čiji deo izvršavaju. S obzirom da su granice organizacionih delova stroge, međusobna zavisnost (koju procedure rada nameću) je po pravilu usko grlo i opšte mesto za prebacivanje odgovornosti. Zato obično „jako dobro znaju“ šta drugi treba da promene ali im nije jasno „šta oni ima da menjaju“.

Pošto su specijalizovani za srodne poslove, rešenja koja zahtevaju (kada definišu detaljne zahteve) su obično strogo namenska – za konkretne slučajeve, a često i parcijalna pošto nedostatke poslovnog procesa pokušavaju da reše samo u svojim okvirima.

Teško izlaze iz konteksta operativnog posla pa nekad imaju potrebu da „usput“ reše i probleme koji se ne tiču izvornih zahteva projekta. Dodatna zamka je i što menadžer projekta, budući da je „informatičar“ ima jaku potrebu da sve automatizuje.

Kada obim naraste, kao lako rešenje često deluje isključenje iz programske podrške dela procesa neke od funkcionalnih celina („njima je ionako dobro kako sad rade“). Ovo ne mora nužno da bude pogrešna odluka ali najčešće jeste.

Rešenje za ove probleme je da menadžer projekta stalno ima pogled na kompletan proces koji IT projekat tretira. Zahteve krajnjih korisnika uvek treba uzeti sa blagom rezervom i procenjivati ih na bazi korisnosti u celom poslu. Navike izvršilaca treba preispitivati, objašnjavati im alternativne načine, a istovremeno ih podsećati da su deo „mašinerije“ koja radi zajedno i da svako ima svoju važnu ulogu u njoj.

Odustajanje od rešavanje graničnih slučajeva je često mnogo bolji način za kontrolu obima nego isključenje podrške delu procesa.

## 10. UPRAVLJANJE RIZICIMA

Kontrola obima projekta je upravo jedan od primera upravljanja rizicima.

Pored toga, kao ozbiljan rizik projekta se pojavljuje alokacija članova projektnog tima. Projektni tim **mora** biti multidisciplinarnan, što znači da članovi dolaze iz različitih funkcionalnih organizacionih jedinica.

Funkcionalni menadžeri (skoro) nikad ne gledaju blagonaklono prema učešću svog personala u projektnim timovima. Već sam izbor članova tima ume da bude težak upravo zbog toga. Često, kao najbolje ljude za tim tražimo one koji su najbolji u operativnom poslu, a takvih se svaki rukovodilac teško odriče. Umesto toga u projektni tim se „guraju“ ljudi koji ni operativno nisu pokazali naročite performanse pa je njihov rad na redovnim poslovima lakše nadoknaditi.

I kada dobije odgovarajuće članove projektnog tima, veliki rizik projekta je planiranje njihove dostupnosti, odnosno vremena koje mogu da provedu na poslovima projekta. Budući da svi oni formalno pripadaju nekoj od funkcionalnih jedinica, pod upravom funkcionalnog menadžera na kome je i redovna evaluacija njihovog učinka, a da je projekat uvek privremenog karaktera, nije teško uočiti šta će biti prioritet ako dođe do konflikta obaveza. A on je gotovo neminovan.

Kao rizicima projekta, menadžer treba dobro da obrati pažnju na odnos zainteresovanih strana prema projektu. Nije pametno očekivati da će svi funkcionalni menadžeri kojima softver koji implementirate treba da „olakša život“ biti naklonjeni njegovom uspehu. Opstrukcija je česta a javlja se iz više razloga. Od neshvatanja ciljeva i benefita projekta sve do straha od gubitka važnosti pozicije koju zauzima („ako će softver sve da radi“) i otpora zbog demistifikacije posla kojim se funkcionalna jedinica bavi.

## 11. ZATVARANJE PROJEKTA

U metodologiji upravljanja projektom, ovo je zadnja faza kada se proizvod projekta „isporučuje“, vrši analiza uspešnosti, izvlače zaključci iz skupljenih iskustava za budući rad.

Sa gledišta IT projekta potrebna je dodatna opreznost u ovoj fazi. U nju se obično ulazi pri puštanju realizovanog softvera u eksploatacionu upotrebu.

Ovde funkcionalna struktura organizacije takođe donosi neke specifičnosti. Projekt menadžer je neminovno, za većinu korisnika „personifikacija“ novog softvera, a kako je najčešće iz funkcije informatike tako mu „po inerciji“ ostaje u zadatak njegovo održavanje odnosno podrška korisnicima. To nije samo po sebi problem ali često predstavlja nepotrebno trošenje resursa kompanije. Edukovani i iskusni rukovodilac projekta je mnogo „vredniji“ od informatičke podrške. Zato je vrlo bitno na vreme u projektni tim uključiti i druge članove iz funkcije

informatike kako bi ih pripremili da preuzmu operativne poslove podrške posle zatvaranja projekta.

## 12. ZAKLJUČAK

Funkcionalno strukturisana organizacija ume da bude izuzetno dobro rešenje u operativnom obavljanju repetitivnih poslova. Ona teži akumulaciji znanja po funkcionalnim celinama i laka je za upravljanje.

Sa druge strane, projekat se u bilo kojoj kompaniji preduzima radi izmene postojećeg stanja, odnosno nekog poboljšanja. IT projekti su dodatno specifični zbog toga što su multidisciplinarni, uvek se prostiru „preko“ više funkcionalnih organizacionih jedinica i donose duboke izmene postojećih procesa.

Upravljanje IT projektima u funkcionalno strukturisanoj organizaciji, kao što je u ovom radu pokazano, donosi specifične probleme, izazove i rizike.

Uspešnih projekata nema bez prepoznavanja i priznavanja funkcije projekt menadžera od strane funkcionalne organizacije. On mora da dobije formalni okvir i autoritet koji proizilazi iz odluka strateškog menadžmenta.

Drugi bitan faktor je edukacija. Pored stručne edukacije projekt menadžera, izuzetno je bitna i edukacija funkcionalnih menadžera svih nivoa i to ne samo o upravljanju projektima nego i o standardnim menadžerskim veštinama.

Na menadžeru IT projekta su izuzetno velike obaveze. Pored sprovođenja uobičajene metodologije posebnu pažnju mora da posveti komunikaciji. Od sagledavanja zahteva koje mora biti zasnovano na intervjuima, stalnog izveštavanja sponzora projekta i strateškog menadžmenta do upravljanja očekivanjima svih zainteresovanih strana.

Iako su u teoriji ali i u praksi već dugo vremena poznati i drugi modeli organizacije, funkcionalna struktura je i dalje preovlađujuća u našim velikim sistemima. Njihova sposobnost da se modernizuju i korporatizuju će upravo biti merena i kroz njihovu sposobnost da uspešno izvršava projekte, a IT projekti su u stanju da daju najveći mogući doprinos u ovim procesima. Zato je svest strateškog menadžmenta ovakvih kompanija o mogućim problemima i svojoj ključnoj ulozi u njihovom rešavanju od presudne važnosti.

## 13. LITERATURA

- [1] A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide, Project Management Institute. Bruxelles, 2004
- [2] P. Jovanović: Upravljanje projektom, FON, Beograd, 2008
- [3] R. Raković: Upravljanje ICT projektima, VSPM, Beograd, 2010
- [4] Priručnik za upravljanje projektima, Vlada Republike Srbije, Ministarstvo Finansija, Verzija 2.0
- [5] Peter Ferdinand Drucker: People and Performance: The Best of Peter Drucker on Management, Routledge, 2011.

- [6] A. Chandler: Managerial Hierarchies, Harvard University Press, 1980
- [7] W. Richard Scott: Ecosystems and the Structuring of Organizations, American Sociological Association In "Studies in the Sociology of Education", ed Charles Bidwell, 2002
- [8] Norman R. Howes: Successfully Integrating Project Management Knowledge Areas and Processes, AMACOM, American Management Association, 2001

# Sigurnost e-mail komunikacije u poslovnoj primeni

## Email Security for business

Saša M. Milašinović

*Yutro.com*

**Sadržaj** – Zaštita e-mail komunikacije u poslovnoj primeni kroz primenu zaštite na internetu, sa osvrtom na tehničku i pravnu regulativu.

**Abstract** – Protection of email communication for business purposes based on cloud solution with emphasis on technical and legal regulations

### 1. EMAIL KOMUNIKACIJA

Potreba za brzom i efikasnom komunikacijom koja je oduvek postojala, sa digitalizacijom društva postala je svakodnevna realnost. Pored e-mail komunikacije tu su i SMS poruke, razni vidovi elektronskih poruka koje se razmenjuju putem interneta (instant messenger-i, mobile IM, socijalne mreže, mobilne komunikacije...).

Najzastupljeniji vid komunikacije i dalje je e-mail koji je pretrpeo mnoge testove vremena i tehnologija.

Od prve e-mail poruke, poslate 1971. godine do današnjih dana, poslate su milijarde e-mail poruka.

U 2014. godini, broj dnevno poslatih i primljenih, poslovnih e-mail-ova iznosio je 108,8 milijardi mail-ova (dnevno), što je za 8% više nego u 2013. godini. U istom periodu (2014.) broj dnevno poslatih i primljenih, privatnih e-mail-ova iznosio je 82,6 milijardi mail-ova (dnevno) što je na istom nivou kao i u 2013. godini<sup>1</sup>.

Procenjuje se da je 2014. godine broj aktivnih e-mail naloga iznosio 4,1 milijardi od čega je 24% korporativnih i 76% privatnih aktivnih e-mail naloga<sup>2</sup>.

Geografski gledano, 47% e-mail korisnika nalazi se u Aziji/Pacifiku, 23% u Evropi, 14% u Severnoj Americi i 16% aktivnih e-mail korisnika dolazi iz ostatka sveta<sup>3</sup>.

E-mail će ostati dominantni vid komunikacije u poslovnom svetu a predviđanja su da će broj poslatih i primljenih mail-ova, na dnevnoj bazi, rasti u poslovnom svetu dok će se kod privatnih korisnika smanjivati zbog veće upotrebe instant messaging-a, mobilnog IM-a, socijalnih mreža, SMS-ova...

Imajući u vidu da je veliki deo e-mail komunikacije SPAM<sup>4</sup> (neželjeni e-mail) i da iznosi između 70 i 90%<sup>5</sup> ukupne e-mail komunikacije, postavlja se pitanje svrsishodnosti ovakve komunikacije. Međutim, bez obzira

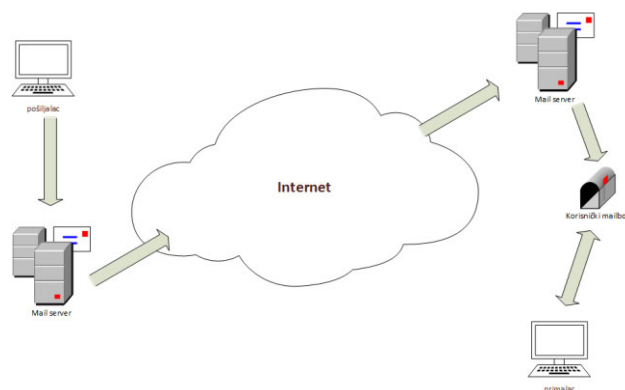
na ovako veliki broj neželjenog e-mail-a očigledno je da se e-mail u poslovnoj komunikaciji neće smanjivati već će se blagim procentom uvećavati.

### 2. IZAZOVI KOJE E-MAIL KOMUNIKACIJA PREDSTAVLJA

Glavna prednost e-mail komunikacije jeste brzina i efikasnost. Upravo to može biti tajna dugovečnosti e-mail-a, bez obzira na mnogo veći broj SPAM poruka od legitimnog e-mail saobraćaja.

Vratimo se na tren na osnove funkcionisanja e-mail-a.

Sa vašeg mail klijent programa pišete mail primaocu (Recipient), sa naslovom mail-a (Subject) i tekstem poruke (Body).



Vaš mail klijent poruku šalje vašem mail serveru, vaš mail server, preko interneta prosleđuje poruku mail serveru primaoca, mail klijent primaoca preuzima poruku.

Ceo ovaj proces odvija se u dosta kratkom vremenskom periodu i verovatno je to ključ uspeha ovog vida komunikacije.

Jedna od stvari koja se podrazumeva u ovom procesu jeste internet. Bez njega ne bi bilo ni e-mail komunikacije ali takođe bez interneta ne bi bilo ni toliko neželjenih poruka.

Izazovi koji se postavljaju pred e-mail komunikaciju su:

- Kako utvrditi autentičnost pošiljaoca?
- Kako garantovati poverljivost poruke?
- Kako garantovati privatnost poruke?
- Kako garantovati integritet poruke?

<sup>1</sup> The Radicati Group, Inc., A Technology Market Research Firm, Email Statistics Report 2013-2017, April 2013.

<sup>2</sup> The Radicati Group, Inc., A Technology Market Research Firm, Email Statistics Report 2013-2017, April 2013.

<sup>3</sup> The Radicati Group, Inc., A Technology Market Research Firm, Email Statistics Report 2010-2014, April 2010.

<sup>4</sup> Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Email\\_spam](http://en.wikipedia.org/wiki/Email_spam)

<sup>5</sup> Intel Security, McAfee Labs, Threats Report, August 2014.

- Kako zabraniti slanje neželjenih poruka sa kompanijskog mail servera?
- Kako zabraniti slanje poverljivih dokumenata putem e-mail-a?
- Kako obezbediti sigurnu/tajnu e-mail komunikaciju?
- Kako čuvati i arhivirati e-mail komunikaciju
- ...

Naravno, odgovori na ova pitanja postoje i to je neprestana borba „mačke i miša“ gde kompanije pronalaze način da se odbrane od SPAM-a i ostalih napada koji se izvode putem e-mail komunikacije do ljudi koji izmišljaju nove načine zaobilaznja zaštite kako bi ostvarili svoje ciljeve. Obično su to marketinške svrhe, zatim poslovna špijunaža do krađe identiteta, finansijskih podataka, bankovnih računa i drugog.

Većina mail servera koji se koriste u poslovne svrhe su u vlasništvu kompanija (on-premise) i samo manji broj koristi javne servere ili deljene servere internet servis provajdera. Do 2017. godine očekuje se nagli rast korišćenja Cloud servisa Google Apps i Microsoft Office 365<sup>6</sup> ali će i dalje većina poslovnih mail servera ostati u vlasništvu i pod kontrolom samih kompanija.

### 3. KAKO SE BRANITI?

Dosadašnji načini odbrane od SPAM-a i drugih napada putem e-mail komunikacije se izvodio kroz softverske ili hardverske zaštite koje su se nalazile u kompaniji, ispred e-mail servera.

Najprostiji način zaštite je korišćenje javnih DNSBL (DNS-Based Blackhole List) ili RBL (Real-time Blackhole List)<sup>7</sup> lista. Ovaj način zaštite je softversko rešenje koje se bazira na DNS podacima mail servera a ne na nekim posebnim polisama ili algoritmima koji prepoznaju svaki mail pojedinačno. I ako je upotreba ovih javnih (i besplatnih) lista široko rasprostranjeno, postoji puno rasprava da li su one dobra zaštita ili ne. Ovde neću analizirati razloga za i protiv ovih lista ali jedno je sigurno a to je da se „zaštita“ vrši na nivou mail servera a ne na nivou svakog mail-a pojedinačno što definitivno ne daje željene rezultate. Čak i ako se neki server ne nalazi na RBL listi a dobijete mail koji je zaražen virusom, na ovaj način nećete biti zaštićeni.

Posebni softveri ili hardverski uređaji (Firewall, UTM, EmailSecurity...) koji se koriste za zaštitu e-mail komunikacije poseduju različite mogućnosti od korišćenja RBL lista preko SPI<sup>8</sup> (Stateful Packet Inspection), DPI<sup>9</sup> (Deep Packet Inspection), AV<sup>10</sup> (Anti virus) i ostalih

<sup>6</sup> The Radicati Group, Inc., A Technology Market Research Firm, Email Statistics Report 2013-2017, April 2013.

<sup>7</sup> Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/DNSBL>

<sup>8</sup> Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Stateful\\_firewall](http://en.wikipedia.org/wiki/Stateful_firewall)

<sup>9</sup> Wikipedia,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_packet\\_inspection](http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_packet_inspection)

zaštita. U zavisnosti od kvaliteta rešenja zavisi i uspešnost odbrane od napada koji dolaze preko e-mail-a.

Po istraživanju „Radicati Group“, tipični poslovni korisnik prima i šalje oko 110 poruka dnevno. I pored dobre e-mail zaštite, koju kompanije koriste, oko 18% je SPAM<sup>11</sup>.

Nije potrebno naglašavati da bilo koji način zaštite zahteva obučeno i stručno osoblje koje će se time baviti, zatim na troškove uređaja, softvera i licenci potrebno je dodati i troškove osoblja koje se ovom zaštitom bavi. Samo podešavanje filtera na ovim zaštitama postao je svakodnevni rutinski posao koji zahteva neprestanu pažnju i aktivnost.

Setite se početka teksta kada sam naveo osnovne funkcionisanja e-mail-a, pomenuo sam internet kao sredstvo komunikacije/transporta e-mail poruke.

Ako se e-mail prenosi/transportuje putem interneta i ako znamo da je oko 80% ukupnog e-mail saobraćaja SPAM, zašto taj SPAM ne bi smo zaustavili na internetu a ne u našem preduzeću i na našem mail serveru?

Svakodnevno smo svedoci učestalih napada na korporativne informacione sisteme kao i na informacione sisteme državnih organa i institucija. Perimetar mreže je odavno izgubio svoje jasne granice i zamagljen je u mnoštvu mobilnih uređaja koje korisnici koriste za rad od kuće a koncept BYOD (Bring Your Own device)<sup>12</sup> je sve zastupljeniji.

Do skoro smo mogli jasno definisati perimetar našeg informacionog sistema/mreže ali sada je to jako teško i možemo slobodno reći da je perimetar naše mreže svaki korisnik, pojedinačno.

Nameće se zaključak da je najbolja zaštita ona koja se odvija na samom internetu (u Cloud-u) i to pre nego što dođe do našeg linka i naših mail servera. Ako za trenutak zanemarimo samu zaštitu videćemo da je naš internet link opterećen sa 100% e-mail poruka koje stižu na naš mail server dok je od toga, samo 20% e-mail poruka legitiman. Ukoliko pretpostavimo da u našoj kompaniji koristimo kvalitetnu e-mail zaštitu, to znači da pored anti-spam zaštite imamo i anti virus zaštitu i mnoge druge. Sve to stvara redovne troškove na mesečnom/godišnjem nivou za softver i licence... Naravno, pored toga imamo i troškove stručnog osoblja koji rade na ovim uređajima.

Ukoliko bi smo zaštitu e-mail komunikacije vršili na internetu, prva ušteda bi bila u kapacitetu našeg internet linka. Uštedeli bi smo oko 80-90% e-mail saobraćaja.

<sup>10</sup> Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Antivirus\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/Antivirus_software)

<sup>11</sup> The Radicati Group, Inc., A Technology Market Research Firm, Email Statistics Report 2010-2014, April 2010.

<sup>12</sup> Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Bring\\_your\\_own\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/Bring_your_own_device)

Verujem da ova cifra deluje impresivno i da bi se odmah osetilo poboljšanje u brzini internet linka za druge potrebe. Ako još dodamo i to da nemate potrebu za stručnom radnom snagom koja će se baviti e-mail zaštitom, ušteda je očigledna.

#### 4. E-MAIL DEFENCE SERVICE<sup>13</sup>

*Koje su prednosti e-mail zaštite na internetu i šta sve možemo postići na ovaj način?*

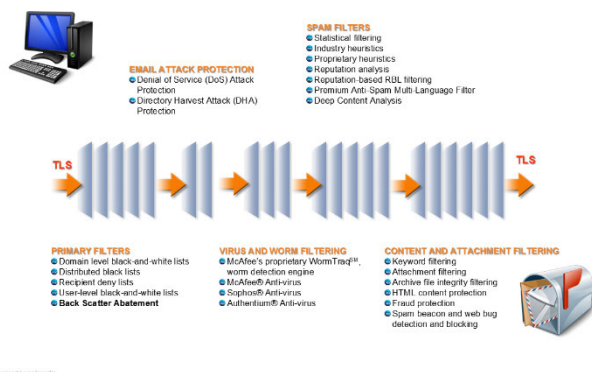
E-mail zaštita nije samo zaštita od dolazećih e-mail poruka već i od odlazećih koje mogu napraviti daleko veću štetu po reputaciju kompanije kao i neautorizovani odliv podataka. Svedoci smo gubitka JMBG brojeva<sup>14</sup> i drugih podataka o ličnosti iz raznih državnih institucija. Pored dolazećih (Incoming) e-mail poruka, potrebno je zaštititi i odlazeće (Outgoing) e-mail poruke.

Zaštita dolazećih e-mail poruka bitna je za produktivnost zaposlenih i zaštitu informacionog sistema od napada spolja dok je zaštita odlazećih e-mail poruka bitna za neovlašćeni odliv podataka DLP<sup>15</sup> (Data Loss Prevention) kao i zaštitu od slučajno ili namerno zaraženih računara koji šalju SPAM poruke i time ugrožavaju rad korporativnog mail servera što obično dovodi do toga da se vaš mail server nađe na nekoj RBL listi.

#### 5. E-MAIL SECURITY<sup>16</sup>

E-mail zaštita na internetu sastoji se od preko 20 filtera kroz koji prolazi svaki e-mail koji dolazi ili odlazi iz vaše organizacije. Bez obzira na reputaciju vašeg mail servera i drugih globalnih filtera, svaki mail će proći svojevrstu proveru i tek nakon toga će se e-mail proslediti na vaš mail server ili će se odbiti kao nepoželjan.

### Email security



Jako interesantan deo ove zaštite je i to što svaka e-mail poruka prolazi proveru 4 različita antivirus programa, tako da je gotovo nemoguće dobiti ili poslati virus preko vašeg mail servera.

13

[http://www.oriontelekom.rs/poslovni\\_korisnici/inzenjerin\\_g/e-mail\\_defence.529.html](http://www.oriontelekom.rs/poslovni_korisnici/inzenjerin_g/e-mail_defence.529.html)

<sup>14</sup> Dnevnik, <http://www.dnevnik.rs/hronika/velika-pljacka-jmbg-nemoguca>, decembar 2014.

Efikasnost ovog rešenja je 99,71% zaštite a False-Positive (legitiman/ispravan e-mail prepoznat kao spam) je najniži u industriji (procena je 1:300.000).

#### 6. EMAIL CONTINUITY<sup>17</sup>

Bitna stvar za svaki poslovni proces je i neprekidnost u radu. Bez obzira da li ste resetovali vaš mail server zbog redovnog održavanja ili update-a sistema ili je došlo do prekida vašeg internet linka ili kvara na hardveru, primićete svaki e-mail koji vam je poslat.

Dok traje prekid u radu vašeg mail servera, vaši korisnici će biti u mogućnosti da se preko web pretraživača uloguju na svoj email nalog (webmail), pročitaju i odgovore na e-mail poruke koje trenutno dobijaju, dok vaš email server ne postane funkcionalan.

Vremenski period u kojem ćete moći da koristite Email Continuity je do 14 dana, što je više nego dovoljno da osposobite svoj mail server i nastavite sa normalnim radom. U trenutku kada vaš mail server postane funkcionalan, sve e-mail poruke će biti prosledene korisnicima tako da nećete izgubiti ni jednu e-mail poruku.

#### 7. EMAIL ARCHIVING

Jedan od problema koji se javlja u poslovnoj primeni e-mail komunikacije jeste i arhiviranje e-mail poruka. Organizacija koja ima 200 i više e-mail naloga mora vrlo ozbiljno razmotriti arhiviranje e-mail poruka. Ako uzmemo za primer da je limit na mailbox (jedan korisnik) 2Gb i pomnožimo sa brojem korisnika, dobićemo značajne cifre za koje je potrebno obezbediti storage visokog kapaciteta. Kao i kod arhiviranja bilo kojih elektronskih podataka, postavlja se pitanje sigurnosti i pouzdanosti elektronske arhive što navodi na redundantne storage sisteme koje je potrebno čuvati i održavati.

Prebacivanjem e-mail arhive na internet i plaćanjem mesečnog/godišnjeg troška ovog servisa, olakšava se celokupni proces i oslobađa vaše resurse (ljudske i hardverske).

#### 8. EMAIL ENCRYPTION

Ukoliko postoji potreba da vaša e-mail komunikacija bude sigurna/tajna možete enkriptovati svaku vašu e-mail poruku i razmenjivati je sa drugim korisnicima i biti sigurni da je niko drugi neće pročitati.

Ovde treba obratiti pažnju da je enkripcija e-mail poruka dobra u slučajevima kada je komunikacija u okviru jedne organizacije ili sa poznatim osobama sa kojima ćete pouzdano razmenjivati mail.

<sup>15</sup> Wikipedia,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_loss\\_prevention\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_loss_prevention_software)

<sup>16</sup> [http://www.yutro.com/?page\\_id=23](http://www.yutro.com/?page_id=23)

<sup>17</sup> [http://www.yutro.com/?page\\_id=23](http://www.yutro.com/?page_id=23)

Mnoge organizacije automatski odbijaju kriptovane e-mail poruke kao nepoželjan saobraćaj jer ne mogu kontrolisati sadržaj poruke što se obično koristi za slanje raznih malware-a i drugih nepoželjnih programa.

## 9. KO MOŽE DA ČITA MOJ MAIL?

Prvo pitanje koje se postavlja za bilo koje rešenje na internetu (Cloud-u) jeste da li je sigurno i u ovom slučaju konstatacija „Neću da mi neko tamo čita mail“.

Statistika kaže da je 24% korporativnih e-mail naloga a 76% privatnih. Većina privatnih e-mail naloga su javni i besplatni nalozi (Yahoo, Gmail, Hotmail...) koji se nalaze „negde na internetu“.

Obzirom da ovde govorimo o korporativnom e-mail-u, ovo pitanje treba uzeti ozbiljno i dobro razmisliti koje rešenje je najbolje za kompaniju odnosno organizaciju.

Ako se još jednom podsetimo kako e-mail komunikacija funkcioniše, setićemo se da je sredstvo komunikacije/transporta e-mail poruka internet. Da bi kompanija ili organizacija funkcionisala i koristila svoj e-mail server, potrebno je da poseduje internet link preko svog internet servis provajdera.

Internet servis provajder (operater) podleže Zakonu o elektronskim komunikacijama<sup>18</sup> i Pravilniku o opštim uslovima za obavljanje delatnosti elektronskih komunikacija po režimu opšteg ovlašćenja<sup>19</sup>.

U Zakonu o elektronskim komunikacijama, član 128, alineja 4 piše: „Operator iz stava 1. ovog člana dužan je da zadržane podatke čuva 12 meseci od dana obavljene komunikacije“. Ovo je iz dela „XVII Tajnost elektronskih komunikacija, zakonito presretanje i zadržavanje podataka“.

Ukoliko pojednostavim celokupnu problematiku to izgleda ovako:

- Bez obzira gde se vaš mail server nalazi, e-mail poruke će se prenositi preko interneta
- Nije važno gde će se vaša e-mail komunikacija filtrirati jer poslednja tačka putovanja e-mail poruke jeste vaš internet servis provajder (operater)
- Internet servis provajder (operater) obavezan je prema Zakonu o elektronskim komunikacijama i Pravilniku o opštim uslovima za obavljanje delatnosti elektronskih komunikacija po režimu opšteg ovlašćenja

18

<http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/zakoni/2010/1543-10Lat.zip>

## 10. ZA I PROTIV

### ZA

Korišćenje Email Security zaštite na internetu (u Cloud-u) ima višestruke prednosti:

- Štiti vašu e-mail komunikaciju na efikasan način
- Zero-hour zaštita od svih novih pretnji
- Visok nivo efikasnosti (99,71%)
- Ne postoji kapitalna investicija (ulaganje u opremu, softver)
- Operativni (predvidiv) mesečni/godišnji trošak
- Ušteda oko 80-90% e-mail saobraćaja (internet link)
- Nema potrebe za angažovanje stručnog osoblja
- Zaštita od neautorizovanog odlivanja podataka
- Mogućnost enkripcije i arhiviranja

### PROTIV

Realno je teško pronaći razloge protiv Email Security-a na internetu (u Cloud-u). Uglavnom se navodi da je to nemogućnost kontrole filtera. Međutim, ko je nekada radio sa bilo kojim softverom ili hardverom za zaštitu e-mail komunikacije zna da je to jako dinamičan posao koji nije ni malo prijatan.

Mogućnost čitanja mail-ova od strane trećih lica takođe nije dovoljno dobar razlog jer bez obzira gde se filtriranje vrši, vaš internet servis provajder je u obavezi da vašu komunikaciju čuva i dostavi nadležnim organima (ukoliko ste predmet interesovanja).

Možda se kao negativna stavka Email Security-a na internetu može uzeti to što su troškovi fiksni za svo vreme trajanja servisa, tako da nemate amortizaciju ali i svaki softver ili hardver zahteva godišnje pretplate na nove definicije anti virusa i filtera.

## 11. ZAKLJUČAK

Kada mobilnost postaje svakodnevica u radu mnogih kompanija i organizacija, gde većina poslovnih korisnika čita svoje mail-ove na računarima, notebook-ovima, tabletima, smart telefonima pa sada već i na pametnim časovnicima, klasična zaštita više nije dovoljna. Više ne poznajemo perimetar mreže kao jasno definisanu oblast već je svaki korisnik pojedinačno, samostalan perimetar našeg informacionog sistema. Shodno tome, potrebno je otvoriti mozak za nova razmišljanja, nove pristupe i biti spreman za nove izazove koji se svakodnevno postavljaju pred kompanije i organizacije.

Ekonomski efekti postali su veoma važni za svaku organizaciju koje žele opstati na tržištu, smanjiti troškove i povećati efikasnost. „Zaštita na internetu, od interneta“ je budućnost kojoj se moramo priključiti.

19

<http://www.ratel.rs/upload/documents/Regulativa/Pravilnici/Telekomunikacije/Pravilnik%20o%20opstim%20uslovima%20za%20delatnost%20el.%20komunikacija.pdf>

# SISTEMI UPRAVLJANJA U MALIM HIDROELEKTRANAMA DCS IN SMALL HYDRO-POWER PLANTS

Bogdan Popović

*Institut Mihajlo Pupin, Automatika*

**Sadržaj** – U ovom radu je urađen osvrt na primenu računarskih sistema u malim hidroelektranama na primeru HE Međuvršje. Biće predstavljeno nekoliko koncepata sistema upravljanja zavisno od veličine i topologije elektrane i lokalnog elektroenergetskog sistema.

**Abstract** – This paper gives a review of control system application in small hydro power plants with HPP Međuvršje as an example. Several concepts of control system depending of size and topology of plant and local power production and distribution system will be presented.

## 1. UVOD

Poslednjih godina potreba za električnom energijom je u konstantnom porastu. Ulaganje u obnovljive izvore je postalo veoma popularno delom zbog ekološkog aspekta, a delom i zbog povlašćenih tarifa pri prodaji energije.

Sve više privatnih investitora se odlučuje da investira kapital u postrojenja za proizvodnju električne energije. Najpopularniji oblici su solarne, vetro i hidro elektrane. Od ova tri tipa male hidroelektrane su najmanje zavisne od promena vremenskih prilika. Hidrološkim studijama se mogu precizno definisati potencijali nekog potoka ili reke u toku godine i time predstavljaju pouzdan izvor energije.

Pored privatnih investitora i država kroz različita javna preduzeća ima interes u iskorišćenju potencijala za izgradnju malih hidroelektrana. Postojeći vodozahvati, brane, cevovodi mogu se iskoristiti i na njima se montirati turbine i generatori male snage umesto da ta besplatna energija propada.

Bez obzira ko je investitor cena je jedan od glavnih faktora koji utiče na izbor opreme. Pri tome, sistem za upravljanje elektranom je obično po prioritetu iza mašinskog, energetskog i zaštitnog dela opreme. Za razliku od velikih postrojenja gde se teži distribuiranosti zbog veličine, broja pogona i njihove razuđenosti na objektu, ovde je cilj spakovati što više funkcija u što manje opreme. To se delom radi i zbog toga što su male hidroelektrane obično i fizički male, pa posle rasporeda mašinske i energetske opreme, ostaje malo prostora za opremu sistema upravljanja.

## 2. HE MEĐUVRŠJE

Hidroelektrana Međuvršje nalazi se na Zapadnoj Moravi u blizini Čačka. Elektrana je protočnog tipa i prvi put je puštena u rad 1957. Krajem 2010. završeni su radovi na revitalizaciji postojeća dva agregata i podignuta je snaga na 9MW. Zamenjena je većina elektromašinske opreme i postavljen potpuno novi sistem upravljanja proizvodnje Instituta Mihaio Pupin, Beograd. Sistem je zasnovan na procesnim stanicama Atlas Max koje omogućavaju daljinski nadzor i upravljanje agregatima.

Po završetku revitalizacije pristupilo se projektu izgradnje i montaže dodatnog agregata na elektrani. Elektrana je po zakonu bila u obavezi da korisnicima nizvodno od brane obezbedi garantovani protok od  $3.75\text{m}^3/\text{s}$  u koritu reke Zapadne Morave. Kada je dotok inače nizak toliko da agregati ne mogu da rade, ovaj minimum se obezbeđivao ispuštanjem vode preko jednog od prelivnih polja brane. Da se ne bi bacala energija te vode rešeno je da se na elektrani ugradi novi, dodatni, agregat koji bi u slučaju potreba obezbeđivao taj biološki minimum a u isto vreme proizvodio električnu energiju. Agregat je snage 750kVA i kao takav, po klasifikaciji, pripada mini hidroelektranama.

Sistem upravljanja dodatnog agregata zasnovan je na multifunkcionalnoj mikroprocesorskoj stanici tipa Atlas Max-RTL, Instituta Mihailo Pupin, u redundantnoj konfiguraciji. Ona je redundantnim optičkim linkovima povezana u postojeće svičeve na komandi elektrane. Time je dodatni agregat povezan u mrežu elektrane zajedno sa postojeće dva agregata i omogućeno je upravljanje agregatom iz nadređenog SCADA sistema.

Na nivou komandne table agregata pored stanice sistema upravljanja razlikujemo još neke inteligentne računarske uređaje koji kontrolišu različite delove sistema.

Turbinski regulator je veoma bitna karika u sistemu. Njegova uloga je da upravlja aparatima koji kontrolišu rad turbine. Od velike važnosti je da se brzina obrtanja turbine, a samim tim i generatora, održava konstantnom sve vreme rada agregata. Veoma male varijacije mogu prouzrokovati ispad agregata sa mreže. U ovom slučaju turbinski regulator je realizovan kao zasebni uređaj koji je komunikaciono i žičano spregnut sa sistemom upravljanja. Veza je realizovana ETHERNET interfejsom preko FNL konvertora protokola a sam protokol koji se



koristi je PROFIBUS DP. Time je obezbeđena brza i pouzdana razmena podataka.

Regulator pobude je realizovan takođe kao zaseban uređaj, a smešten je u isti orman gde i procesna stanica. Arhitektura je realizovana kao mikrokontrolerske štampane ploče sa definisanim ulogama u kombinaciji sa energetske delom. Njegova uloga je da održava električne parametre agregata u zadatim kriterijumima. Komunikaciona veza ka sistemu upravljanja je realizovana kao serijska veza po MODBUS RTU protokolu.

Električne zaštite su inteligentni industrijski računari sa ulogom da prate električne parametre agregata i da u slučaju potrebe reaguju i isključe odgovarajuće prekidače kako bi sprečili veća oštećenja generatora. Komunikaciona veza ka sistemu upravljanja je realizovana kao serijska veza po MODBUS RTU protokolu.

Poslednja stavka koja čini ovaj sistem kompletnim je operatorska stanica koja je realizovana kao industrijski računar u rekovskom kućištu sa panelom osetljivim na dodir na vratima ormara. Preko njega se obavlja kompletna interakcija čoveka sa agregatom i svim pomoćnim pogonima, omogućava pregled parametara kao i izdavanje komandnih naloga.

U ovako koncipiranom sistemu, gde su funkcije rasporedjene na zasebne uređaje, uloge sistema upravljanja se svode na:

- START/STOP sekvencu
- Tehnološke zaštite agregata
- Upravljanje pomoćnim pogonima
- Komunikacija sa periferijama
- Merenje električnih i neelektričnih veličina
- Komunikacija sa nadređenim SCADA sistemom

Pošto je ovo mala hidroelektrana, tehnologija je jednostavnija u odnosu na velike, a kako je smeštena u postojećoj elektrani, neki podsistemi su iskorišćeni pa je time i sam algoritam upravljanja pojednostavljen.

Centralna procesorska jedinica procesne stanice, sa svojim pripadajućim I/O modulima, optimizovana je u softverskom i hardverskom smislu za funkcije upravljanja u realnom vremenu. U softverskom smislu, srce sistema je operativni sistem zasnovan na linux-u prilagođenom za rad u realnom vremenu. Različite funkcije predstavljaju zasebne procese koji se odvijaju prema zadatim prioritetima i sa definisanim vremenskim markicama. Jedan od procesa je algoritam upravljanja koji se obavlja prema lederskom dijagramu (IEC 61131) definisanom u specijalizovanom alatu za tu namenu. Tu su sakupljeni svi signali iz i ka pogonu kao i način rada pogona u zavisnosti od tih signala.

Sistem upravljanja agregatom sa procesnom stanicom na čelu je samo deo šireg sistema upravljanja elektranom.

Nju čini SCADA sistem koji objedinjuje, u ovom slučaju, sva tri agregata kao i neke pomoćne pogone u jedinstvenu bazu. Time je omogućeno upravljanje celom elektranom sa jednog ili više mesta. Sistem čine redundantni SCADA serveri, arhivski server, inženjerske stanice i opciono web server. Ovo su sve industrijski računari obično u rekovskoj izvedbi sa specijalizovanim operativnim sistemima i softverom za posebnu namenu.

U slučaju HE Medjuvršje taj sistem je već postojao pošto je bio ugrađen pri revitalizaciji „velikih“ agregata. Dodatni agregat je samo povezan redundantnim optičkim linkovima u postojeće servere. Pošto je instalirani sistem upravljanja po prirodi skalabilan, uz malo posla oko proširenja postojeće baze kao i izradunovih slika za operatorske stanice, novi agregat je ubačen u sistem.

### 3. KONCEPT SISTEMA UPRAVLJANJA MHE

Po veličini hidroelektrane se dele na:

- Mikro  $P < 100\text{kW}$
- Mini  $100\text{kW} < P < 500\text{kW}$
- Male  $500\text{kW} < P < 10\text{MW}$

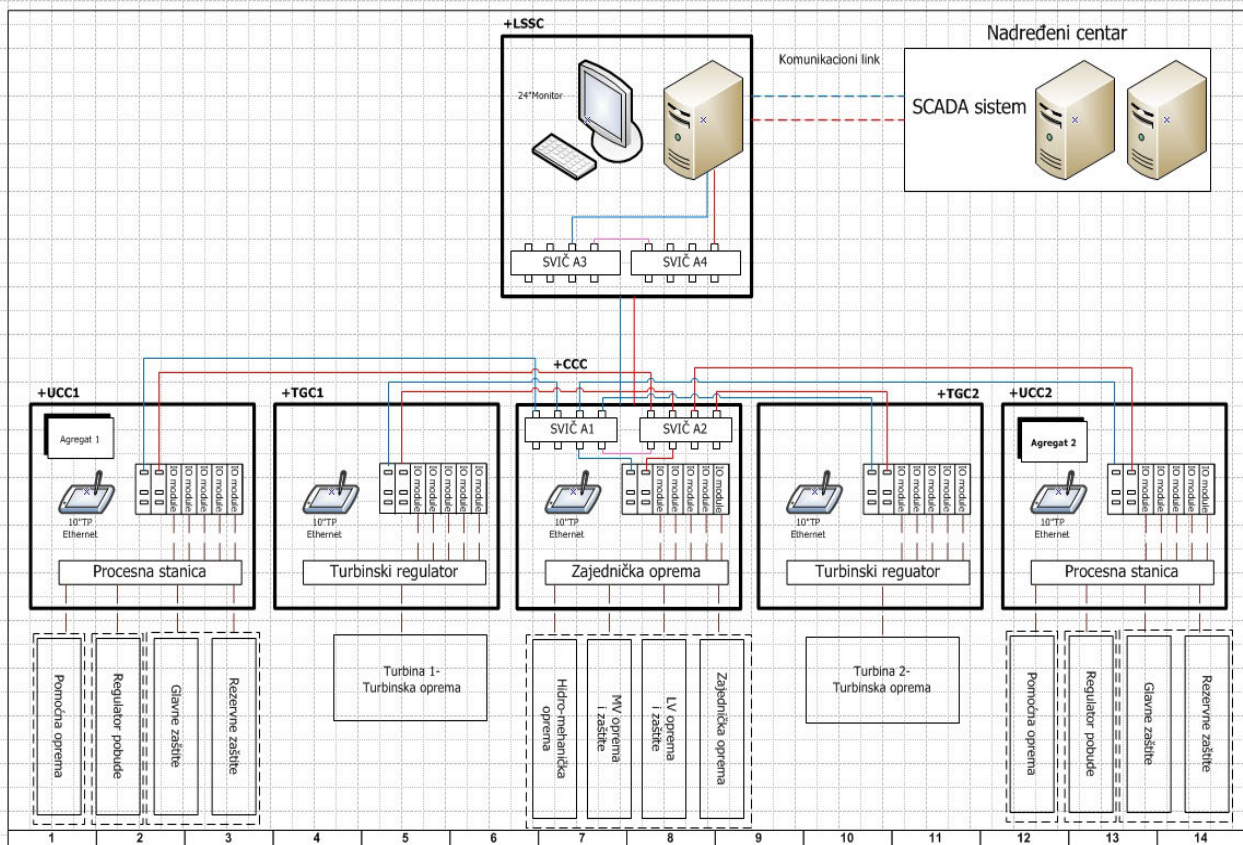
Povećanjem snage raste i složenost sistema. Menjaju se kriterijumi za povezivanje na mrežu, broj podsistema i pomoćnih pogona neophodnih za funkcionisanje agregata, kao i svi elektroenergetski parametri elektrane. Samim tim rastu i finansijska sredstva potrebna za izgradnju. Sa druge strane veće elektrane donose veće prihode. Pri projektovanju elektrane, a samim tim i sistema upravljanja, teži se nekom optimumu odnosa uloženog i dobijenog.

Na primeru dodatnog agregata na HE Međuvršje prikazan je koncept sistema gde, pošto je agregat građen u postojećoj elektrani, neki troškovi su značajno smanjeni..

- Nije bilo velikih građevinskih radova,
- Korišćen je postojeći jednosmerni razvod,
- Priključenje na mrežu je bilo unutar elektrane,
- Nadređeni sistem je već postojao.

Takođe, jedan od prioriteta pri projektovanju je bila unifikacija opreme sa velikim agregatima zbog lakšeg održavanja i rezervnih delova. Pri tome su sve komponente razdvojene u zasebne uređaje i gde god je to moglo uređaji su realizovani u redundantnoj konfiguraciji kao i komunikacione veze koje su duplirane.

Zarad smanjenja troškova kod mikro i mini elektrana, više funkcija bi moglo da se objedini u jedan uređaj. Tako bi procesna stanica agregata mogla da obavlja i funkciju turbinskog regulatora. Da bi se to omogućilo neophodno je dovođenje merenja brzine, položaja lopatica usmernog aparata i radnog kola, zavisno od tipa turbine, u procesnu stanicu i naravno realizacije algoritma regulacije.



Slika 1. Topološka šema mini hidroelektrane sa odvojenim turbinskim regulatorom

Što se tiče samog hardvera, turbinski regulator zahteva nešto bržu detekciju i reagovanje na promene od sistema upravljanja. Kod sistema upravljanja akvizicija signala na 10ms i vreme ponavljanja lederskog ciklusa od 200ms su sasvim prihvatljivi dok bi te vrednosti kod turbinske regulacije bile 1ms za akviziciju i 10ms za lederski ciklus. Procesna stanica Atlas Max-RTL zbog svoje konfigurabilnosti omogućava da se ove dve funkcije sa svim zahtevanim parametrima realizuju u jednom uređaju. Moguće je pokrenuti dva nezavisna procesa, jedan na 200ms a drugi na 10ms koji bi radili paralelno. Ovime su projektovanje, implementacija i održavanje sistema dosta uprošćeni, a samim tim i cena je niža. Izbegnuta su dupla napajanja uređaja, duple signalizacije i duplirani komunikacioni putevi i uređaji. Sa druge strane ovime je izgubljen jedan procenat pouzdanosti sistema. Izgubljena je mogućnost rada elektrane u situaciji kad sistem upravljanja nije u funkciji ili ima redukovanu funkcionalnost. Mada kod mikro i mini elektrana to i ne može da se očekuje pošto se zbog smanjivanja troškova obično izbegava ručno upravljanje celom elektranom.

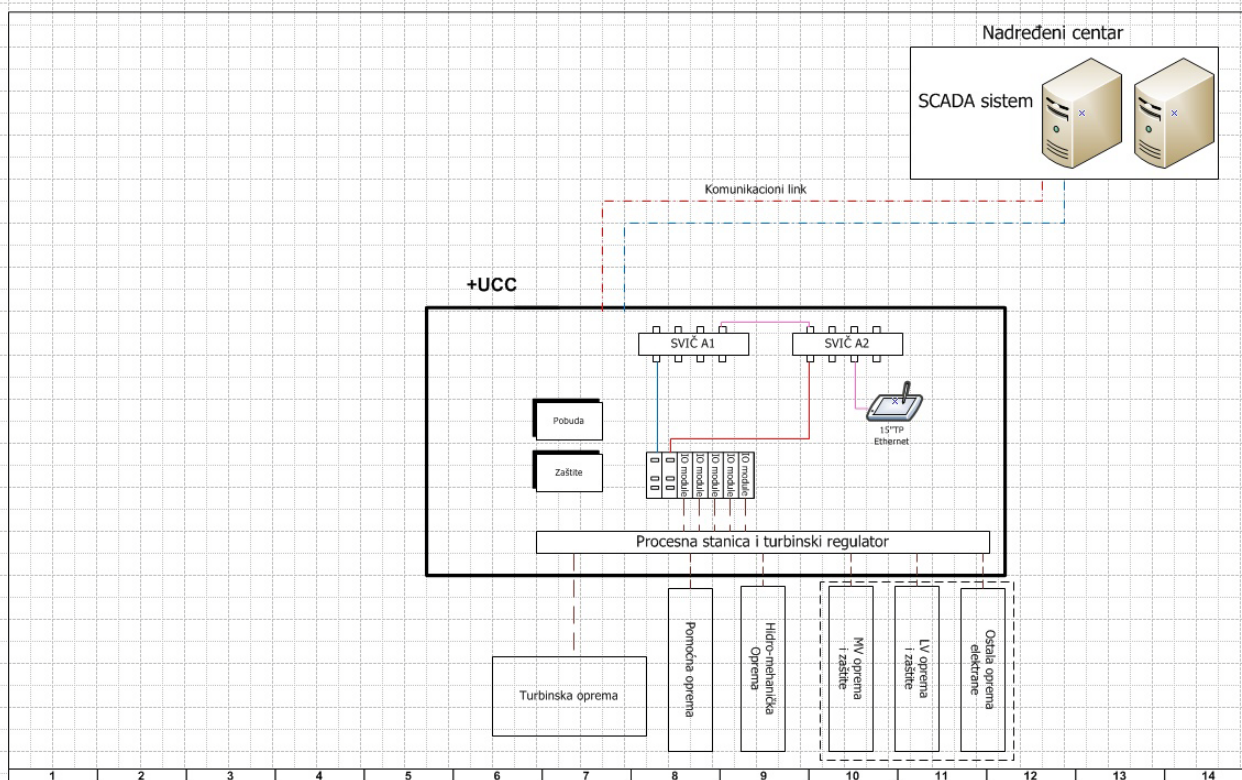
Pored turbinskog regulatora u procesnoj stanici agregata se mogu realizovati još neke funkcionalnosti. Elektronski deo regulatora pobude bi mogao da se implementira u procesnoj stanici. Energetski deo bi naravno morao da se realizuje kao odvojen uređaj. Takođe u zavisnosti od veličine elektrane može postojati i sistem sopstvene potrošnje i jednosmernog razvoda. Ovi sistemi na većim elektranama imaju svoje zasebne kontrolere koji su sa

sistemom upravljanja spregnuti komunikaciono ili žičanim signalizacijama. U manjim elektranama ovi

sistemi nisu previše složeni i upravljanje njima bi takođe moglo da se implementira u procesnoj stanici agregata.

Još jedna funkcionalnost na kojoj može da se uštedi pri projektovanju je redundansa. Kod većih elektrana se podrazumeva da sve bitne upravljačke i komunikacione karike budu duplirane zbog pouzdanosti. Princip koji se primenjuje je zaštita od jednostrukog kvara. Procesna stanica agregata je u redundantnoj konfiguraciji, električne zaštite su realizovane sa dva sistema identičnih ili gotovo identičnih funkcija. Sve komunikacione veze su duplirane, delovanje na bitne prekidače je dvostruko, a negde čak i četverostruko. Sve su to funkcije koje se kod manjih elektrana ne moraju duplirati.

Jedna od funkcionalnosti koja se ne može implementirati, pa čak ni njen algoritam, u procesnoj stanici agregata je funkcija električnih zaštita. To su uređaji koji mere električne parametre agregata i kompleksnim algoritmima procenjuju kad je došlo do neželjenog stanja i pri tome isključuju odgovarajuće prekidače i druge aparate da bi sprečili veća oštećenja. Ovo su najbitniji zaštitni uređaji i zbog toga je bitno da budu zasebni i nezavisni. Mogu biti komunikaciono spregnuti sa sistemom upravljanja radi obezbeđivanja sagledavanja kompletnog stanja agregata sa jednog mesta. Sa druge strane, nekada čak ni procesna



Slika 2. Topološka šema mini hidroelektrane sa integrisanom funkcijom turbinskog regulatora

stanica nije neophodna da bi se realizovao sistem upravljanja agregatom. Na jednom objektu, vlasnik i projektant su realizovali potpuno automatsko upravljanje agregatom unutar uređaja električnih zaštita. Iskorisitali su postojeće I/O module koje zaštitni uređaj poseduje da bi

doveli signale iz pogona i unutar zaštitnog uređaja napravili prostu logiku rada agregata. Ovaj sistem, sa stanovišta praćenja parametara agregata, nije najbolji pošto ne daje mnogo, ali je za realizaciju bio jednostavan i jeftin. Do poteškoća može da dođe kad se desi neki kvar i kada je za dijagnostiku neophodno da se sagleda više informacija od ponuđenih. Isti investitor je na drugoj lokaciji primenio malo modifikovanu verziju sistema gde je upravljanje realizovano u zasebnoj procesnoj stanici, koja nije u redundantnoj konfiguraciji, dok je u uređaju zaštita realizovao rezervnu varijantu. Ako procesna stanica iz nekog razloga nije funkcionalna, agregat može, sa minimumom neophodnih funkcija, nesmetano da radi.

Što se tiče nadređenog sistema upravljanja (SCADA sistema) njegova realizacija u malim hidroelektranama može biti različita. Ukoliko je u pitanju usamljena elektrana male snage ekonomski je neisplativo realizovati kompletan SCADA sistem. U tom slučaju zahvalno je rešenje koristiti industrijske „all-in-one“ računare sa ekranom osetljivim na dodir koji bi se montirali na vrata ormana upravljanja i na njima implementirala operatorska stanica koja bi imala sve funkcije upravljanja i neke redukovane funkcije većeg SCADA sistema (kratkoročno arhiviranje, pregled alarma, pregled HRD-a...). ukoliko ima više agregata na elektrani onda se na vrata mogu

staviti jednostavniji „touch paneli“ sa bazičnim HMI-em dok bi zasebna radna stanica imala funkciju operatorske i inženjerske stanice za celu elektranu.

Ukoliko je elektrana u blizini nekih drugih elektrana ili elektroenergetskih objekata koji su u sastavu iste kompanije onda je najbolje rešenje da se objedini komanda i SCADA sistem za sve objekte na jednom mestu. Time se dobija niža ukupna cena projektovanja, proizvodnje, implementacije, ali i eksploatacije i održavanja. Pošto se ionako male hidroelektrane projektuju sa namerom da rade bez stalne posade onda je ovo najbolje rešenje za daljinski nadzor i upravljanje. Na procesnoj stanici agregata se realizuju sve funkcije upravljanja dok se iz nadređenog centra samo šalju nalozi i vrši monitoring. Pri tome se na samim elektranama realizuje samo minimum nadzornih funkcija da bi čovek koji bi došao zbog održavanja mogao da sagleda stanje sistema.

U okviru procesne stanice se može realizovati i funkcija grupnog regulatora snage elektrane. To je uređaj koji raspoređuje ukupnu željenu snagu elektrane na raspoložive agregate. To može biti zaseban uređaj ali i ne mora. Takođe može se realizovati i na nivou više zasebnih elektrana pod istom kompanijom. Sam algoritam na osnovu zadatih željenih parametara i podataka iz pogona (nivo vode, ukupna instalisana snaga agregata/elektrane, dostupnost agregata, broj časova rada...) raspoređuje snagu po agregatima/elektranama da bi se isporučila potrebna energija.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kao što je prikazano, sistemi upravljanja mogu imati raznoliku arhitekturu koja zavisi od brojnih parametara (veličine, lokacije, tipa elektrane...). Na kraju, sve se svodi na to koji su prioriteti pri projektovanju istog. Da li su to finansije, pouzdanost, modularnost, skalabilnost, usaglašenost sa postojećom opremom... Bez obzira na sve, moraju se poštovati standardi i neka pravila koja su se pokazala dobro u praksi bez obzira da li se to kosi sa željama investitora. A to nije lako...

# ERP SISTEM U FUNKCIJI POBOLJŠANJA POSLOVANJA

## ERP SYSTEMS AS SUPPORT IN BUSINESS IMPROVEMENT

Sladana Kostić<sup>1</sup>, Zoran Jovanović<sup>2</sup>, Dejan Andrejević<sup>3</sup>  
JKP NAISSUS, Niš<sup>4</sup>

**Sadržaj** – Brze promene na tržištima naročito kada je u pitanju informaciono - komunikaciona tehnologija postavljaju izazov pred kompanije i pojedince na polju konkurencije, zahtevajući pravovremene odgovore zasnovane na analizi tačnih, kvalitetnih podataka. ERP (Enterprise resource planning) sistemi, kakav je Microsoft Dynamics NAV, su nosioci važne uloge u poslovanju preduzeća. Upravljanje procesima na nivou preduzeća kao i ciljano korišćenje svih resursa postaje poslovna strategija koja vodi unapređenju poslovanja a ERP sistemi stvaraju okruženje za strategije pozitivnih promena.

**Abstract** – Rapid changes in the markets especially when it comes to information – communication technologies, challenging companies and individuals in the field of competition, requiring timely responses based on the analysis of accurate, high-quality data. ERP (Enterprise resource planning) Systems, such as Microsoft Dynamics NAV, are the holders of important roles in business. Process management at the enterprise level as well as the targeted use of resources becomes a business strategy that leads to improvement of business and ERP systems create an environment for positive change strategy.

### 1. UVOD

Implementacija ERP sistema je jedan od najvažnijih procesa svakog preduzeća koje želi da unapredi poslovanje. Pri tom treba imati jasne zahteve za pokretanje ovakve vrste projekta i u tom slučaju uspeh ne izostaje. Češće se dešava da poslovni ciljevi budu 'kritična masa' koja inicira primenu ERP-a ali se u ovakvom projektu uvek dese i pozitivni tehnološki pomaci.

Poslovni ciljevi podrazumevaju najčešće rešenja sledećih problema:

- Povećanje produktivnosti
- Maksimalnu operativnost
- Pouzdanu integraciju podataka
- Rast i razvoj poslovanja
- Kontinuirane promene u sistemu
- Konkurentsku prednost
- Brz pristup podacima
- Sigurnosni sistem pristupa podacima
- Praćenje poslovnih trendova

Tehnološki ciljevi koji se realizuju implementacijom ERP sistema su:

- Jednostavnost
- Modularnost
- Fleksibilnost
- Pouzdanost
- Integrisanost

Postoje razne definicije ERP sistema ali je svima njima u osnovi, nedvosmisleno definisanje poslovnih procesa tako da sam ERP može da kontroliše unešene podatke i njihovo procesuiranje u sistemu do konačnog rezultata. Na ovaj način se objašnjava *jednostavnost* kao glavna karakteristika sistema. Česta je pojava da kvalifikaciona struktura zaposlenih, naročito u javnim preduzećima, nije na najvišem stepenu obrazovanosti. To može da bude odvratajući faktor pri donošenju odluke o uvođenju ERP-a u preduzeće. Vođen tuđim iskustvom u implementaciji Microsoft Dynamics NAV sistema, JKP Naissus se odlučio za *brand* koji se dokazao na svetskom i domaćem tržištu. Sa aspekta vizuelnog izgleda, okruženje je slično ostalim Microsoft alatima koje su zaposleni već imali prilike da koriste shodno zahtevima i obavezama prema pozicijama u preduzeću tako da se može deklarirati i kao 'familijarno'.

*Modularnost*, važna karakteristika sistema, takođe može da bude bitan faktor u opredeljenju za uvođenje ERP-a. MS Dynamics NAV je sastavljen od modula i svojim detaljnim funkcionalnostima je zadovoljio zahteve postojećih procesa preduzeća i postavio osnov za razvoj novih funkcionalnosti koje nisu obuhvaćene standardnim. Poštujući osnovnu postavku procesa Dynamics NAV-a urađen je razvoj novih modula, *Servis i održavanje mreže* i *Prodaja – Vodovod*. Nadogradnju sistema je delom uradio partner Microsofta izabran za implementatora a većim delom tim preduzeća koji je kasnije, nakon implementacije takođe zasnovao partnerski status sa Microsoftom.

Ne manje važan princip *fleksibilnosti* sistema svakom korisniku stvara prvi utisak o primenljivosti rešenja za njegove potrebe. U slučaju ERP-a kakav je Dynamics NAV, JKP Naissus nije imao dileme prilikom izbora poslovnog rešenja. Izvesna prilagodavanja koja je načinio implementator su jasno pokazala da je ERP okruženje jedini ispravan put koji vodi daljem poslovno – tehnološkom razvoju preduzeća.

Karakteristike *pouzdanosti* i *integrisanosti* sistema su jasan pokazatelj da li je neki sistem otvoren prema drugim aplikacijama i u kojoj meri su podaci zaštićeni. Kada se radi o Microsoft ERP sistemu - Dynamics NAV rešenju, integracija sa Microsoft platformom je kompletno rešena kako sa aspekta korisničkih alata tako i sa aspekta serverskih platformi. Sprega ERP-a i ostalih Microsoft alata (Outlook, Word, Excel) predstavlja pravi primer korisnički orjentisanog okruženja čiji su benefiti u preduzeću JKP Naissus iskorišćeni upravo za kvalitetnije obavljanje aktivnosti korisnika. Sistem prava, dozvola i evidencija promena u potpunosti pokrivaju analizu svake kontrole i provere transakcija.

## 2. IMPLEMENTACIJA ERP SISTEMA

JKP Naissus je kao i većina preduzeća prve korake u vodama softverskih tehnologija načinila oslanjajući se na sopstvene resurse. Informacioni sistem preduzeća se najpre sastojao od više nezavisnih modula i svi su bili produkt internog razvoja. Programi su razvijani godinama i prema projektnom zadatku koji je bio aktuelan u datom trenutku. Najzanimljiviji programi u upotrebi su bili modul za finansijsko poslovanje i fakturisanje usluga (DOS platforma, FoxPro 2.6, .dbf baza), modul za magacinsko i materijalno poslovanje (Windows platforma, SQL server, Visual Basic), modul za evidenciju vodomera i baždarenja (Windows platforma, Microsoft Office Access). Problemi raznorodnosti softverskih paketa, njihovih međusobnih relacija i distribucije podataka između istih su prevaziđeni implementacijom ERP sistema Microsoft Dynamics NAV.[1]

Lokalna podrška koju pruža Microsoft u pogledu višejezične softverske podrške i prilagođenje lokalnom zakonodavstvu kao i podrška certifikovanih Microsoft partnera je bio potreban uslov menadžmentu preduzeća za donošenje odluke da postojeće programske pakete zameni jedinstvenim celovitim rešenjem kakvo je MS Dynamics NAV. Izabrani partner je uradio analizu stanja i predlog rešenja za pojedine procese koji su mu bili ispostavljeni kao jasan zahtev čime bi sam ERP dokazao ispunjenje dovoljnih uslova za njegovu implementaciju.

U razvijenom svetu ERP sistemi predstavljaju moćan upravljački alat za svakodnevnu kontrolu resursa kompanije. Upravo je menadžerska struktura preduzeća JKP Naissus prepoznala da će implementacija jednog takvog sistema biti investicija na dugi niz godina koja može da postane osnov za dalji razvoj kompletnog integrisanog rešenja preduzeća koje koristi i druga rešenja poput geografskog informacionog sistema *GIS*, sistema za merenje, praćenje i kontrolu protoka vode *SCADA*, sistema za praćenje vozila izrađen u saradnji sa Univerzitetom u Nišu (Elektronski fakultet).

Moduli koji su implementirani u preduzeću se mogu nazvati tipičnim modulima proširenog ERP sistema. Kupljena je korisnička licenca tipa Business Essentials (BE). Ona pokriva sledeće module i njihove funkcionalnosti:

- Upravljanje finansijama
- Prodaja i marketing
- Nabavka
- Magacinsko poslovanje
- Planiranje resursa
- Kadrovska evidencija

## 3. PRILAGOĐENJE ERP SISTEMA

Izabrani partner Microsofta je uradio inicijalna podešavanja sistema kao i prilagođenja koja su ispostavljena nizom zahteva. Kao što se moglo očekivati

najviše izmena i dopuna na postojećim funkcionalnostima je izvršeno u području prodaje. Postojeća kartica kupca je proširena velikim setom podataka koji su karakteristični za instituciju kakva je vodovod. Pored podataka o vlasniku priključka koji se odnose na standardne informacije (ime i prezime, adresa, JMBG, matični broj pravnog lica, PIB) dodati su još:

- Adresa mernog mesta
- Adrese drugih vlasnika priključka
- Adresa korisnika priključka
- Adrese drugih korisnika priključka
- Adresa za dostavu računara
- Broj vodomera
- Status vodomera (samostalni, glavni, kontrolni, procentualni, paušalni, hidrant)
- Evidencioni podaci čitačkih knjiga (reon, knjiga, redni broj)
- Cenovna kategorija
- Vrsta (kategorija) korisnika (domaćinstva, skupštine stanara, pravna lica, budžetski korisnici, fakulteti, ministarstva, ambasade, ustanove kulture...)
- GIS koordinate priključka
- Broj članova domaćinstva (broj zaposlenih za pravna lica)
- Vrsta osnovne usluge za fakturisanje
- Skup podataka koji pokazuju status kupca sa aspekta opomena/utuženja
- Status aktivnosti mernog mesta

Slika 1. Kartica kupca – opšti podaci

Definisana je postavka novih entiteta *Adrese*, *Klijenti*, *Vodomeri*. Postavka sistema je izmenjena utoliko da 'životni ciklus' potencijalnog potrošača ne počinje karticom kupca već karticom klijenta koji najpre podnosi zahtev za otvaranje priključka. Po sticanju uslova za dodelom priključka vrši se generisanje kartice kupca sa adekvatnim podešavanjima. Svi relevantni podaci sa kartice klijenta se vezuju za karticu kupca. Nakon generisanja nove šifre kupca pristupa se postavci vodomera u sistemu. Aktiviranjem same kartice kupca

sistem prepoznaje šifre korisnika koje treba da obradi kroz modul za unos potrošnje vode, modul prodaje vode. Moduli koji se svrstavaju u standardne poput upravljanja finansijama (platni promet, osnovna sredstva i sitan inventar, blagajna, opomene, obračun kamate,...), nabavke, magacinskog poslovanja, planiranja resursa, kadrovske evidencije suštinski nisu pretrpeli nikave izmene sem 'kozmetičkih' koje se odnose na formulacije izveštaja.

Svim korisnicima sistema je dodeljena određena uloga koja strogo kontroliše pristup podacima i dostupnost funkcionalnosti. JKP Naissus održava listu korisničkih uloga i prema potrebama je ažurira pri čemu se paralelno prate i evidencije promena koje zaposleni generišu tokom realizacije svakodnevni obaveza. U praćenje su uključeni samo podaci koji su od posebne važnosti za poslovanje preduzeća ili su podložni promenama od strane više korisnika istovremeno.

#### 4. REŠENJE PRODAJE VODE

Modul Prodaje vode je delom razvijen u saradnji sa implementatorom Microsoft Dynamics NAVa. Osnovne postavke su urađene u skladu sa projektnim zadatkom odgovornih zaposlenih JKP Naissusa. Procesi u prodaji, sagledajući ih sa aspekta potencijalnog korisnika usluga, bi se sastojali od sledećih aktivnosti:

- Registracija novog korisnika
- Evidencija novog vodomera
- Kreiranje mernog mesta
- Očitavanje vodomera
- Grupno generisanje faktura za usluge VIK
- Reklamacije kupaca na račune
- Razmena podataka sa JKP Objedinjena naplata
- Razmena podataka sa Centrom za socijalni rad

[1]

Registracija potencijalnog korisnika usluga podrazumeva kreiranje kartice *Klijenta*, koja sadrži sve potrebne informacije o podnosiocu zahteva a između ostalih i adresni kod. JKP Naissus je iskoristio postojeći šifarnik katastarskih opština iz centralne evidencije Republike Srbije, Republički geodetski zavod i usvojio ga za formiranje entiteta *Adrese*. Konceptija rešenja šifarnika adresa je da se stvori osnov da preduzeće jednostavno može da pređe na poštanski šifarnik adresnih kodova ulica kada bude detaljno generisan. Sa tom idejom se u sistemu odvija održavanje ovog entiteta.

Evidencija zahteva korisnika za dobijanje priključka je prvi korak. Nakon što služba priključaka preduzeća proveri da li su tehnički uslovi ispunjeni, zahtev se odobrava i kreira se faktura za izradu priključka na vodovodnu mrežu. Plaćanjem troškova priključenja potencijalni korisnik stiče pravo da postane korisnik usluga. Pristupa se potpisivanju ugovora i postavci vodomera na terenu. Korisniku usluga se dodeljuje ID u sistemu tzv. šifra mernog mesta. Ovako kreirana kartica kupca se naknadno popunjava dodatnim podacima da bi

merno mesto bilo u potpunosti evidentirano. Set pridodatih podataka čine broj vodomera, GIS koordinate, šifra reona, broj knjige, redni broj, vrsta korisnika, status vodomera i eventualna veza sa drugim mernim mestima...

The screenshot shows a software window titled "1033185 Zak. Marinković Miroslav-TR 'MARINKOVIĆ PROMET' - Kartica kupca". The window contains a form with two columns of fields. The left column includes fields for "Opšte" (General) and "Status" (Status) information, such as "Šifra prodavca" (006), "Šifra reona" (40), "Broj knjige" (20), "Redni broj" (129), "GIS X/Y koordinata" (0,00), "Br. vodomera" (IN2755047P 13Q3), "Pasiviziran vodomer" (empty), "Br. stavki opomena/ut..." (0), "Iznos opomena/utruženja" (0,00), "Status opomena/utruže..." (empty), "Saldo pri isključenju/pri..." (0,00), "Status kupca" (dropdown), and "Br. kupca za fakturisanje" (empty). The right column includes fields for "Vrsta korisnika" (21), "Br. članova" (0), "Odobrena potrošnja (m3)" (0), "Cenovna grupa kupca" (43), "Fakturisanje" (Faktura), "Vrsta usluge" (Oba), "Status vodomera" (Kontrolni), "Glavno merno mesto" (0604305), "Broj zavanih mernih m..." (0), "Procenat %" (0,00), "Pauzalni iznos" (0,00), "Procenat fiksnog iznos" (0,00), "Kombinovana veza" (checkbox), "Glavno merno mesto k..." (empty), and "Zavani merno mesto ..." (empty). At the bottom of the window, there are buttons for "Novi", "Promeni", "Kupac" (dropdown), "Funkcije" (dropdown), "Odštampaj" (dropdown), and "Pomoć".

Slika 2. Kartica kupca - statusi

Evidentiranje novog mernog mesta je najčešće u sprezi sa evidentiranjem novog vodomera. Entitet *Vodomer* je segment razvojnog dela projekta. Kartica vodomera sadrži podatke važne za praćenje životnog ciklusa jednog brojila. Među važnijim informacijama su datum postavke u mrežu, datum poslednje postavke, datum poslednje zamene, datum poslednjeg baždarenja, opseg čitanja, prečnik, protok... Svi ovi podaci su od velikog značaja za analizu stanja brojila na terenu kao i za planiranje aktivnosti službi preduzeća. Kartica vodomera je nosilac informacija o mernim mestima na kojima je brojilo bilo postavljano tokom svoje eksploatacije, od prve postavke u mrežu. Pored ovih postoje informacije o razlozima zamene brojila na mernim mestima, što daje jasan uvid u radni vek kao i vrste kvarova koje su detektovane na istim, angažovanju ekipa i pojedinaca na terenu, eventualnim isključenjima potrošača sa mreže zbog neredovnog izmirenja obaveza.

Očitavanje vodomera na terenu rade inkasanti i tako očitana stanja se obrađuju kroz ERP. U nalog potrošnje vode se unose podaci vezani za datum očitavanja, stanje brojila, razlog neočitavanja - ukoliko vodomer nije očitao i komentar. Pored navedenih osnovnih informacija pri čitanju brojila mogu da se označe havarijske potrošnje, procenjene potrošnje (nakon tri meseca neuspelog čitanja brojila), novi start vodomera. Svaka od ovih situacija ima određenu proceduru koja se modularno poziva prilikom grupe obrade celokupnog naloga potrošnje vode.

Evidencija očitanih stanja brojila na mernim mestima je informacija koja predstavlja osnov za višestruke analize koje omogućavaju sagledavanje vodovodne mreže sa raznih aspekata njenog funkcionisanja. Međutim, pored realnih vrednosti na meračima protoka vode, evidencije sadrže između ostalog i podatke o havarijskim potrošnjama na mernim mestima. Ovakve situacije je neophodno označiti kroz sistem kako bi bila izvodljiva





- Čitanje brojlara po reonu i knjizi
- Unos očitane potrošnje za reon i knjigu
- Knjiženje potrošnje za reon i knjigu
- Kreiranje faktura za reon i knjigu
- Knjiženje faktura za reon i knjigu
- Štampa faktura za reon i knjigu

Navedeni pristup evidencije i obrade utroška vode u velikoj meri olakšava funkcionisanje odeljenja i službi preduzeća u realizaciji njihovih dnevnih aktivnosti ako se uzme u obzir da preduzeće JKP Naissus ne vrši samo vodosnabdevanje grada i odvođenje otpadnih voda već se bavi održavanjem vodovodne i kanalizacione mreže i mrežnih priključaka, pruža usluge trećim licima (analiza vode, hlorisanje vode, otpušenje kanalizacija, ispitivanje kvara, uslovi za projektovanje...), odgovorno je za održavanje planinskih izvorišta vode.

Još jedna funkcionalnost koja pripada modulu unapređenja ERP sistema Microsoft Dynamics NAV je opcionalno fakturisanje potrošnje. Podešavanjem na samoj kartici kupca definiše se da li je potrebno

- Fakturisati očitano potrošnju mernog mesta
- Fakturisati očitano potrošnju JKP Objedinjena naplata, koja vrši uslužno fakturisanje usluga javnih preduzeća skupštinama stanara
- Nije potrebno fakturisati nikakvu potrošnju mernom mestu

Primena navedene funkcionalnosti je interesantna naročito kada su u pitanju veze mernih mesta vodometra. U slučaju da je podešavanjem na kartici mernog mesta čiji je vodomer statusa *Glavni* izabrana opcija *Fakturisanje*, glavnom vodomeru se fakturiše razlika ukupne očitane potrošnje i zbira potrošnji mernih mesta u ostatku veze preračunatih prema definisanom učešću u ostvarenoj potrošnji. Kada je na kartici mernog mesta izabrana opcija *Bez fakture*, obrada očitane potrošnje sa glavnog brojlara se odvija po proceduri koja ima dva koraka. Najpre se prema definisanim učešćima mernih mesta u očitanoj količini, umanjuje ukupna očitana kubikaža a potom se vrši alokacija razlike svim mernim mestima u vezi (sa izuzetkom mernog mesta čije brojilo ima status glavnog) prema podešavanju raspodele koja može biti:

- Proporcionalna prema učešću potrošnje u ukupno očitanoj
- Jednaka, što podrazumeva linearnu raspodelu razlike svim mernim mestima

Sem opisanih funkcionalnosti koje su složenije u svom razvoju a po obimu obrade podataka zahtevnije, postoji čitav niz novih funkcionalnosti koje uređuju i kontrolišu procesiranje podataka u sistemu. U takve mogu da se svrstaju obrade reklamacije kupaca, pripreme podataka za preduzeće JKP Objedinjena naplata radi daljeg prefakturisanja skupštinama stanara, pripreme podataka dobijenih iz Centra za socijalni rad u svrhu smanjenja obaveza potrošača koji su u kategoriji fizičkih lica koja ostvaruju pravo na socijalnu pomoć, pripreme podataka za

potrošače koji žive u reonima izvorišta koji imaju pravo na ugovoreni odbitak, posebne pripreme podataka za razne specifične slučajeve raspodela potrošnji.

Microsoft Dynamics NAV kao jedan od informacionih sistema preduzeća upotpunjuje bazu za sveobuhvatni integrisani poslovni sistem koga još čine sistemi GIS i SCADA. Geografski određene zone koje determinišu sistem GIS, permanentno prate sistem SCADA čiji su rezultujući izlazi upravo izmereni protoci vode u mernim tačkama i sistem Dynamics NAV koji rezultira očitano potrošnjom. Razlike ovih merenih veličina su predmet analiza sračunavanja bilansa vode. [3]

Tabela 1. Preporuka IWA za sračunavanje bilansa vode

Ukupno uneta voda u sistem	Registrovana potrošnja	Naplaćena registrovana potrošnja	Naplaćena izmerena potrošnja	Naplaćena voda
		Naplaćena neizmerena potrošnja	Naplaćena neizmerena potrošnja	
	Gubitak vode	Nenaplaćena registrovana potrošnja	Nenaplaćena izmerena potrošnja	Nenaplaćena voda
			Nenaplaćena neizmerena potrošnja	
		Prividni gubici	Neovlašćena potrošnja	
			Gubici usled neispravnosti mernih uređaja	
Stvarni gubici	Gubici na glavnim dovodima			
	Gubici i prelivanja u rezervoarima i pumpnim stanicama			
		Gubici na priključcima kod korisnika		

Slika 5. IWA klasifikacija gubitaka

## 5. ZAKLJUČAK

Osnovni efekti implementacije ERP sistema Microsoft Dynamics NAV u preduzeću JKP Naissus na upravljanje procesima su, sa jedne strane, efikasnija analiza podataka dobijenih obradama sistema čime je stvorena osnova za bolju kontrolu i upravljanje poslovnim procesima a samim tim i sigurniji uvid u kvalitet i ispravnost pojedinih poslovnih rešenja. Sa druge strane, omogućen je bolji uvid i nalaženje rešenja za pojedine procese koji nisu bili adekvatno sagledani do tada. Smanjenje troškova, kontrola zaliha i pravovremena nabavka, standardizovanje poslovnih procesa, pružanje kvalitetnije usluge kupcu, povećanje produktivnosti i niz drugih benefita su rezultat primene ERP-a koji svojim osobinama predstavlja rešenje na čijim se temeljima mogu donositi strateški važne odluke preduzeća koje je svesno svog značaja u poslovnom okruženju.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Na svesrdnoj podršci u razvoju projekta značajan doprinos imaju i kolege Radić Predrag i Colić Vladislav.

## LITERATURA

- [1] Projekat implementacije programskog paketa Microsoft Dynamics NAV u preduzeću JKP Naissus – Analiza Naissus 2.0, PSC d.o.o., Beograd, 2010.
- [2] Dokumentacija preduzeća, JKP Naissus, Niš, 2012.
- [3] Lambert A. "Water 21 – Article No.2", The IWA water loss task force, 2004.

# PRIMENA I RAZVOJ SKADA PROGRAMA PRIMENOM UNITY-A I PHOTON CLOUD SERVISA

## APPLICATION AND DEVELOPMENT OF SKADA PROGRAM USING UNITY AND PHOTON CLOUD SERVICE

Vladimir Jakšić<sup>1</sup>, Dejan Andrejević<sup>1</sup>, Miloš Đorđević<sup>1</sup>  
JKP „NAISSUS“-NIS<sup>1</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu opisana je primena i razvoj sistema za prikaz i distribuciju podataka vezanih za rad i praćenje pumpnih stanica na širem području grada Niša u okviru vodovoda JKP „NAISSUS“ Niš.

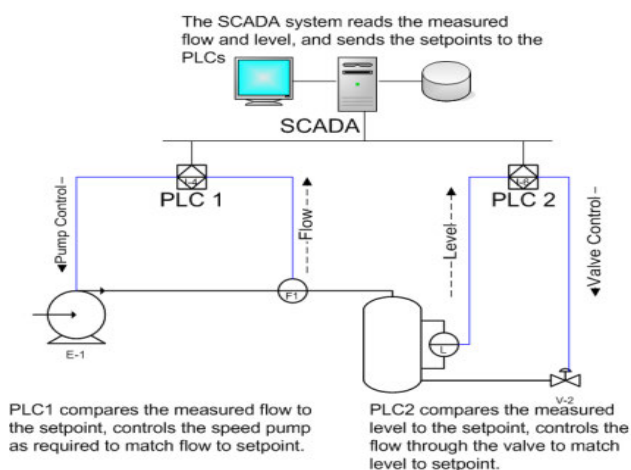
**Abstract** - This paper describe the application and development of the system to display and distribute information related to the operation and monitoring of pumping stations in the city of Nis within the water supply factory JKP "NAISSUS" Nis.

### 1. UVOD

Tokom rada na implementaciji SCADA sistema za pratnju rada pumpnih stanica u vodovodu JKP "NAISSUS" Niš, razvijen je paralelno i poseban sistem koji omogućava dalju distribuciju tih podataka većem broju korisnika u realnom vremenu. Sistem je urađen uz pomoć Unity programskog okruženja [2], Photon Cloud servisa [3] kao i Antares Universe VIZIO plugina [4] koji nudi jedinstvenu mogućnost vizuelnog programiranja.

### 2. ŠTA JE SCADA?

SCADA (engl. *Supervisory Control And Data Acquisition*) predstavlja sistem za merenje, praćenje i kontrolu industrijskih sistema.



Slika 1. Grafički prikaz SKADE

### 3. ELEMENTI SCADA SISTEMA

SCADA sistemi obuhvataju širok spektar opreme, pod sistema i tehničkih rešenja koji omogućavaju prikupljanje i obradu podataka o procesima (udaljenim sistemima), i

reagovanje na adekvatan način. Upravljanje procesima, u opštem slučaju, može biti automatsko ili inicirano od strane operatera.

SCADA sistem pripada klasi složenih hijerarhijskih sistema sa nekoliko izdvojenih celina:

- Merna oprema i izvršni organi,
- Udaljeni U/I moduli,
- Udaljene stanice,
- Sistem za komunikaciju, i
- Centralna stanica.

#### Merna oprema i izvršni organi

Merna oprema i izvršni organi obuhvataju skup opreme instalirane na odgovarajućim uređajima na samom procesu koji SCADA sistem nadgleda i kojim upravlja. Merna oprema obuhvata različite instalirane senzore koji mere fizičke veličine (sila, temperatura, relativna vlažnost, dužina, broj obrtaja, brzina, nivo, slanost, intenzitet svetlosti i dr.) i pretvaraju ih u električne signale tj. u oblik koji je čitljiv udaljenim stanicama. Pomoću ove opreme se dobijaju informacije o funkcionisanju procesa i na osnovu njih se može uticati na poboljšanje poslovnih performansi. Izvršni organi su uređaji koji sprovode odgovarajuće korekcije i upravljačke akcije.

#### Udaljeni U/I (ulazno/izlazni) moduli

Udaljeni U/I (ulazno/izlazni) moduli su instalirani na pojedinačnim elementima opreme i predstavljaju vezu između perifernih elemenata i računarskog sistema, koja se ostvaruje odgovarajućim sistemom komunikacija.

#### Sistem za komunikaciju

Sistem za komunikaciju obezbeđuje prenos informacija između udaljenih stanica i dispečerskog centra. Komunikacija između udaljenih stanica i centralne stanice, kao i između samih centralnih stanica, odvija se preko komunikacionog medijuma u zavisnosti od mogućnosti i zahteva korisnika.

#### Udaljene stanice

Udaljene stanice su nezavisni mikroprocesorski uređaji koji obezbeđuju komunikaciju između merne opreme, izvršnih organa i centralne stanice. Podaci sa merne opreme se prenose ka centralnoj stanici a iz centralne stanice se prenose upravljačke komande ka izvršnim organima. Udaljena stanica nadzire i status procesne opreme i signalizira odgovarajuće alarme.

Udaljene stanice su obično programabilni logički kontroleri PLC, koji poseduju aplikativni softver, mikroprocesor i komponente za kontrolu aktiviranja

nekoj uređaja. PLC su specijalizovani računari čiji operativni sistem omogućava da se jednostavno i u realnom vremenu obavi akvizicija velikog broja podataka, njihova osnovna obrada i prenos rezultata obrade na izvršne organe.

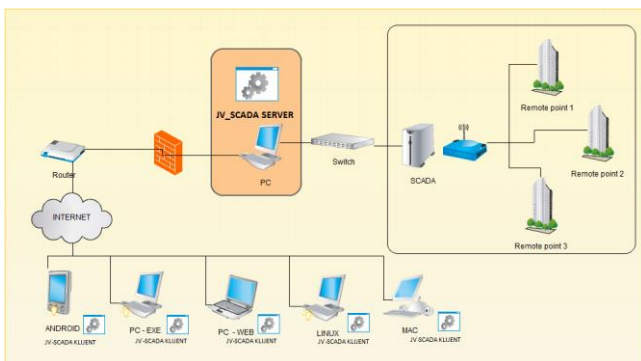
### Centralna stanica

Centralna stanica predstavlja centralno mesto SCADA sistema. Obično je opremljena PC računarom ili nekim snažnim računarskim sistemom na kome se realizuje nadzor i upravljanje procesom. Ti računari su podržani aplikacijom tipa MMI (engl. *Man Machine Interface*) koja omogućava interaktivan dijalog operatera sa računarom za konkretan sistem nadzora i upravljanja. Osnovu za donošenje odluka i upravljanje na ovom nivou čine podaci koji se prikupljaju sa udaljenih stanica i to periodično, inicirano određenim događajima ili na zahtev operatera. Svi podaci se čuvaju u bazi podataka odakle se radi njihova prezentacija i generisanje upravljačkih akcija.

Na centralnoj stanici se definišu i prenose referentni signali, zadaju se recepture, sinhronizuju funkcije pojedinih podsistema, određuju reakcije na pojedine alarme, optimiziraju algoritmi itd. [1]

## 4. ŠTA JE UNITY-SKADA

UNITY-SKADA sistem je poseban aplikativni softver urađen u Unity programskom okruženju [2], koji se implementira u već postojeći SCADA sistem i koristeći postojeću infrastrukturu i definisane tagove na centralnoj stanici SCADA, omogućava njihovu distribuciju ka različitim platformama u realnom vremenu.



Slika 2. Grafički prikaz sistema UNITY\_SKADE

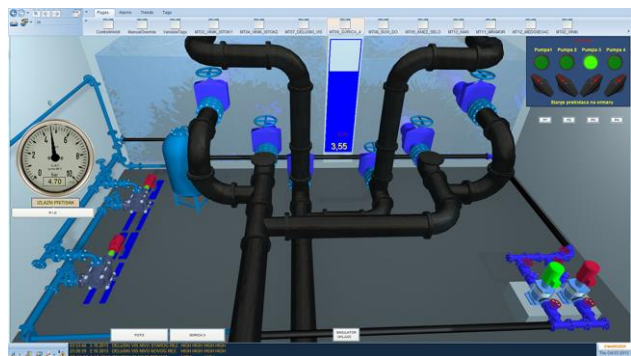
Prenos podataka se obavlja putem interneta. Sistem poseduje NAT punchthrough tehnologiju tako da je konekcija zagarantovana (osim u slučajevima ekstremno restriktivne firewall politike).

Sistem se sastoji od dve aplikacije. JV-SKADA Servera i UNITY-SKADA Klijenta

UNITY-SKADA sistem je testiran i implementiran u okviru JKP NAISSUS - Niš 2014-te godine, gde je 2013-te godine instalirana nova CitectSCADA za praćenje i upravljanje sistemom 13 pumpnih stanica. Svi primeri koji su prikazani na narednim slikama su snimljeni sa realnim podacima tog sistema.



Slika 3. Grafički prikaz stranice CitectSCADA



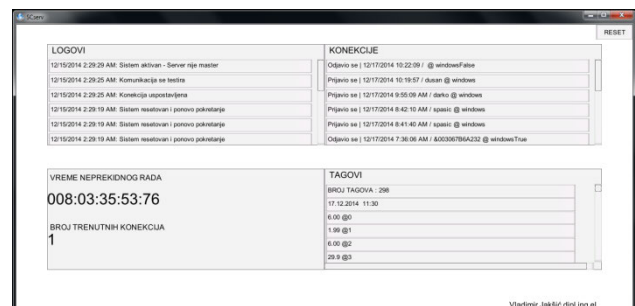
Slika 4. Grafički prikaz stranice CitectSCADA

## 5. JV-SKADA SERVER

U okviru mreže gde se nalazi originalna centralna stanica SCADA, instalira se JV-SCADA Server aplikacija. Taj računar mora da poseduje nezavisni izlaz na internet. Ova aplikacija je zadužena da preuzima podatke ( tagove ) sa centralne stanice SCADA i da ih preko interneta šalje UNITY-SKADA Klijentima.

Server poseduje mogućnost praćenja koji je trenutni korisnik prisutan, praćenje i pamćenje logova o stanju internet konekcije, funkcionisanja servera i pregled skupa svih tagova.

Sama serverska aplikacija zauzima 80 MB operativne memorije i troši manje od 1% CPU.



Slika 5. Grafički prikaz JV-SKADA SERVERA

## 6. UNITY-SCADA KLIJENT

UNITY-SKADA Klijent je aplikacija koja se izrađuje prema izgledu originalne SCADA aplikacije.

U posebnim slučajevim, može se izmeniti izgled i upotrebom naprednih tehnika i metoda Unity razvojnog okruženja ubaciti i 3d objekte, dinamičku promenu dana i noći i time povećati vizuelnu vrednost same skade.

Aplikacija se sastoji od jednog glavnog ekrana gde je prikazana mapa područja gde se nalaze sva pumpna postrojenja koja se prate, kao i podekrana koji sadrže uveličanu sliku pumpne stanice sa dodatnim podacima.

Dodatni podaci se razlikuju u zavisnosti od pumne stanice, i uglavnom prikazuju vreme rada pumnih agregata, aktivnost agregata, strujne parametre po fazama. Napon, struju, fazu.

Ukoliko pumpna stanica poseduje i bazen za skladištenje vode, prikazani su i trenutni nivoi.

Do podekrana se dolazi pritiskanjem dugmeta pored pumne stanice na glavnom ekranu.

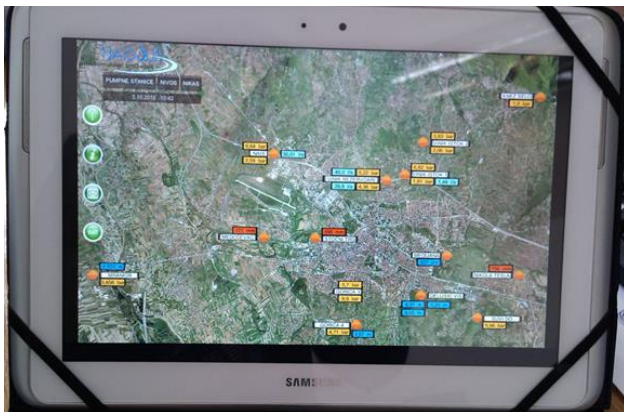


Slika 6. Grafički prikaz SKADA podekrana

Aplikacija preko interneta prima pakete sa svim definisanim tagovima originalne SCADA i time omogućava veran i realan prikaz sistema.

Ova aplikacija poseduje mogućnost slanja povratne poruke originalnoj SCADI. Time se može obezbediti i upravljanje originalnom SCADOM.

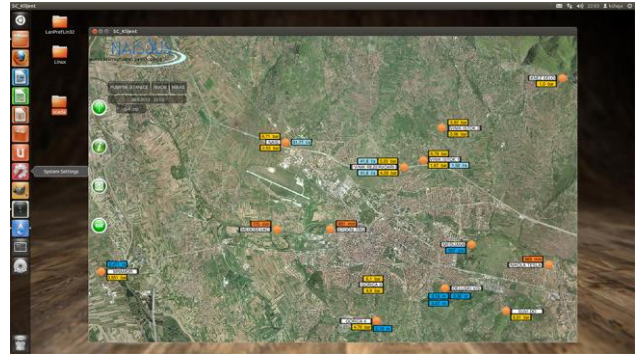
Aplikacija prikazuje i trenutni ping sa JV-SKADA Serverom.



Slika 7. Grafički prikaz SKADA Kilijenta – Android

Izlazak iz aplikacije se ostvaruje jednostavnim pritiskom za dugme za izlaz.

Klijent aplikacija može da se instalira na više platformi i operativnih sistema (Web, Windows, OSX, Linux, Android, IOS)



Slika 8. Grafički prikaz SKADA Kilijenta – Linux



Slika 9. Grafički prikaz SKADA Klijenta - Macintosh

Aplikacija je veličine 40 MB i uz dodatnu optimizaciju slika može se dodatno smanjiti. Time se olakšava preuzimanje aplikacije sa interneta za mobilne uređaje.

## 7. ZAŠTITA

UNITY-SKADA Klijent može da poseduje nekoliko metoda zaštite od zloupotrebe korišćenja.

Prvi nivo:

U aplikaciju se ugrađuje ID uređaja na kome će biti pokretana. Time se onemogućava kopiranje aplikacije i korišćenje na drugom uređaju.

Drugi nivo:

Putem user name i passworda osigurava se identifikacija korisnika aplikacije.

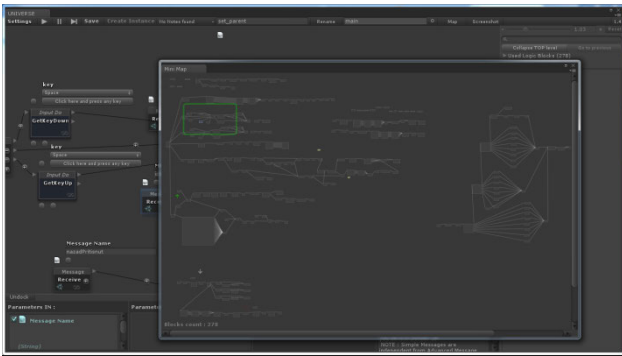
## 8. PROCES RAZVOJA APLIKACIJE

Za razvoj ovog sistema korišćen je Unity razvojno okruženje i Antares Universe VIZIO plugin. Unity omogućava da se program koji je jednom napisan u njemu može lako kompajlirati za više platformi. Alati koje Unity poseduje dozvoljavaju programeru da na jednostavan i elegantan način izrađuje kompleksne programe. Jedan od veoma korisnih alata je Profiler, koji omogućava da se u realnom vremenu prati rad i funkcionisanje programa.

Unity razvojno okruženje dolazi u dve verzije. Bespaltana i pro verzija. Беспалтнi пакет даје могућност кориснику да израђује једноставне апликације без велих захтева за визуелним изгледом програма. PRO verzija omogućava značajno povećanje performansi programa, nesmetan mrežni rad. Unity Skada je izrađena u licenciranoj PRO verziji Unity okruženja.

VIZIO plugin omogućava da se putem vizuelnog programiranja preskoči faza pisanja koda. Pravljenje samog algoritama rada u njemu je dovoljno da se aplikacija izradi.

Vizuelno programiranje koristi logičke blokove koji se međusobno povezuju. Svaki logički blok ima četiri dela. Ulazne promenljive, koje unose podatke u logički blok. Izlazne promenljive koje se vraćaju nakon obrade u logičkom bloku. Ulazni aktivator koji aktivira egzekuciju logičkog bloka. Izlazni aktivator se aktivira kada logički blok završi egzekuciju. I time se omogućava povezivanje više logičkih blokova.



Slika 10. Grafički prikaz dela „koda“ - algoritma

Za potrebe mrežnog interfejsa korišćen je Cloud servis Photon, koji omogućava jednostavno povezivanje servera i klijenata. Photon Cloud je globalno dostupan i garantuje malo kašnjenje i najkraći „round trip times“. Servis omogućava veliki broj trenutnih korisnika i skalabilnost sistema.

## 9. ZAKLJUČAK

Sistemi Scade u okviru jedne firme donose veliku uštedu u smislu lakšeg praćenje i analiziranja podataka.

Sistem Scade snima sve podatke i pamti u bazi podataka. Ti podaci se mogu pregledavati u obliku grafikona i tabelarno. Podaci se skladište posebnim metodama koje omogućavaju da se ne pamte redundantni podaci već samo promene koje se dešavaju. Time se omogućava da sistem pamti podatke i do 10 godina unazad.

Analiziranjem rada pumpnih stanica tokom cele godine i u svim vremenskim uslovima, mogu se uočiti najbolji uslovi rada, odrediti parametri sistema koji uspostavljaju najbolji odnos potrošnje energije i funkcionalnosti sistema.

U slučajevima kada postoji i mogućnost upravljanja pumpama na udaljenim objektima, dolazi da velikih

ušteda u gorivu i radnim časovima ljudstva koje bi inače moralo ručno da upravlja pumpnom stanicom.

Korišćenjem Unity SKADA sistema, ostvarena je takođe značajna ušteda u okviru firme, jer je omogućena distribucija podataka i njihov vizuelni prikaz većem broju zainteresovanih korisnika i službi, čime se tok i rad pumpnih stanica i agregata prati danonoćno.

Obzirom da sistem radi i na mobilnim uređajima korisnici mogu tokom rada na terenu i na samim objektima koji se prate u sistemu da u realnom vremenu prate promene i time se olakšava rad i donošenje odluka.

## LITERATURA

- [1] Wikipedia– SCADA, <http://sr.wikipedia.org/sr/SCADA>
- [2] Unity- game development ecosystem, <http://unity3d.com/unity>
- [3] PhotonCloud, Exitgames, <http://www.exitgames.com>
- [4] Vizuelno programiranje, AntaresUniverse Vizio <http://antares-universe.com/>

# FPGA-BASED OPTIMIZED FIXED-POINT PID CONTROLLER DESIGN

Momir Stankovic<sup>1</sup>, Milica Naumovic<sup>2</sup>, Stojadin Manojlovic<sup>1</sup>, Slobodan Simic<sup>1</sup>, Djordje Kokovic<sup>3</sup>

*Military Academy, University of defense in Belgrade*<sup>1</sup>

*Faculty of Electronic Engineering, University of Nis*<sup>2</sup>

*School of Electrical Engineering, University of Belgrade*<sup>3</sup>

**Abstract** - *Optimized fixed-point design of PID controller on Field Programmable Gate Array (FPGA) is presented in this paper. The optimization is provided with the simulation-based fixed-point design methodology. The implementation of the controller, using system-level design tools, actually Xilinx's System Generator™, is realized. Analysis of FPGA recourse utilization shows significantly lower occupancy than implementation based on 32 bit fixed-point format. The simulation results of proposed algorithm largely coincide with floating-point model and confirm satisfactory system performances in different working conditions.*

## 1. INTRODUCTION

Nowadays, FPGA platforms becomes very popular for hardware implementation, especially for purposes where there is a need for fast signal processing or control of more parallel processes. This technology represents an alternative to general purpose programmable digital signal processors (DSPs) and microcontroller or microprocessor based platforms [1]. The FPGA designer today has a practical option to design a whole microcomputer system on a single chip, using microprocessors, dedicated DSP hardware, memory and speed input-output components. High integration density, of contemporary FPGAs, enables the growing its application in electrical control systems, such as motion control or multi-axis control [2-3].

The conventional way of describing FPGA designs, using hardware description languages (HDL), such as VHDL or Verilog, is too time consuming and prevents the communication between the hardware designer and the algorithm developer. In contrast, system-level modeling tool, such us Xilinx System Generator, enables the use of MATLAB/Simulink environment with Xilinx specific Blockset for FPGA design. Hardware model can be generated automatically by the tool and program is synthesized easily, which significantly reduces development time and cost. The use of the System Generator has two main advantages over conventional methods. First, the implemented algorithm is certain to work exactly as in the simulation and second, it is not necessary to create two different models, one for the simulation and one for the implementation [4].

The Proportional Integral Derivative (PID) controllers are widely used controller in industrial control systems and different real time implementation of PID and its

modification are proposed in literature. There are many realizations using microprocessors and DSP chips [5-6]. The main drawback of microprocessor based design is the existence time-sharing problem, when it is necessary to upgrade controller or increase the number of controllers on a single chip. On the other hand, FPGA-based PID controller implementation is hardware realization and it provides that the modules work in parallel, so their multiplication and upgrade are simpler without time-sharing problem. One design and implementation of FPGA-based modular PID controller for motion control are proposed in [7], but analysis of recourse utilization is not demonstrated.

From the optimal recourse consumption point of view search for optimal fixed-point formats are preferred. Algorithm implementation in floating-point arithmetic, compared to fixed-point arithmetic, is not resource utilization optimized, due to specific FPGAs logic cell structure. In addition, the fixed-point formats, for both control variables and coefficients, should be optimally determined as the best trade-off between the size of the fixed-point formats and system performance specification. The analytical methodology for computing the appropriate number of bits for representation of signals and controller coefficients, based on precise mathematical algorithm is suggested in [8]. Another, more familiar to designer, simulation-based signals peak value estimation methodology [9], enables the fixed-point design of more complex systems.

In this paper simulation-based optimal fixed-point design methodology for FPGA-based PID controller implementation is proposed. For each signal and controller coefficient, optimal fixed-point format is determined. Algorithm is designed, tested and synthesized using Xilinx System Generator tool. System performance and recourse utilization of proposed fixed-point format are analyzed and compared with 32-bit fixed-point format.

## 2. DISCRETE PID MODEL

The conventional PID algorithm is given as follows:

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right), \quad (1)$$

where  $e(t)$  is the error signal,  $K_p$  is proportional gain,  $T_i$  is integral time constant,  $T_d$  is derivative time constant and  $u(t)$  is the control signal. For a sample time  $T_s$ , (1) can be modified into a difference equation:

$$u[k] = K_p \left( e[k] + \frac{T_s}{T_i} \sum_{i=0}^{k-1} e[i] + \frac{T_d}{T_s} (e[k] - e[k-1]) \right), \quad (2)$$

but this form is not ideal for the realizations in the real time application because to compute control signal  $u[k]$  it must be stored all the previous errors ( $e[0], e[1], \dots, e[k-1]$ ). For purpose to solve this problem the incremental form of the PID algorithm is obtained [10]. Difference between control output  $u[k]$  and  $u[k-1]$  can be expressed as:

$$\begin{aligned} \Delta u &= u[k] - u[k-1] = \\ &= K_p \left( e[k] - e[k-1] + \frac{T_s}{T_i} (e[k-1] + \frac{T_d}{T_s} (e[k] - 2e[k-1] - e[k-2])) \right). \end{aligned} \quad (3)$$

In addition, the incremental control output  $u[k]$  is computed as:

$$u[k] = u[k-1] + \Delta u = u[k-1] + q_0 e[k] + q_1 e[k-1] + q_2 e[k-2] \quad (4)$$

where controller coefficients are calculated as:

$$\begin{aligned} q_0 &= K_p (1 + T_d / T_s), \\ q_1 &= -K_p (1 - T_s / T_i + 2T_d / T_s), \\ q_2 &= K_p T_d / T_s. \end{aligned} \quad (5)$$

### 3. FIXED-POINT DESIGN METHODOLOGY

The suggested PID algorithm can be implementing in floating point arithmetic, but it requires a lot of FPGA recourse. In order to minimize recourse utilization, the methodology for optimal fixed-point format is proposed. It requires determination of minimal number of bits for signals and coefficients integer and decimal parts.

The number of bits for integer part representation of controller coefficient  $q_j$  is defined as:

$$a_j = \log_2(q_j) + 1 \quad (6)$$

The necessary number of bits  $b_j$  for decimal part representation of the coefficients  $q_j$  is determined by the maximum allowable perturbations from its infinite-precision value. The coefficient perturbations must not significantly affect the locations of the controller's poles and zeros.

For determination of the appropriate fixed-point formats of signals, simulation-based methodology is applied. The algorithm is simulated with reference input data set, and

the peak value  $P_j$  and the minimal change  $\Delta S_{j\min}$  in transient period during one sample time of each signal  $j$  are obtained. In order to avoid overflow errors, for calculation of required number of bits  $p_j$  for integer part representation of  $j$ -th signal, its peak value  $P_j$  is used as:

$$p_j = (\log_2 kP_j) + 1 \quad (7)$$

where  $k > 1$  is an user-supplied safety factor, with typical value of  $(2 \div 4)$  [9].

Based on  $\Delta S_{j\min}$  the number of bits  $n_j$  for decimal part representation of  $j$ -th signal is determined as:

$$n_j = \log_2 \frac{1}{\Delta S_{j\min}} \quad (8)$$

It should be noted that (8) is valid for signals with  $\Delta S_{j\min} < 1$ . Signals with  $\Delta S_{j\min} \geq 1$  are represented without decimal part, i.e.  $n_j = 0$ , because in that case decimal part does not have significant influence on signals precision.

### 4. PID CONTROLLER DESIGN AND SIMULATION

In this section, the design of PID speed servo controller for Spartan 3A FPGA XC3S700A chip implementation, based on the proposed fixed-point design methodology is presented. Algorithm is simulated and tested in MATLAB/Simulink® environment using Xilinx's System Generator™ tools.

Parameters of the modeled DC servo motor and tacho generator are shown in Table 1.

Table1. Parameters of DC motor and tacho generator

Parameter		Value
Armature resistance	$R_a$	8.9 $\Omega$
Armature inductivity	$L_a$	4.5 mH
Moment of inertia	$J_e$	$8 \cdot 10^{-5}$ kg m <sup>2</sup>
Coefficient of viscous friction	$F_e$	$12 \cdot 10^{-5}$ kg m <sup>2</sup> /(rad/s)
Torque constant	$k_{em}$	0.105 Nm/A
Back EMF constant	$k_{me}$	0.105 V/(rad/s)
Constant of tacho	$k_{tg}$	0.0191 V/(rad/s)

The proportional gain, integral and derivative time constants and sample time are tuned and specified as in Table 2.

Table2. Parameters of PID controller

$K_p$	1.754
$T_i$	0.0549 s
$T_d$	0.0022 s
$T_s$	1.024 ms

For selected values from Table 2, the PID controller coefficients  $q_j$  are calculated, and the number of bits  $a_j$  for their integer part representation is obtained by (6). The

decimal parts of all coefficients are represented with three decimal places, which require 10 bits, i.e.  $b_j = 10$ , and such coefficients perturbations do not have significant influence on the controller poles and zeros locations.

To find out optimized fixed point format for signals, simulation-based technique is realized in MATLAB/Simulink® environment. The system response on step reference signal of magnitude 100 rad/s is analyzed. Simulink model is shown in Fig. 1, and values of signals  $e$ ,  $s1$ ,  $s2$  and  $s3$  are shown in Fig. 2, with marked peak values  $P$  and minimal changes  $\Delta S_{min}$  in transient period during one sample time. The values of  $P$  and  $\Delta S_{min}$  and number of bits for signals' integer and decimal parts,  $p$  and  $n$ , respectively, are tabulated in Table 3. Equations (7) and (8) are used for calculation of  $p$  and  $n$ , with safety factor  $k = 3$ .

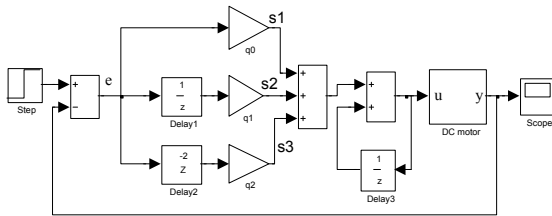


Fig.1 Simulink model of servo system

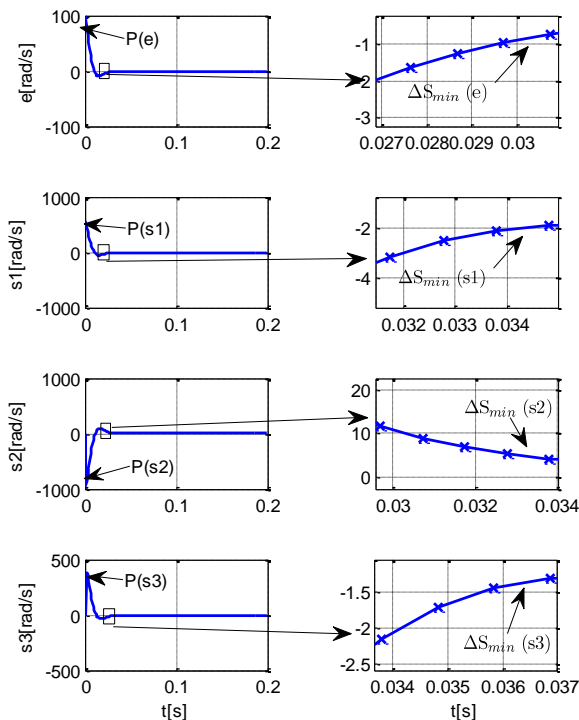


Fig.2 Simulated signals  $e$ ,  $s1$ ,  $s2$  and  $s3$

Table 3. Characteristic parameters of signals  $e$ ,  $s1$ ,  $s2$ , and  $s3$ .

Signals	$P$	$\Delta S_{min}$	$p$	$n$
$e$	100 rad/s	0.19 rad/s	10 bits	3 bits
$s1$	556 rad/s	0.24 rad/s	12 bits	3 bits
$s2$	938 rad/s	0.45 rad/s	13 bits	2 bits
$s3$	385 rad/s	0.2 rad/s	12 bits	3 bits

Using Xilinx's System Generator™, the proposed PID controller is formed and shown in Fig. 3. The calculated fixed-point format (Table 3) is applied for all System Generator model blocks. In order to synchronize operations, the design is pipelined, i.e. all adders and multipliers are followed by registers. Operations in controller are realized with sampling rate of 0.5 MHz, using *up sample* Xilinx blocks. It is 512 times higher than system's sample rate  $T_s$ , thus the latency introduced in multipliers and adders is not significant. Using *down sample* block sample rate of control output is lowered on system's sample rate  $1/T_s$ .

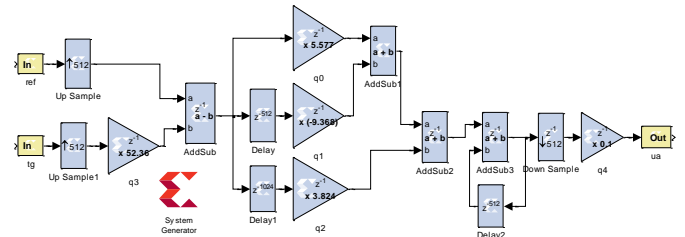


Fig.3 Xilinx System Generator model of PID controller

The designed PID controller (Fig. 3) is tested in Simulink for step and ramp reference, without and in presence external load disturbance. Further, in order to analyze the influence of number of bits for fixed-point representation, the proposed model is compared with fixed-point model, where all signals and controller coefficients are represented with 32-bits. The step responses of systems, for reference magnitude  $r=100$  rad/s, without external disturbance, with both fixed-point formats, are compared with Simulink model response, and shown in Fig. 4. The Simulink model response is treated as referent, since all signals in Simulink are represented with practically ideal precision in floating-point format.



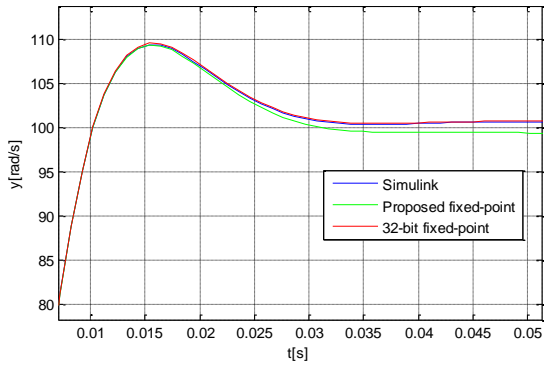


Fig.4 Step responses of Simulink and fixed-point Xilinx System Generator models

It can be seen that proposed fixed point format response ideally follows responses of 32 bit fixed-point model and Simulink model in transient period, but in the steady state, they differ in maximally 0.5%. This steady state error is emerged as a consequence of inadequate number  $n_i$  for decimal parts representation of slightly fluctuating signals in the steady state.

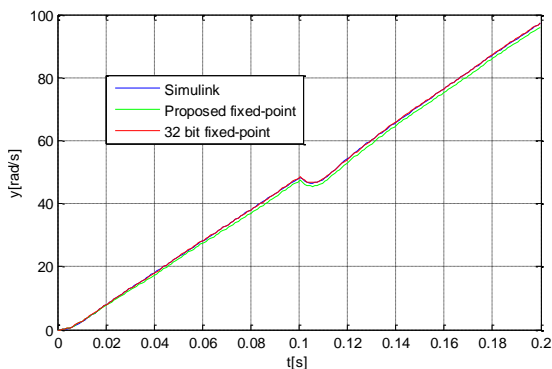


Fig.5 Ramp responses of Simulink and fixed-point Xilinx System Generator models

Responses of models for ramp reference  $r=500t$  rad/s, in presence load disturbance with magnitude of  $M=0.1$  Nm after 0.1 second, are shown in Fig.5. It can be noted that, in spite of significant changes in working conditions, the proposed fixed-point model preserves satisfactory performance.

The behavioral VHDL descriptions of proposed design and 32 bit fixed-point format design, generated automatically by Xilinx’s System Genartor™, are placed and routed by the ISE™ 14.7 tool. Resource utilizations of both fixed-point formats are compared and presented in Table 4.

Table 4. Recourse utilizations				
	Slices count (max 5.888)	LUTs count (max 11.776)	Embedded multipliers (max 20)	Speed (MHz) (max 250MHz)
32 bit fixed-point format model	2865 (48%)	5512 (46%)	5 (25%)	28.7 MHz
Proposed fixed-point format model	1317 (22%)	2445 (20%)	5 (25%)	85.1 MHz

It can be seen that proposed fixed-point design significantly reduces resource consumption. As reported by ISE design tool, slice and LUTs count utilizations are over 2 times lower, and hardware design works well at maximal speed of 85.1 MHz (minimal clock period of 11.75 ns). It enables implementation more PID controllers on the same chip for complex control applications, such as multi-axis control.

### 5. CONCLUSION

The design methodology for optimal fixed-point realization of the PID algorithm, using system level design tools, actually Xilinx’s System Generator™, is suggested.

It is shown that optimized fixed-point formats of signals, determined by simulation-based estimations of their peak values and minimal changes in transient period during one sample time, provide satisfactory precision in transients and steady states.

The analyses of recourse utilization of proposed fixed-point model is shown significant lower occupancy then 32 bit fixed-point model.

### LITERATURE

[1] Dubey, R. Introduction to Embedded System Design Using Field Programmable Gate Arrays, Springer, London, 2009.

[2] Astarloa, A., Lázaro, J., Bidarte, U., Jiménez, J. and Zuloaga, A. “FPGA technology for multi-axis control systems“, Mechatronics, Vol. 19, No. 2, pp 258-268, 2009.

[3] Martinez, M., Franco, A., Herrera, G. and Soto, O. “Multi-axis motion controller for robotic applications implemented on an FPGA“, International journal of advanced manufactory technology, Vol. 67, pp 2367-2376, 2013.

[4] Francesco, R. and Hoang, L.H., “Modeling and simulation of FPGA-based variable-speed drives using Simulink“, Mathematics and computer in simulation, Vol.63, pp 183-195, 2003.

[5] Rubaai, A., Castro-Sitiriche, M. and Ofoli, A., “DSP-Based Laboratory Implementation of Hybrid Fuzzy-PID Controller Using Genetic Optimization for High-Performance Motor Drives“, IEEE Transactions on industry applications, Vol. 44, No. 6, pp 1977-1986, 2008.

[6] Bevrani, H., Hiyama, T., and Bevrani, H., “Robust PID based power system stabiliser: Design and real-time implementation“, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 33, No. 2, pp 179-188, 2011.

[7] Kocur, M., Kozak, S., Dvorscak B., “Design and Implementation of FPGA - Digital Based PID

Controller“, 15th International Carpathian Control Conference (ICCC), pp 233-236, 2014.

[8] Fang, Z., Carletta, J.E. and Veillette, R.J. “A methodology for FPGA-based control implementation“, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 13, No. 6, pp 977-987, 2005.

[9] Constantinides, G., Cheung, P. and Luk, W., Synthesis and Optimization of DSP Algorithms (Chapter 3: Peak value estimation), Kluwer Academic Publishers, New York, 2004.

[10] Astrom, K. and Hagglund, T., PID controllers: theory, design and tuning, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC, 1995.

# IMPLEMENTACIJA BSCS BILING SISTEMA U MREŽI TELEKOMA SRBIJA A.D.

## BSCS BILLING SYSTEM IMPLEMENTATION IN TELEKOM SRBIJA A.D. NETWORK

Helena Komazec, Irena Labrović Stanišić, Svetlana Milovanović, Svetlana Rakićević

Direkcija za IT podršku i ICT servise, Telekom Srbija A.D.

**Sadržaj** - U radu je opisana migracija podataka sa prethodnog biling sistema i implementacija biling sistema BSCS iX R3 u mrežu Telekoma Srbije a.d.

**Abstract** – This document presents data migration from previous billing system and implementation of billing system BSCS iX R3 at network of Telekom Serbia a.d.

### 1. UVOD

Telekom Srbija, kao jedan od vodećih provajdera u regionu, godinama ravnopravno učestvuje u trci sa velikim evropskim i svjetskim provajderima. Svojim korisnicima nudi usluge fiksne i mobilne telefonije, ADSL usluge (Asimetrična digitalna pretplatnička linija), IPTV usluge (Internet protokol Televizija) i mnogih drugih. Telekom Srbija također ima javne govornice, mjesne i međumjesne digitalne i analogne vodove, dial up internet konekcije, fiskalne kase, e-oglas i mnoge druge usluge. Kompanija je najviše usmjerena na korisnike fiksne i mobilne telefonije, ali je u stalnom porastu i broj internet korisnika. Bilježi se i sve veći porast korisnika konvrgentnih paketa, BOX paketi. Prema godišnjem izvještaju Telekoma Srbija za 2013. godinu, broj korisnika fiksne telefonije je bio 2.8 miliona, dok je učešće na tržištu mobilne telefonije iznosilo 45%. Kao pružalac raznih telekomunikacionih usluga, kompanija mora konstantno uvoditi nove servise i pogodnosti, privlačeći nove korisnike, a pri tome i zadržavajući kvalitet pruženih usluga, kao i pravljenje najboljeg odnosa cijene i kvaliteta. Korisnicima ovih usluga su generalno na raspolaganju 2 načina plaćanja: pripejd i postpejd. Osnovni koncept pripejda je da korisnik plaća uslugu prije njenog korišćenja, a postpejd podrazumjeva plaćanje nakon izvršene usluge.

Uz stalni porast broja korisnika, novih servisa i usluga, javlja se potreba i za stalnim razvojem sistema za fakturisanje pruženih telekomunikacionih usluga. Shodno tome, Kompanija je u avgustu 2013. godine uvela BSCS iX R3 biling sistem.

BSCS je razvijen prije više od 20 godina od strane kompanije LHS, koja se danas nalazi u okviru Ericssona i namjenjen je fakturisanju usluga za sve tipove komunikacionih servisa: mobilnih linija, fiksni, adsl-a, iptv-a. Softver je komercijalan i podjeljen u nekoliko funkcionalnih cjelina. Instaliran je u više od 80 zemalja svijeta i podržava preko 340 miliona pretplatnika. Sistem je zamjenio postojeću FORIS platformu za fiksne i mobilne servise, podržao biling funkcionalnosti box pretplatnika i integrisao se sa okolnim sistemima. Produkciono okruženje čini instalacija sa uključenim nodovima za svaku cjelinu sistema: billing, rating, proviosining i customer care.

### 2. PRETHODNI BILLING SISTEM

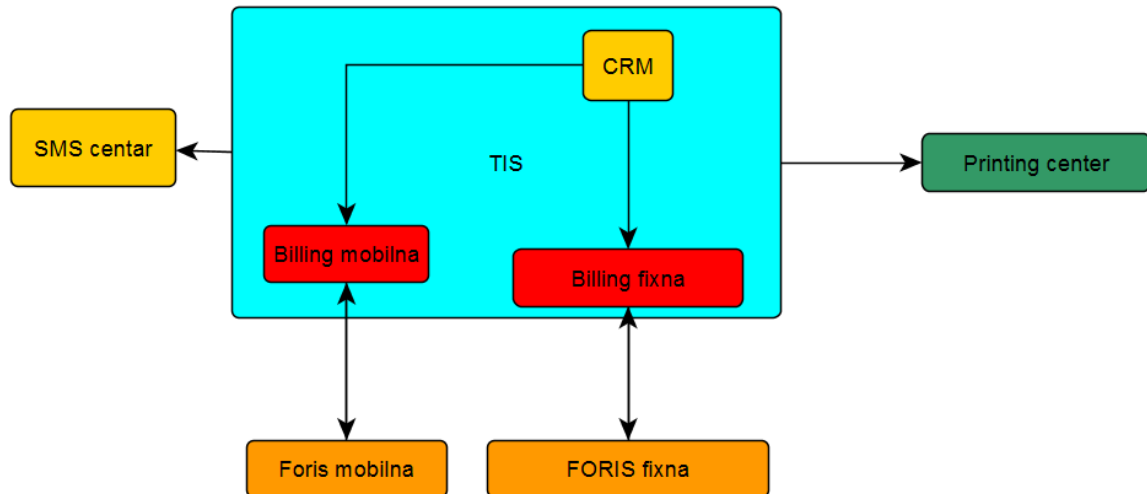
Prethodni biling sistem se sastojao od više nezavisnih modula koji su međusobno komunicirali.

Ovako kompleksan sistem je bilo teško održavati i standardizovati procese u njemu.

Prethodno riješenje se sastojalo od slijedećih komponenti:

1. FORIS fiksna
2. FORIS mobilna
3. TIS

FORIS fiksna je bio poseban modul koji je obrađivao pozive korisnika fiksne telefonije, IPTV-a i ADSL-a.



Slika 1. Prikaz strukture TIS-FORIS sistema fakturisanja

FORIS mobilna je vodio računa o tarifiranju mobilnih pretplatnika.

TIS je Telekomov informacioni sistem koji je razvijan godinama i imao je veliku ulogu u procesu bilinga, uz dva prethodno navedena sistema. TIS je od FORIS sistema dobijao podatke o tarifiranju korisnika. U slučaju mobilne telefonije dobijao je i podatke o iznosima mjesečnih naknada za postpejd korisnike, a preostali dio biling aktivnosti rađen je na TIS-u.

TIS je prikupljao podatke sa raznih podsistema i imao svoju bazu svih korisnika.

Najveći nedostatak ovakvog sistema je bila decentralizacija jer su se korisnici fiksne i mobilne telefonije nalazili u logički potpuno odvojenim cjelinama, pa je i sam biling za ove korisnike rađen odvojeno.

Zato se javila potreba za uvođenjem jedinstvenog biling sistema koji će objediniti sve Telekomove usluge.

### 3. MIGRACIJA

Prilikom migracija sa FORIS-TIS sistema na BSCS, korišćena je DMI migracija (*Data Migration Interface*) koja se može podijeliti u 6 faza:

1. Kreiranje prazne BSCS baze podataka koja će biti korišćena za prihvatanje podataka
2. Instalacija DMI šeme, DMIADM, koja će prihvatiti ekstraktovane podatke nad kojima će biti vršene akcije
3. Kreiranje skripti za učitavanje osnovne i biznis konfiguracije u bazu podataka
4. Izvršavanje prethodno napravljenih skripti
4. Učitavanje podataka iz izvornih tabela u DMI šemu

5. DMI transformacija. Transformacija podataka iz DMI šeme u BSCS strukturu

6. Post migracioni koraci (provjere funkcionalnosti, backup baze podataka itd.)

Projekat je zahtjevao veliki broj probnih migracija, da bi se dobio što uspješniji ekstrakt podataka. Pravljen je uporedni prikaz podataka u izvorišnim i odredišnim tabelama, a potom analizirane greške koje su nastajale uslijedih loših migracionih skriptova, loših podataka u bazi, a najčešće lošeg mapiranja podataka između starog i novog sistema.

Migracija je podijeljena u 3 faze:

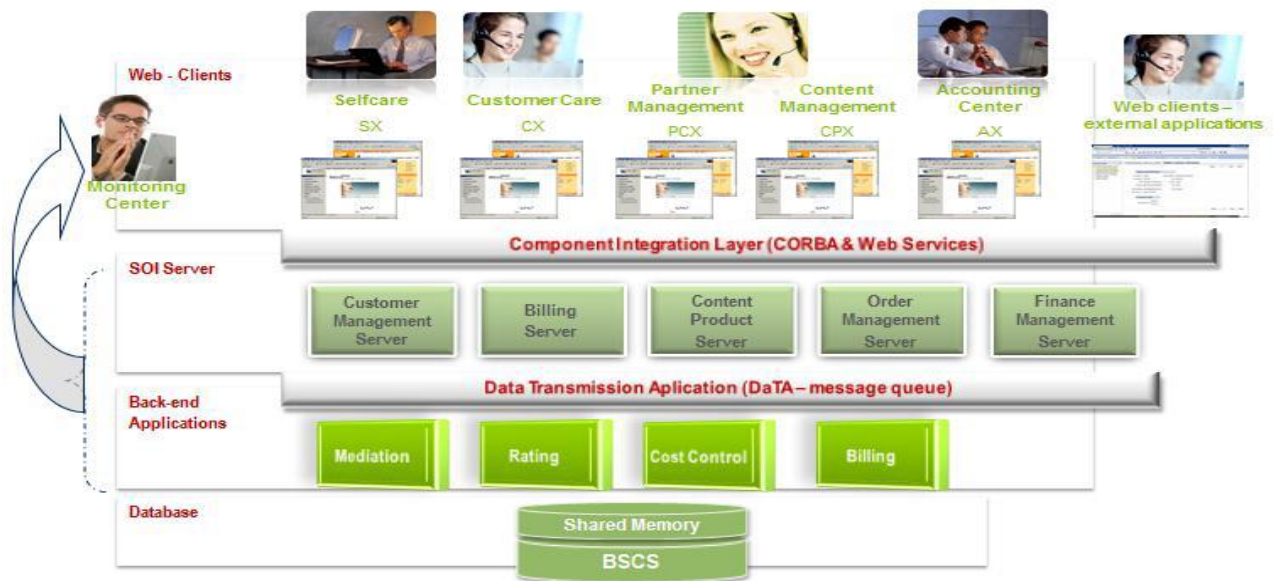
1. Premigraciona -migrirani su resursi, SIM kartice, migracija brojeva.
2. Migraciona faza-nakon provjere podataka o resursima i uslovima mapiranja između 2 sistema, uslijedila je migracija na novi biling sistem.
3. Postmigraciona faza-migracija potraživanja, podataka o finansijama i uplatama.

Migracija je urađena tokom noći, za vrijeme off peak sati i trajala je oko 8 sati.

Ispravnost bilinga je potvrđena na osnovu velikog broja urađenih komparativnih testova, najprije na manjem, odabranom uzorku korisnika (small extract), a potom i na full extractu podataka i ispravljenih razlika između podataka koja su vraćali oba biling sistema.

### 4. BSCS U TELEKOMU SRBIJA

BSCS (Business Support and Control System) je sistem za fakturisanje za mobilnu telefoniju, fiksnu, televiziju, internet.



Slika 2. Generalna struktura BSCS-a

BSCS koristi Oracle bazu podataka. Ima i svoju internu djeljenu memoriju za djeljenje informacija i ažuriranje istih u realnom vremenu i magistralu za prenos podataka u realnom vremenu. Ova djeljena memorija omogućava nizu aplikacija koji čine procese tarifiranja i fakturisanja da u toku obrade pristupe podacima bez pristupanja bazi podataka. Samim tim, to podrazumjeva efikasnije procesuiranje zapisa o pozivima svakog od korisnika mreže.

BSCS se sastoji od nekoliko funkcionalnih cjelina: proviosining, billing, rating i customer care. Svaka cjelina obuhvata nekoliko aplikacija koje komuniciraju međusobno i sa ostalim sistemima. U sklopu BSCS-a postoje online moduli koji se koriste za setovanje poslovne logike i bazirani su na NET tehnologijama:

- **SY(System Administration)** služi za kreiranje korisnika, korisničkih grupa i profila.
- **RA(Resource Administration)** se koristi za kreiranje i održavanje resursa.
- **PX(Product Catalog)** ima mogućnost definisanja tarifnih profila, kreiranje servisa i usluga, definisanje free unita.
- **MI(Motivation and Incentives)** definise različite vrste promocija za korisnike.
- **GL(General Ledger)** sadži sva konta i ima mogućnost izvještaja po kontima.
- **EI(External Interface)** služi za definisanje biling ciklusa, podešavanje zaokruživanja i raznih drugih parametara koje koriste bscs aplikacije.
- **TA(Taxation Administration)** služi za definisanje taksativnih kategorija i stopa poreza.

Web aplikacije počivaju na troslojnoj arhitekturi:

- Bazni sloj (Oracle baza)
- Biznis sloj (Soi/Corba)
- Web sloj (J2EE\_Tomcat)

Prednosti ovakve ahitekture leži u tome što je kompletna biznis logika na serverskoj aplikaciji, a logika prikaza sadržaja na klijentskoj strani. Izmjene na klijentskoj strani ne utiču na serversku stranu.

Ove funkcionalnosti su podržane na SOI okruženju kojeg na sistemu čine dva soi servera: Customer Management Server i Billing Server koji komuniciraju javnim interfejsom putem SOI i CORBA komandi.

Dva glavna procesa su proces tarifiranja poziva i proces fakturisanja tarifiranog saobraćaja, rating i billing. Oba procesa zahtjevaju visoke performanse i rade na UNIX okruženju.

Rating se zasniva na definisanju tarifnih profila(rate planova) i sistemskih scenarija koja obezbjeđuju logiku tarifiranja i kalkulaciju usluga.

Billing obuhvata složene procese obračuna taksi, primjene različitih vrsta promocija, bonusa i benefita za korisnike, proces zaokruživanja, e različitih servisa u različitim valutama..

Rezultat akcije ovih procesa je XML dokument od kojeg u Printing centru nastaje PDF dokument koji se šalje korisnicima.

Biling se može pokrenuti u više modova:

- **Real billing:** Regularni proces fakturisanja gdje se izdaju fakture korisnicima i tabele u bazi podataka su trajno izmjenjene. Pokreće se jednom mjesečno, prilikom izrade mjesečnih faktura korisnika.
- **Simulation billing:** U slučaju simulacionog bilinga, izdaju se fakture korisnicima međutim tabele u bazi podataka ostaju neizmjenjene.
- **On-demand billing:** Ova vrsta fakturisanja se izvršava u slučaju da korisnik zahteva svoj račun u tom trenutku.
- **Immediate billing:** Ova vrsta fakturisanja je slična *on-demand billingu*, samo što je u slučaju *immediate billinga* moguće pokrenuti fakturisanje na zahtev cijele grupe korisnika,

Korisnici su podjeljeni u biling cikluse prema kategorizaciji (rezidencijalni i biznis korisnici) i prema regionu kojem pripadaju.

Ovom podjelom je napravljena paralelizacija prilikom štampe računa i omogućeno pravljenje prioriteta tok izrade računa za određene grupe korisnika.

Cijelokupan proces biling je sveden na 5 dana, što je prihvatljivo s obzirom da se radi o velikom broju faktura, oko 3.5 miliona.

## ZAKLJUČAK

Postojeći biling sistem je omogućio objedinjeno fakturisanje bez obzira na širok spektar različitih servisa, kao i veću kontrolu samih podataka.

U budućnosti je planirana nadgradnja ovog sistema koja će obezbjediti konvergentno fakturisanje za hibridne korisnike, korisnici koji su i pripejd i postpejd.

Sistem može obezbjediti i split biling, tj. izradu više od jedne fakture za istog korisnika.

## LITERATURA

- [1] Enetel Solutions, "Enetel FORIS solution analysis", Feb. 2012 [Sep. 2014].
- [2] Ericsson Portfolio, "Ericsson BSCS", Internet: <http://www.ericsson.com/ourportfolio/products/bscs>
- [3] Ericsson, "BSCS iX Release3- Customer Documentation"
- [4] Telekom Blog, "Configuration rate plans at BSCS", Internet
- [5] "Godišnji izveštaj o poslovanju Telekom Srbija a.d. za 2013. godinu" Internet: <http://www.telekom.rs/Dokumenta/fotografije/2014/47s-ednica/godisnji-2013-novi.pdf>, Dec. 2013 [Sep. 2014].

# PROJEKAT PRAĆENJA BUJIČNIH POPLAVA U REALNOM VREMENU NA RECI CRNICI U PARAĆINU

## REAL TIME TORRENTIAL FLOOD MONITORING ON THE CRNICA RIVER IN PARAĆIN

<sup>1</sup>Milutin Stefanović, <sup>1</sup>Mileta Milojević, <sup>1</sup>Jelena Čotrić, <sup>1</sup>Milica Đapić  
*'Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ A.D. Zavod za zaštitu od bujica i erozije*

**Sadržaj** - Sliv reke Crnice zahvata površinu od 285km<sup>2</sup>, a sam tok je dužine oko 27km'. Skoro ceo sliv reke Crnice se nalazi na području opštine Paraćin i svojim bujičnim nadolaskom, u vreme velikih padavina, ugrožava sam grad Paraćin i okolna naselja.

Sistem automatskog osmatranja, monitoringa, putem senzora i to u realnom vremenu, omogućava raspolaganje potrebnim podacima o bujičnim poplavama i pravovremenom donošenju ispravnih odluka bitnih za bezbednost građana i imovine 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.

*Abstract – The Crnica River is 27 km long, and the basin drainage area is 285 km<sup>2</sup>. Most of the river basin is located within Paraćin Municipality and torrential floods pose as a risk to the city of Paraćin and neighboring villages during heavy rains.*

*A real-time torrential flood monitoring system provides necessary information for the forecasting of torrential floods and decision making steps, crucial for the safety of people and property in this area. The result is a set of procedures for observing the oncoming torrential flood wave in real-time, along with a set of procedures for torrential flood risk reduction.*

### 1. UVOD

Tokom poplava koje su se dogodile u toku maja 2014.godine, Opština Paraćin je pretrpela velike štete, kako sam gradu Paraćin, tako i u prigradska naselja duž reke Crnice i njenih pritoka. Na slici 1 prikazana je poplava samog gradskog jezgra Paraćina.



Slika 1. Poplava u Paraćinu maja 2014.godine

Da bi se Opština Paraćin odbranila od bujičnih poplava reke Crnice i pritoka, urađen je Projekat monitoringa i instalacija opreme za ranu dojavu bujičnih talasa na reci Crnici i pritokama.

U okviru ovog projekta sagledani su problemi prevashodno, duž toka Crnice i Grze, kao i stanje na slivovima pomenutih reka. Sprovedena su terenska istraživanja i određena mesta za postavljanje mernih uređaja za osmatranje meteoroloških i hidroloških pojava. Obradeni su svi dostupni hidrološki i meteorološko-klimatološki podaci. Izvršena su geodetska snimanja na lokacijama za osmatranje vodostaja za potrebe hidrauličkih proračuna.

Zadatak hidrološke analize velikih voda je da se definišu karakteristike velikih voda reke Grze na profilu "Sveta Petka" i na ušću u crnicu, i reke Crnice na profilu "Zabrega", na ušću reke Grze u Crnicu i na profilu "Glavica". Za potrebe ove hidrološke analize, sračunati su maksimalni proticaji velike vode za verovatnoće pojave od 1%, 2%, 5% i 10%, odnosno za povratne periode od 100, 50, 20 i 10 godina.

Na reci Crnici postoji hidrološka stanica Paraćin koja se nalazi u centru Paraćina, koja je postavljena 1946. godine. Sa hidrološke stanice Paraćin su raspoloživi samo srednji dnevni vodostaji i proticaji, međutim pouzdani podaci o maksimalnim zabeleženim vodostajima i proticajima nisu raspoloživi. Uzvodno od hidrološke stanice Paraćin nikakva merenja nisu vršena. Stoga, za proračun hidroloških karakteristika sliva reke Crnice korišćene su metode koje se koriste pri analizi hidrološki neizučениh slivova.

### 2. KARAKTERISTIKE PODRUČJA

Sliv reke Crnice nalazi se na području opštine Paraćin, i pripada slivu Velike Morave. Osim široke doline Morave karakteristika dela opštine je i pojava brdsko planinskog reljefa na severnom i istočnom delu.

Opština Paraćin ima odlike umereno kontinentalne klime, uz manja odstupanja. Srednja godišnja temperatura iznosi 11,2-11,7oC. Srednje mesečne temperature vazduha se kreću od -0,8°C u januaru do 22,2°C u julu. Suše u vegetacionom periodu su jako česta pojava. Padavine u proseku iznose 619 mm. Srednje mesečne sume su najveće u maju, a najmanje u februaru. Vetровi su jedan od važnijih elemenata lokalne klime. Najučestalije duva severo-zapadni vetar koji donosi najveće količine padavina pod uticajem vazdušnih struja sa Atlanskog okeana i Jadranskog mora. Drugi po učestalosti je jugo-istočni vetar-košava koji stiže preko doline Crnice i kreće

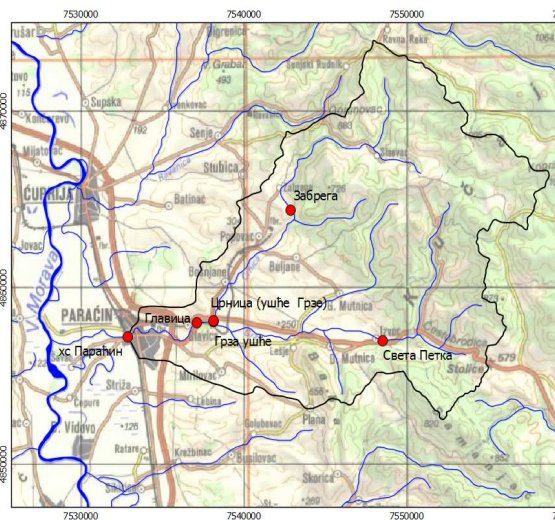
se nizvodno sve do Bagrdanskog tesnaca. Tokom proleća i leta duva kao suv i dosta topao vetar sa kojim retko stižu padavine pa čak i u toku zime, mada donosi suv sneg i gradi visoke smetove izazivajući povećan osećaj hladnoće. Treći po značaju je hladni severac.

Crnica je reka u centralnoj Srbiji, desna pritoka Velike Morave Izvire u Sisevačkom basenu na zapadnoj strani Kučaja. Protiče kroz Davidovački fluvijalni basen, klisure u krečnjaku i gabru, zatim kroz Paraćin i zapadno od njega utiče u Veliku Moravu. Dugačka je 28 km, a ukupna površina sliva je 300 km<sup>2</sup>. Sliv dobija godišnje prosečno 630 mm padavina. Među pritokama najveća joj je Grza, koja takođe izvire u Kučaju i čini levi krak Crnice, skoro iste jačine. Izvorišni predeo (vrelo u Sisevcu) pošumljen je i naseljen. Klisura u krečnjacima je duboka i meandarska. Crnica teče i pored Popovca (fabrika cementa). Dolinom Crnice i Grze vodi asfaltni put od Paraćina (Pomoravlja) prema Zaječaru (dolina Timoka).

Hidrološka analiza vršena je za sledeće profile:

- reka Crnica, profil "Zabrega"
- reka Crnica, ušće Grze u Crnicu
- reka Crnica, profil "Glavica"
- reka Crnica, hidrološka stanica Paraćin
- reka Grza, profil "Sveta Petka"
- reka Grza, ušće u Crnicu

Položaj profila prikazan je na slici 2, a situacioni prikaz slivnih područja dat je na slici 3.



Slika 2. Položaj posmatranih profila

### 3. PROJEKAT OSMATRAČKOG SISTEMA

Bujične poplave nastaju nakon kratkih pljuskova velikog intenziteta i munjevito se sjure ka ušću gde nanesu velike štete, a često i ljudske žrtve. Sinhronizovano delovanje je osnova za uspešnu odbranu od poplava, funkcionije jedino na velikim rekama, jer je ceo dosadašnji osmatrački sistem u koji su uključena JVP Srbijavode i RHMZ prilagođen toj nameni i brzina reagovanja je prilagođena prirodi poplava na velikim rekama.

Zato se uobičajeno pravdanje zbog izostanka najave bujične poplave, svodi na konstataciju da „to nije bilo

moгуće predvideti“. Ustvari, takvom konstatacijom se pokriva činjenica da na teritoriji Paraćina ne postoje stanice za merenje intenziteta padavina, pa ne mogu obezbediti podatke potrebne za praćenje nastanka bujične poplave i pravovremeno reagovanje koje je preduslov za uspešnu odbranu od bujičnih poplava. Podaci merenja moraju se u najkraćem roku proslediti sistemom za prenos podataka do mesta određenog za prikupljanje podataka.

Ukupno vreme nastanka i trajanja bujičnog talasa se kreće u granicama od jednog do nekoliko časova. Proticaj bujičnog talasa može biti i preko hiljadu puta veći od prosečnog proticaja. U najboljem slučaju bujični poplavni talas poplavi objekte i nanese štetu na opremi koja se nalazi u zgradama (podovi, zidovi, nameštaj, električni aparati i drugo). Kada razmere bujičnog poplavnog talasa dostignu razmere katastrofe, događaju se zatrpavanja i rušenja objekata, odnošenje zemljišta i trajno uništenje obradivih površina.

Poslednje poplave koje pripadaju grupi bujičnih i urbanih poplava koje su ugrozile vitalne sisteme gradskog jezgra Paraćina, ukazale su na potrebu da se izvrši jasno preciziranje aktivnosti i raspodela obaveza na odbrani od ove vrste poplava, koje su izrazito lokalne i munjevite i nikako ih ne treba mešati sa organizovanom odbranom od poplava na velikim rekama.

Donošenje kvalitetnih odluka, koje u slučaju bujičnih poplava moraju biti munjevite, zahteva raspolaganje velikim fondom podataka o terenu i promenama na njemu kao i podacima o meteorološkim i hidrološkim pojavama. Bujični tokovi se, označavaju se kao „hidrološki neizučeni“. To, jednostavnije rečeno, znači da nisu hidrološki osmatrani.

Reka Crnica je primer „neizučeno“ bujičnog vodotoka na kojem su se tokom proteklih decenija dogodile brojne bujične poplave koje postojeći osmatrački sistem RHMZ nije najavio, jednostavno zato što u slivu nema nijedno merno mesto koje osmotrene podatke prosleđuje u realnom vremenu, naravno sa malim zakašnjenjem, iz razloga što je potrebno vreme da se tek izmereni podaci proslede sistemom za komunikaciju.

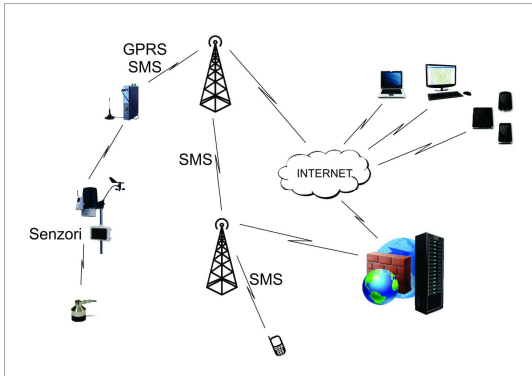
Nakon svake bujice pravi se analiza scenarija nastanka poplave jedino na osnovu padavina, takoreći na isti način kao pre jednog veka.

Svakako da odavno postoje sistemi za osmatranje intenziteta kiša i oticanja voda koji osmotrene podatke beleže. Danas su ti uređaji kompjuterizovani i nude sasvim novu dimenziju osmatranja, praćenja i najave bujičnih poplava u realnom vremenu. Razvoj komunikacionih sistema je značajno unapredio funkcionalnost merne opreme kao i prenos podataka o izmerenim veličinama korisnicima. Za razliku od dosadašnjih sistema osmatranja koji, uz neminovno kašnjenje, podatke prenose funkcionalno odvojenim centrima (meteorološki, hidrološki, vodoprivredni i drugim), savremeni merni sistemi prenose podatke direktno svim centrima i svom nadležnom osoblju.

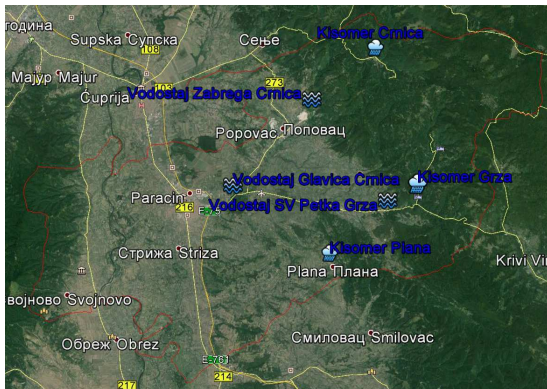
Kako je reka Crnica bujični tok sa brojnim pojavama bujičnih poplava, predloženo je uspostavljanje osmatranja padavina i oticanja voda, kao sistem aktivne najave bujičnih poplava i odbrane od njih. Za zasnivanje sistema rane dojave bujičnih poplava predloženo je šest lokacija. Na slici 3 prikazane su lokacije mernih uređaja. Sistem



osmatranja koji se predlaže prikazan na slici 3, sastojaće se od tri celine:



Slika 3. Shematski prikaz sistema za akviziciju podataka, (6 mernih mesta)



Slika 4. Položaji mernih mesta

Merno mesto za osmatranje padavina (Slika 4) i ostalih meteoroloških podataka u skladu sa izborom merne opreme je instalirana u slivu Grze.

Hidrometrijski profili na reci Crnici su instalirani na lokacijama Izvor, Zabrega i Glavica (Slika 5), a lokacije za osmatranje kiše i ostalih meteoroloških podataka su na lokacijama Sisevac, Grza i Plana (Slika 6).



Slika 5. Lokacija za prikupljanje i distribuciju podataka merenja nivoa vode i automatsko alarmiranje u skladu sa definisanim kriterijumom na reci Grzi



Slika 6. Lokacija za prikupljanje i distribuciju podataka merenja kiše i ostalih meteoroloških parametara i automatsko alarmiranje u skladu sa definisanim kriterijumom na slivu reke Crnice

#### Serverska aplikacija:

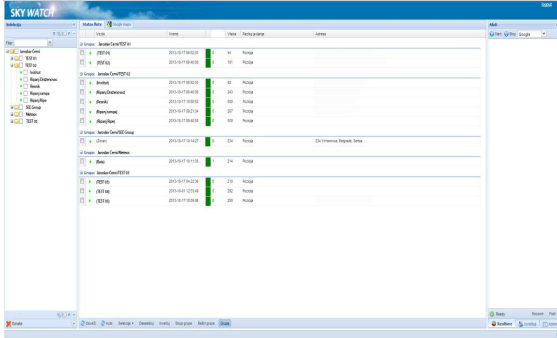
Serverska aplikacija radi po TCP/IP principu i u slučaju pada internet protokola, rezervna komunikacija sa serverom se vrši SMS-om. Poruke koje primi po TCP/IP ili SMS-om, obrade se i smeštaju u bazu MySQL. Svaka jedinica na terenu ima jedinstveni ID po kojem se vodi u bazi. Na strani serverske aplikacije se vrše i detaljne analize pristiglih podataka i alarma, koje su stigle sa udaljenih pozicija. U slučaju alarmnih poruka, serverska aplikacija šalje mailove na zadate e-mail adrese, ali šalje i SMS-ove takode na unapred zadate brojeve telefona. Serverska aplikacija je napravljena tako da korisnici putem WEB interfejsa se povezuju i dobijaju određene podatke u realnom vremenu.

#### Klijentska WEB aplikacija:

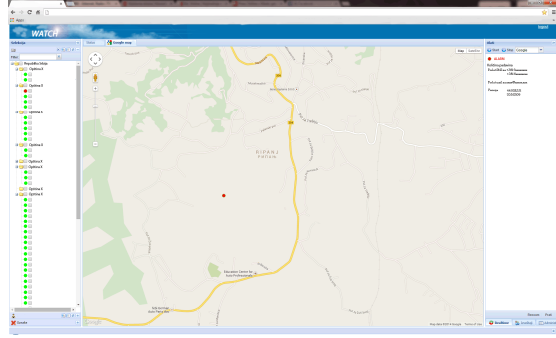
Klijentska WEB aplikacija kao svaka druga WEB stranica. Posle ispravnog prijavljivanja na sistem uz pomoć korisničkog imena i lozinke, korisnik dobija na ekranu svog računara određene podatke koje su mu dozvoljene za gledanje i analiziranje prilikom pravljenja korisnika na strani Serverske aplikacije. Dakle postoji hijerarhija. Nema svaki korisnik ista prava i mogućnosti nadgledanja podataka, a takode postoje i korisnici kojima je dozvoljeno da vide i koriste sve podatke.

Na klijentskoj aplikaciji je grafički interfejs, pokazuju se na mapi geo-pozicionirane merne jedinice raspoređene na terenu. U normalnom režimu merne jedinice su zelene boje. U koliko je neka od postavljenih mernih jedinica ili više njih poslalo ALARM, automatski su te merne jedinice CRVENE boje na ekranu, radi lakšeg uočavanja, a pored toga čuje se zvuk za ALARM, koji ne prestaje da se emituje dok ga korisnik ne potvrdi sa određenim akcijam, kao potvrda da su preuzeti svi koraci i primljeno znanju da se dogodio alarmni događaj.

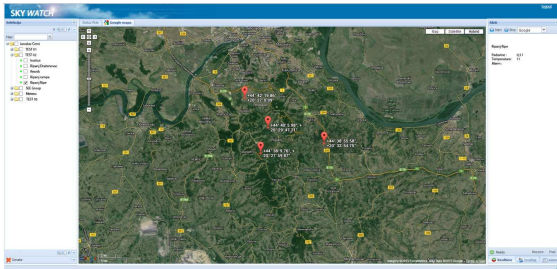
Klijentska aplikacija ima mogućnost izrade raznih analiza i izveštaja koji su potrebni raznim organizacijama radi kasnijih radnji u otklanjanju nedostataka na terenu. Na slikama br. 7. do 12. prikazane su neke od mogućnosti pregleda i analize prikupljenih podataka.



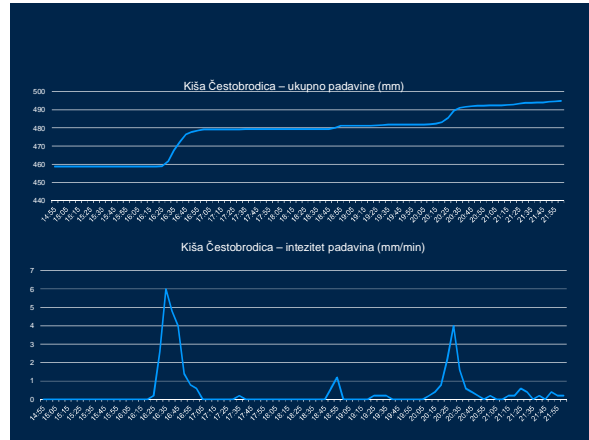
Slika 7. Mogući izgled WEB aplikacije



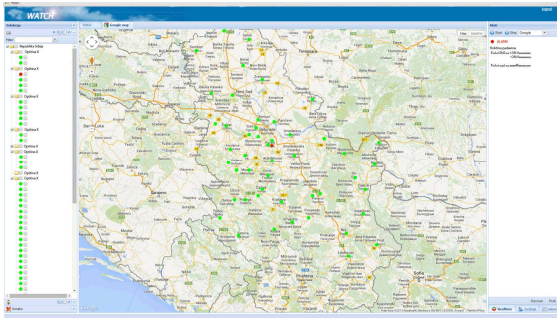
Slika 11. Mogućnost izgleda WEB izveštaja pri alarmu



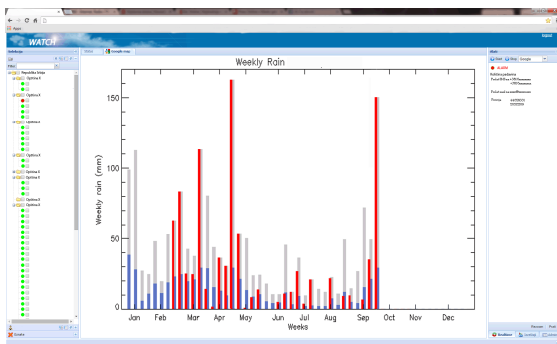
Slika 8. Izgled WEB aplikacije za pretragu lokacija merenja



Slika 12. Mogućnost izgleda WEB izveštaja pri alarmu na konkretnom primeru



Slika 9. Mogućnost izgleda WEB aplikacije za određene korisnike iz Sektora za vanredne situacije



Slika 10. Mogućnost izgleda WEB izveštaja

Za pravilan rad sistema potrebno je:

- Serverska aplikacija mora biti instalirana na serverskom računaru koji ima fiksnu IP adresu, stalni izvor električne energije (rezervno napajanje u vidu generatora koji se pokreće u koliko dođe do nestanka električne energije na postojećoj mreži).
- GSM kartice sa fiksnim IP adresama, kao i sa prioritetom na mreži mobilnog operatera, prilikom slanja poruka sa mernih jedinica ka serveru.

#### 4. KRITERIJUM ZA ALARMIRANJE SISTEMA RANE DOJAVE BUJIČNIH POPLAVA

Crnica je karakterističan bujični tok koji zahteva drugačiji i brži sistem najave i odbrane od poplava od klasičnog sistema odbrane od poplave. Analize su ukazale da bujični poplavni talas reke Crnice nastaje i dostiže svoj maksimum dva sata nakon jake kiše.

Novi osmatrački sistem, koji se projektuje, koncipiran je za primenu savremenih mernih uređaja koji imaju mogućnost direktnog slanja izmerenih podataka centralnom kompjuteru ili internet serveru i odgovornim ljudima za odbranu od poplava.

Svakako da odgovornim ljudima nisu potrebni svi podaci koje registruju merni uređaji, već samo oni koji ukazuju na opasnost za nastanak bujične poplave.

Na osnovu analize uzroka do sada zabeleženih bujičnih poplava i baze osmotrenih podataka moguće je predložiti

kriterijume za alarmiranje sistema za ranu dojavu bujičnih poplava. Kako je već pokazano da postoji direktna veza visine i intenziteta kiše i proticaja, potrebno je definisati kriterijume za alarmiranje na osnovu padavina i kriterijume na osnovu vodostaja.

Kriterijumi će imati tri stepena, odnosno:

- alarm I reda (upozorenje);
- alarm II reda;
- alarm III reda.

Kriterijumi za alarmiranje na osnovu padavina:

- Signal alarm I reda, upozorenja se emituje odgovornom ljudstvu kada kiša prosečnog intenziteta preko 20 mm/30 min
- Signal alarma II reda se emituje odgovornom ljudstvu kada kiša prosečnog intenziteta preko 30 mm/30 min
- Signal alarma III reda se emituje kada kiša ima prosečni intenzitet preko 40 mm/30 min i trajanje duže od jednog sata.

Kriterijumi na osnovu vodostaja:

- signal alarma I reda se emituje tek kada vodostaj dostigne 0,5 m u koritu vodotoka na mernom mestu Stapani;
- alarmni signal II reda se emituje kada vodostaj pređe 1,0 m;
- alarmni signal III reda se emituje kada vodostaj pređe 1,5 m.

## 5. KRITERIJUMI KOJE MERNA OPREMA MORA DA ZADOVOLJI

Prilikom izbora opreme i proizvođača opreme mora da se vodi računa da oprema zadovolji zadate uslove i da ima pouzdanost kao i kvalitetno održavanje brz servis u Srbiji. Softver koji prati uređaj treba da bude prilagodljiv potrebama korisnika zadatka, da bude sa humanim interfejsom, sa opcijama povezivanja sa drugim bazama podataka i da ne bude preskup. Softver mora da ima mogućnost da emituje signal, mogućnost programiranja alarmnih signala za slučaj pojave koja se definiše kriterijumima za alarmiranje.

## 6. ZAKLJUČAK

Za prognozu i najavu bujičnih talasa potrebno je raspolagati podacima o intenzitetu i količini padavina, kao i podacima o nivou vode i posredno protoku. Potrebno je da se svi osmotreni podaci trenutno prosleđuju osmatračkom centru i odgovornim ljudima.

Iskustvo na vršenim osmatranjima na Topčiderskoj reci ukazuje da za je postavljeni zadatak uočavanja i najave bujične poplave potrebno najmanje dva merna uređaja za kišu i dva hidrološka merna uređaja.

Savremena merna oprema takvih karakteristika se nažalost ne proizvodi u Srbiji već u inostranstvu, međutim, u Srbiji postoji rasprostranjena infrastruktura za bežični prenos podataka što je pogodnost za upotrebu takvih uređaja.

Oprema mora da ispuni uslov jednostavne i fleksibilne konstrukcije koja je otporna na spoljne atmosfere uticaje i da bude jednostavna za rad.

Potrebno je da se merenje obavlja elektronskim senzovima, koji registruju osmatrane pojave najmanje jednom u 5minuta i imaju pripremljen način beleženja i čuvanja podataka kao i sistem za bežični prenos podataka. Kišni senzor mora da ima tačnost merenja od 0,1mm padavina, a senzor za merenje nivoa vode mora da ispuni preciznost od 1cm.

Poželjno je da uređaji imaju predviđenu mogućnost programiranja aktiviranja alarma za zadate uslove pojava. Radi smanjenja potrebe za servisnim obilascima zbog napajanja uređaja putem baterija i povećanja ekonomičnosti rada, potrebno je obezbediti autonomnost uređaja putem ugradnje akumulatorskih punjivih baterija i solarno napajanje i dopunjavanje baterija.

Za rad uspostavljenog monitoringa potrebno je obezbediti redovna sredstva, koja moraju da pokriju troškove rada ljudi na monitoringu i permanentnu obuku ljudstva.

Ugrađena oprema ima svoj garantovani radni vek i amortizaciju, što mora biti predviđeno budžetom, kao i troškove redovnog servisiranja i zamene dotrajale opreme. Takođe, oprema i njeni delovi se mogu oštetiti delovanjem prirodnih sila ili usled vandalizma, posebno ona oprema koja se ne nalazi u blizini kuća.

Zato je potrebno izvršiti osiguranje opreme za slučaj oštećenja prirodnim silama (udar groma, klizanje i odron zemlje, bujična poplava i sl.), kao i od vandalskog uništavanja i krađe.

Za pouzdano funkcionisanje sistema mora biti obezbeđeno finansijsko i tehničko održavanje internet servera i usluga provajdera GSM i GPRS usluga. To može biti obezbeđeno direktnim pojedinačnim ugovaranjem naručioca sa pružiocima takvih usluga, ili pojednostavljeno u vidu ugovaranja redovnog održavanja sistema sa isporučiocem merne opreme i sistema za prenos podataka.

## 7. 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)

# LAKOĆA UČENJA: KLJUČNI FAKTOR UPOTREBLJIVOSTI WEB ZASNOVANIH GIS APLIKACIJA

## LEARNABILITY: KEY USABILITY FACTORS OF WEB-BASED GIS APPLICATIONS

Nebojša Djordjević, Dejan Rančić  
Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija

*Sadržaj* – U ovom radu je opisan odgovarajuću metod za identifikovanje ključnih faktora upotrebljivosti Web zasnovanih GIS aplikacija. Korisnici WebGIS aplikacija su uglavnom krajnji korisnici koji imaju veoma malo kompjuterske pismenosti i ograničeno poznavanje GIS-a. Lakoća upotrebe je ključna karakteristika web zasnovanih GIS aplikacija. Lakoća upotrebe kao karakteristika upotrebljivosti definisana je od strane mnogih autora i nekoliko ISO standarda. Razvijeno je mnogo različitih metoda procene lakoće učenja. U ovom radu je opisan metod za procenu lakoće upotrebe Web zasnovanih GIS aplikacija. Cilj rada je da predloži odgovarajući metod procene lakoće upotrebe Web zasnovanih GIS aplikacija. Upotrebljivost može da poveća kvalitet softvera i njegovu sposobnost da zadovolji korisnike i njihove potrebe.

**Abstract** - This paper presents a suitable method for identify key usability factors of Web-based GIS applications. The users of WebGIS applications are mostly casual end users who have only a very low computer literacy and limited knowledge of GIS. Learnability is key usability factors of web-based GIS applications. Learnability as a usability characteristics is defined by many authors and several ISO standards. Many various methods of learnability evaluation have been developed. Aim of the paper is to propose a suitable method of learnability evaluation of Web-based GIS. Learnability can increase software usability and its capability to satisfy users and their needs.

### [1] UVOD

Iako intuitivno znamo šta je to upotrebljivost, nije lako formalno definisati skup karakteristika koje doprinose dobroj upotrebljivosti. Izbor bitnih osobina predstavlja prvi korak prilikom dizajniranja evaluacionog metoda za ocenu upotrebljivosti softvera. Da bi razumeli i merili upotrebljivost, najpre je potrebno izgraditi model upotrebljivosti. Modeliranje upotrebljivosti koristi format hijerarhijskog stabla olakšavajući nam da shvatimo i razumemo šta je kvalitet u upotrebi i koji je prvi korak ka poboljšanju. Iako je neophodno da ovi modeli budu zasnovani na aktuelnim ISO modelima kvaliteta, nameće se potreba za prepoznavanjem karakteristika koje su važne za specifičan domen primene, što će usloviti krojenje modela po meri i njegovu korekciju tj. redukciju ili proširenje karakteristika kvaliteta u upotrebi.

Priroda karakteristika i potrebni atributi zavise od konteksta u kome se proizvod koristi [1]. 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 mogu potencijalno doprineti kvalitetu Web aplikacije ali njihov relativni značaj varira i zavisi od cilja i obima, tipa aplikacije i domena primene i korisničkog stanovišta. Osim toga, često se okrećemo onim atributima koji su pogodni i jednostavni za merenje, umesto onima koji su zaista neophodni. Zato se moraju definisati karakteristike, koje često nisu tako eksplicitne, ali značajno utiču na upotrebljivost, pa samim tim i na performanse i kvalitet softvera.

Da bi bilo moguće koristiti sistem efektivno i što je moguće brže, potrebno je da korisnicima bude lagan za učenje. Lakoća učenja je prvo što korisnici primećuju na sistemu, pa će verovatno doprineti njihovom prvom utisku. Važno je da sistem bude brzo naučen, pošto su troškovi obuke visoki, a poslodavac bi voleo da korisnici što pre budu produktivni. Pored toga, povećano vreme obuke povećava trošak prelaska na novi sistem, što bi moglo učiniti promenu sistema neprofitabilnom kratkoročno ili čak dugoročno ako se kadar često menja.

Neki ljudi vole da uče nove stvari ili posmatraju to kao izazov, ali to nije uvek tako. Zato se kod mnogih može javiti otpor prilikom učenja, jer jednostavno mrze da uče nove sisteme. Korisnici obično žele da što pre počnu obavljati zadatke i pri tome često prave greške ili nesmotrene stvari.

### [2] METOD

Postoje brojni, različiti pristupi u definisanju skupa karakteristika koje je potrebno meriti da bi se utvrdila upotrebljivost softvera, odnosno definisao model kvaliteta u upotrebi.

Analiza različitih definicija upotrebljivosti iz različitim studijama može pomoći programerima softverskih sistema da razviju efikasan i upotrebljiv softverski sistem. 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.

Uzimajući u obzir ovu činjenicu, Dubey i dr. u svojoj studiji [2] daju retrospektivu formalnih definicija upotrebljivosti i njihovih atributa sa namerom da pokažu kako se pogled istraživača na upotrebljivosti promenio tokom više od tri decenije. Oni su u svojoj studiji pregledali 37 formalnih definicija iz kojih su izdvojili ukupno 152 atributa. Međutim, uočeno je da su navedene definicije neformalne, suviše kratke i dvosmislene i da se najčešće koriste za identifikovanje problema

upotrebljivosti tradicionalnih grafičkih korisničkih interfejsa. Osnovni nedostatak ove studije je što su pregledane publikacije sa definicijama upotrebljivosti iz samo jednog izvora (citation index database Scopus) objavljene pre 2010.

Modeli kvaliteta definisani u aktuelnim ISO standardima su suviše uopšteni da bi dali pokriće za sve domene primene i većina praktičara ih koristi samo kao priručnik ili polazište prilikom modeliranja i merenja kvaliteta. Iz tih tazloga pojedini istraživači na polju kvaliteta Web aplikacija [3, 4, 5, 6] ukazuju da karakteristike kvaliteta softvera, navedene u modelima kvaliteta ISO/IEC 25010 standarda [7] nisu dovoljne da bi opisivale kvalitet specifičnih softverskih proizvoda kao što su Web aplikacije. Tako su u radovima [8, 9, 10, 11] autori ukazali da postojeći modeli kvaliteta odgovarajućih ISO/IEC standarda nisu namenjeni da bi opisivali kvalitet WebGIS aplikacija i da karakteristike kvaliteta softvera nisu dovoljne. Najnoviji radovi istraživača [9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18] iz oblasti kvaliteta preporučuju da ima razloga za dodavanje novih karakteristika kvaliteta u upotrebi i proširenje standarda kvaliteta ISO 25010.

Upravo zbog toga, a radi sveobuhvatnije nalize, autor u svojoj studiji [19] analizira sadržaj šireg skupa definicija sagledavnjem publikacija iz više izvora objavljenih 2010. i kasnije, a težišno one koje se bave web upotrebljivošću. Za izolovanje ključnih atributa upotrebljivosti Web zasnovanih GIS aplikacija korišćena su tri pristupa zanovana na frenvenciji njihovog pojavljivanja.

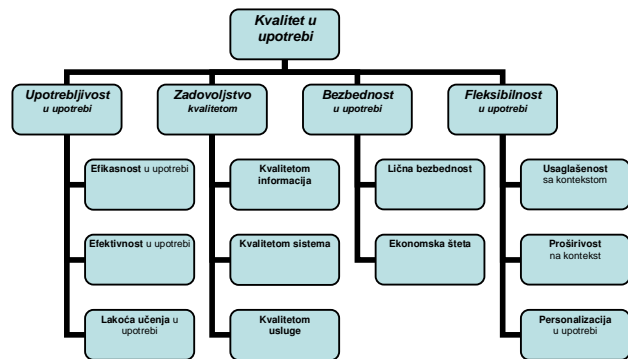
Prvi pristup podrazumeva analizu sadržaja formalnih definicija datih u pregledanim publikacijama, izdvajanje ključnih atributa upotrebljivosti na osnovu frenvencije pojavljivanja i identifikacija srodnih osobina na osnovu kojih su grupisani u određene kategorije atributa upotrebljivosti. Ovim pristupom identifikovano je 186 različitih atributa, koji su grupisani pod 22 različite kategorije, od kojih se 21 pojavljuju 2 ili više puta te su grupisani u posebnu kategoriju, dok se 32 atributa pojavljuju samo jednom i grupisani su u grupu pod zajedničkim imenom „ostali“. Na osnovu ukupne frekvencije atributa u svim obuhvaćenim definicijama izveden je zaključak da atributi: *lakoća učenja*, *zadovoljstvo*, *fleksibilnost*, *efikasnost* i *efektivnost* imaju najviše uticaja na upotrebljivosti softverskog sistema.

Drugi pristup podrazumeva izdvajanje ključnih atributa upotrebljivosti razmatranjem modela upotrebljivosti predloženih od strane istraživača i međunarodnih organizacija za standarde (Eason (1984) [20], Shackel (1991) [21], Nielsen (1993) [22], ISO 9241-11(1998) [23], ISO 9126 (2001) [24], QUIM model (2006) [25], ISO 25010 (2011) [7]). Iako ovi modeli imaju dosta različitih atributa, analizom zajedničkih osobina ustanovljene su sličnosti. Na osnovu studija istraživača o sličnostima između modela upotrebljivosti i učestalosti pojavljivanja atributa u svim obuhvaćenim modelima upotrebljivosti, izveden je zaključak da 5 atributa (*efektivnost*, *efikasnost*, *pristupačnost*, *lakoća učenja* i

*zadovoljstvo*), imaju najviše uticaja na upotrebljivost softvera.

Treći pristup analizira važnost atributa upotrebljivosti Web GIS aplikacija sa aspekta korisnika. Korisnicima je kroz anketu ponuđen širi spisak opštih atributa upotrebljivosti, sa pitanjem da se izjasne o njihovoj važnosti i uticaju na funkcionalnosti Web GIS aplikacije. Nakon statističke obrade istih, izvršeno je rangiranje i izbor ključnih atributa (*zadovoljstvo*, *lakoća učenja*, *fleksibilnost*, *efikasnost*, *bezbednost* i *efektivnost*) koji po mišljenju korisnika, najviše doprinose upotrebljivosti Web GIS aplikacija.

Uparednom analizom dobijenih rezultata u sva tri pristupa izveden je zaključak da karakteristike: *efektivnost*, *efikasnost*, *zadovoljstvo*, *lakoća učenja*, *fleksibilnost* i *bezbednost* imaju najviše uticaja na upotrebljivost Web GIS aplikacija. Upravo je to i razlog, da se ovaj skup karakteristika koristi za formiranje modela kvaliteta u upotrebi za Web GIS aplikacije, koji uključuje četiri karakteristike (*upotrebljivost*, *zadovoljstvo*, *bezbednost* i *fleksibilnost*), a koje se dalje dele na podkarakteristike (Slika 1.).



Slika 1. Model kvaliteta u upotrebi za WebGIS aplikacije

*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.

### [3] REZULTATI

Iako istraživači prepoznaju značaj lakoće učenja [11, 15, 16, 17], među istraživačima nedostaje konsenzus o definisanju i proceni lakoće učenja, što dovodi do zaključka da lakoća učenja softverskih sistema još uvek predstavlja problem. Pored brojnih definicija lakoće učenja, u Tabeli 1 navedene su samo reprezentativne

definicije korišćene u različitim istraživanjima u poslednje dve decenije [11].

TABELA 1. REPREZENTATIVNE DEFINICIJE LAKOĆE UČENJA

Br.	Izvor	Definicija
1	Butler, 1985 [26]	Početne performanse korisnika na osnovu sopstvenih uputstva "i" dozvoljavajući iskusnim korisnicima da odaberu alternativni način koji uključuju manje ekrana ili pritisaka na taster.
2	Hart and Steveland, 1988 [27]	Brzina i lakoća sa kojom korisnici misle da su u stanju da koriste proizvod ili sposobnost da nauče kako da koriste nove funkcije kada je to potrebno.
3	Nielsen, 1993 [22]	Iskustvo novog korisnika na početnom delu krive učenja.
4	Bevan&Macleod's, 1994 [28]	Mera poređenja kvaliteta u upotrebi za korisnike tokom vremena.
5	Santos and Badre, 1995 [29]	Mera napora potrebnog za tipičnog korisnika da može obavljati niz zadataka pomoću interaktivnog sistema sa prethodno definisanim nivoom stepena znanja.
6	Dix, 1998 [30]	Lakoća sa kojom novi korisnici mogu da počnu efikasnu interakciju i dostizanje maksimalnih performansi.
7	Kirakowski and Claridge, 1998 [31]	Stepen do kojeg korisnici osećaju da su u stanju da upravljaju osnovnim funkcijama proizvoda u toku prve upotrebe u Web kontekstu.
8	ISO 9126-1, 2001 [24]	Sposobnost softverskog proizvoda da omogući korisniku da nauči svoju aplikaciju.
9	ISO 25010, 2011 [7]	Stepen u kome proizvod ili sistem može biti korišćen od određenih korisnika za postizanje navedenih ciljeva učenja da se proizvod ili sistem koristi sa efektivnošću, efikasnošću, bezbednošću i zadovoljstvom u određenom kontekstu korišćenja.
10	Lew et al., 2011 [16]	Stepen do kojeg određeni korisnici mogu efikasno i efektivno da uče dok ostvaruju određene ciljeve, a u određenom kontekstu upotrebe".

Lakoća učenja, po nekim definicijama, opisuje koliko je lako za korisnike da ostvare osnovne zadatke koje prvi put susreću u softverskoj aplikaciji. Dobra lakoća učenja ne samo da brzo dovodi do bolje produktivnosti, već igra važnu ulogu u početnom usvajanju ili odbacivanju tehnologije. Za vrednovanje Lakoće učenja specificirana je indirektna metrika, nazvana *stepen učenja*, koja je prikazana u Tabeli 2.

TABELA 2: SPECIFIKACIJA METRIKE LAKOĆE UČENJA

Metrika	Tip podatka	Metod merenja/izračunavanja	Jed mere	Skala
Stepen učenja	Kontinuirani	Utvrdjuje se izračunavanjem Relativne korisničke efikasnosti kao odnos efikasnosti bilo kog korisnika i efikasnosti ekspertskog korisnika u istom kontekstu	%	Skup celih, pozitivnih brojeva. Opseg mera se kreće od 0 do 100%

Postoje brojni pristupi koji se koriste za definisanje, merenje i procenu lakoće učenja. Mora se imati u vidu da procena lakoće učenja softvera treba da obezbedi kvantitativne i kvalitativne rezultate koji su razumljivi, prihvatljivi i ponovljivi, da bi se dokazao ključni pokretač za poboljšanje lakoće učenja, a samim tim i kvaliteta softvera. Sve referencirane metodologije zahtevaju od korisnika da prepoznaju probleme lakoće učenja ili subjektivno ili objektivno procene lakoću učenja merenjem vremena na zadatku, korektnost, brojanju grešaka ili subjektivnim odgovorima korisnika.

Objektivnim metodatama testiranja, lakoća učenja se može meriti vremenom potrebnim za učenje sistema, vremenom potrebnim za postizanje performansi navedenih kriterijumom, vremenom provedenim za korišćenje on-line pomoći ili u potrazi za informacijama u dokumentaciji, vremenom provedenim za bavljenje greškama, vremenom potrebnim za održavanje znanja sistema, vremenom potrebnim za ponovo učenje sistema posle izvesnog vremena, učestalošću poruka o greškama i korišćenja on-line pomoći.

Lakoća učenja se može dobiti direktnim merenjem subjektivne procene eksperta i/ili korisnika a može i indirektno izračunavanjem. Direktno merenje podrazumeva da se za odabrane korisnike - početnike meri vreme izvršavanja određenih zadataka. Može se posmatrati kao stepen u kome korisnici uče kako da koriste pojedine proizvode u određenim kontekstima. Potrebno je napraviti razliku između korisnika sa određenim iskustvom u korišćenju računara i korisnika koji ne poseduju takvo iskustvo. Dakle, da bi se izračunao *stepen učenja*, utvrđuje se povećanje produktivnosti izmerene u dve uzastopne pojedinačne ponovljene sesije evaluacije istog zadatka. *Stepen učenja* se matematički izračunava preko formule (1):

$$\text{StepenUčenja} = \frac{\partial(\text{TES})}{\partial t} \quad (1)$$

U ovoj formuli TES predstavlja efektivnost zadatka (eng. *Task Effectiveness*),  $t$  predstavlja broj ponavljanja evaluacionog zadatka, tj. broj sesije zadatka a  $\partial$  je standardna matematička oznaka za stepen promene.

Međutim, kada se testira upotrebljivost jednog proizvoda, može se koristiti mera za relativnu efikasnost koja pokazuje dostignuti stepen svakog korisnika na krivi učenja. Relativna efikasnost korisnika se definiše kao odnos (izražen u procentima) efikasnosti bilo kog korisnika i efikasnosti ekspertskog korisnika u istom kontekstu. Matematički *Relativna Korisnička Efikasnost* (RKE) se može izračunati preko sledećih formula (2):

$$\text{RKE} = \frac{\text{KorisničkaEfikasnost}}{\text{EfikasnostEksperta}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{RKE} = \frac{\text{KorisEfektiv} \times \text{EkspVremeNaZadatku}}{\text{EfektivnostEksp} \times \text{KorisVremeNaZadatku}} \times 100\%$$

Najpre se meri Relativna Efikasnost Korisnika svakog pojedinačnog korisnika, a zatim se izračunava prosečan broj svih korisnika za određenu grupu korisnika. Ekspertski korisnik je definisan kao lice koje je potpuno obučeno i ima značajno iskustvo za korišćenje proizvoda. Ako je na raspolaganju više stručnjaka, onda ekspertaska efektivnost i ekspertsko vreme na zadatku može biti prosek rezultata postignutih od strane svih eksperata. Očigledno, ako su na raspolaganju više stručnjaka, mogu se dobiti pouzdaniji prosečni podaci.

Takođe, lakoća učenja kao podkarakteristika upotrebljivosti može biti ocenjivana pomoću subjektivnih upitnika. Mnogi aspekti upotrebljivosti najbolje se mogu proučavati ispitivanjem korisnika. Ovo naročito važi za pitanja o subjektivnom zadovoljstvu korisnika koje je teško objektivno izmeriti. Korišćenje subjektivnih upitnika je bio veoma efikasan i popularan metod za procenu upotrebljivosti. Tabela 3 prikazuje neke poznate upitnike sa brojem pitanja koji su relevantni za lakoću učenja sa aspekta proizvoda i kvaliteta u upotrebi.

TABELA 3. PITANJA VEZANA ZA LAKOĆU UČENJA U POZNATIM UPITNICIMA

Naziv upitnika	Broj pitanja iz perspektive	
	Proizvoda	Kvaliteta u upotrebi
PUTQ [32]	34	-
SUMI [31]	4	6
QUIS [33]	7	10
PSSUQ [34]	2	2
PHUE [35]	5	-
SUS [36]	-	4
IUI [37]	11	6
WAMMI	-	2
USE [38]	-	4

Za potrebe ove studije definicija Lakoće učenja iz metodologije WAMMI (Human Factors Research Group, 2011), prilagođena je kontekstu, tako da ona sada predstavlja: stepen do koga korisnici smatraju da mogu da koriste Web GIS aplikaciju ako je koriste prvi put i stepen do koga oni misle da mogu da nauče da koriste druge funkcionalnosti ili pristupaju ostalim informacijama nakon što su započeli da ga koriste.

U kontekstu ove definicije, za konstrukciju Upitnika o lakoći učenja iz WAMMI upitnika su izdvojena i prilagođena dva pitanja za potrebe sprovođenja evaluacije, i ona sada glase:

- Sav sadržaj u aplikaciji je napisan na način koji je lako razumeti.
- Brzo ću zaboraviti kako da koristim ovu Web aplikaciju.

#### [4] DISKUSIJA

Iako se često zanemaruje, mnogi uticajni istraživači [9, 11, 13, 15, 16, 17 i 18] ističu Lakoću učenja (eng. Learnability in Use) kao ključni atribut stvarne upotrebljivosti i najuticajni faktor uspeha softverskih aplikacija posebno GIS aplikacija.

Kada govorimo o lakoći učenja, očito je najvažniji pojam vreme potrebno da korisnik počne koristiti sistem. Ali mogu se meriti i neke druge stvari, te zato možemo proširiti uobičajeni skup metrika sledećim kriterijumima:

- Vreme potrebno da se nauči sistem.
- Vreme potrebno da se postigne odabrani kriterijum performansi.
- Teškoće uočene prilikom sticanja potrebnog znanja.
- Vreme potrebno za održavanje znanja o sistemu
- Vreme potrebno za ponovno učenje sistema nakon određenog vremena bez korišćenja.

Ali jednostavnost učenja ne uključuje samo vreme provedeno na učenje, nego i meru koliko je sistem uspešno naučen. Neki od kriterijuma koji mogu poslužiti za ovo su:

- Učestalost grešaka.
- Učestalost neke konkretne greške.
- Učestalost upotrebe Interneta za pomoć.
- Broj situacija kada je korisniku bila potrebna pomoć za neki problem.

U tehnološkom svetu sve više softver postaje raznovrsniji i složeniji, što je posebno naglašeno kod GIS aplikacija. Nove opcije se dodaju veoma brzo novim GIS aplikacijama, a očekuje se da će korisnici odmah moći da ih koriste. Međutim, iako GIS aplikacije imaju grafički korisnički interfejs, one su sasvim drugačije od tradicionalnih kompjuterskih aplikacija. Specifične karakteristike GIS aplikacija, stavljaju veći naglasak na lakoću učenja u GIS aplikacijama. Posebne funkcije neophodne za manipulaciju prostornim aspektima čine interfejs komplikovan i težak za učenje. GIS aplikacije koriste jedinstvene interfejse, pa stoga korisnici moraju da nauče različite stilove interfejsa za svaku aplikaciju. GIS aplikacije uglavnom zahtevaju trodimenzionalne (3D) stilove interakcije. Novim korisnicima je prilično teško da transformišu tradicionalni stil interakcije tzv. WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointers) u trodimenzionalnu interakciju, što neminovno dovodi do teškoća u učenju.

GIS aplikacije kombinuju funkcije upita i analiza sa vizuelizacijom i geografskim karakteristikama da bi ispitali prostorne probleme. Korišćenje, upravljanje i analiza prostornih podataka, kao i mogućnost analize prostornih upita su karakteristične za GIS aplikacije, ali to dovodi do problema upotrebljivosti, posebno u razumevanju i učenju aplikacije. Zbog potrebe da se u GIS aplikacijama razumeju geografski pojmovi i različiti tipovi podataka, korisnici imaju relativno dugu krivu učenja.

Pored različitog stila interakcije, GIS vizualizacija donosi još nekoliko izazova. Za prikaz i interakciju sa višedimenzionim geoprostornim objektima i pojavama, GIS koristi virtualno okruženje. U realnom okruženju, kretanje je ograničeno fizičkim granicama a kinestetska povratna informacija je na raspolaganju korisniku. U virtualnom okruženju takva povratna informacija se obično ne daje. Navigacija u virtualnom okruženju se uglavnom indirektno kontroliše interakcijom sa alatima kao što su tastatura, miš, džojstik itd. Pored toga što je indirektna obično se kontroliše izvan okruženja pa je uobičajeno da neiskusni korisnici-početnici izgube orijentaciju tj. svest o prostoru.

GIS može prikazati široka područja na malom ekranu i omogućava kretanje u velikim prostorima ali se korisnik najčešće bavi samo delom velikog prostora. Zato je uobičajeno za početnike da se dezorijentišu kada se zumiraju u malom prostoru bez referentnog teksta (na primer, imena mesta).

Lakoća učenja ima specifičan značaj posebno kod modernih Web GIS aplikacija. Sa konvencionalnim softverskim sistemima, korisnici moraju da ulože često veliki napor i vreme da instaliraju i nauče da koriste aplikaciju. Međutim, sa Web aplikacijama, korisnici se mogu vrlo brzo prebaciti sa jedne aplikacije na drugu Web aplikaciju uz minimalan napor. Dobra lakoća učenja vodi do razumnog vremena za učenje, adekvatne produktivnosti tokom faze učenja i na taj način boljem zadovoljstvu kod novih korisnika. Pобољшanje lakoće učenja, stoga, ima značajan uticaj na uspeh softverskih aplikacija, a posebno kod Web GIS aplikacija, jer one podrazumevaju drugačiji stil interakcije, trodimenzionalni dizajn interfejsa i potrebu da se shvate prostorni koncepti, čineći ih teškim za učenje. Da bi se lakoća učenja jasno definisala a zatim vrednovala neophodno je prvo identifikovati i razumeti pitanje lakoće učenja.

U eri interneta i Web GIS aplikacija, lakoća učenja ima nove izazove a online pomoć i podrška preko mreže su glavni mehanizmi podrške korisnicima.

## [5] ZAKLJUČAK

Rad doprinesi sublimiranju i proširenju teoretskih i praktičnih saznanja o upotrebljivosti, razumevanju pojma upotrebljivosti, terminologije i faktora koji doprinose kvalitetu u upotrebi i može da koristi onima koji izučavaju upotrebljivost.

U radu su sagledani aktuelni radovi istraživača iz oblasti upotrebljivosti i važeći standardi iz oblasti kvaliteta kao i različiti aspekti uticaja lakoće učenja na upotrebljivost WebGIS aplikacija.

Iako postoje različiti pristupi u definisanju skupa karakteristika koje je potrebno meriti da bi se utvrdio kvalitet softvera, odnosno definisao modela kvaliteta, u ovoj studiji je usvojen pristup koji se zasniva na analizi sadržaja i izdvajanju ključnih atributa upotrebljivosti na

osnovu frekvencije njihovog pojavljivanja u formalnim definicijama datih u pregledanim publikacijama i aktuelnim modelima upotrebljivosti.

## LITERATURA

- [1] Abran, A. Khelifi, A. Suryan, W. and Seffah, A. (2003) "Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards," *Software Quality Journal*, vol. 11, pp. 325-338.
- [2] Dubey, S.K. and Rana, A. (2010) "Analytical Roadmap to Usability Definitions and Decompositions," vol. 2, no. 9, pp. 4723-4729.
- [3] Bublione, L., Gasparro, F., Giacobbe, E. and Grande, C. (2002) "A Quality Model for Web-based Environments: GUFPI-ISMA Viewpoint," GUFPIISMA, Rome.
- [4] Becker, P. and Olsina, L. (2010) "Towards Support Processes for Web Projects," *GIDIS\_Web*, Engineering School, UNLPam, La Pampa, Argentina.
- [5] Olsina L. and Molina, H., (2008) "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.
- [6] Lew, P. and Olsina, L., (2011) "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.
- [7] 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).
- [8] Lew P., Olsina L., Li Zhang, (2010) Quality, Quality in Use, Actual Usability and User Experience as Key Drivers for Web Application Evaluation, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 6189, Web Engineering, Pages 218-232.
- [9] Lew P., Li Zhang, Olsina L., (2010) Usability and user experience as key drivers for evaluating GIS application quality, In *The 18th International Conference on Geoinformatics: GIScience in Change*, Geoinformatics 2010, Peking University, Beijing, China, June, 18-20, pages 1-6, IEEE.
- [10] Koua, E. & Kraak, M., (2004) A usability framework for the design and evaluation of an exploratory geovisualization environment. In *Proceedings of the International Conference on Information Visualization*. Pp. 153-158.
- [11] Rafique, I.; Jingnong Weng; Yunhong Wang; Abbasi, M.Q.; Lew, P., (2012) "Software Learnability Evaluation: An Overview of Definitions and Evaluation Methodologies for GIS Applications," *ICCGI 2012 : The Seventh International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology*. ISBN: 978-1-61208-202-8.



- [12] Bevan N. (2009): International Standards for Usability Should Be More Widely Used, *Journal of Usability Studies*, Vol. 4(3), pp. 106-113.
- [13] Lew, P. and Olsina, L., (2011) "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.
- [14] Hassenzahl, M. (2008) "User experience: towards an experiential perspective on product quality," *IHM*. vol. 339, Proc. of the 20th Int'l Conference of the Assoc. Francophone d'Interaction Homme-Machine, pp. 11-15.
- [15] Lew P., Olsina L., Li Zhang, (2010) Quality, Quality in Use, Actual Usability and User Experience as Key Drivers for Web Application Evaluation, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 6189, Web Engineering, Pages 218-232.
- [16] Lew P., Olsina L., Becker P. and Zhang L., (2011) "An integrated strategy to systematically understand and manage quality in use for web applications," *Requirements Engineering* vol., pp. 1-32.
- [17] Lew P., Qanber Abbasi M., Rafique I., Wang X., Olsina L. (2012) Using Web Quality Models and Questionnaires for Web Applications Evaluation. *IEEE proceedings of QUATIC*, Lisbon, Portugal.
- [18] Lew P., (2012) An Enterprise Framework for Evaluating and Improving Software Quality. In *proceedings of 30th Pacific Northwest Software Quality Conference (PNSQ2012)*, Portland, Oregon, pp. 393-404.
- [19] Đorđević N., Rančić D., Simić R., "Ključni atributi za vrednovanje upotrebljivosti Web zasnovanih GIS aplikacija", *ETRAN 2014*, Vrnjačka Banja, Serbia, (CD ROM), RT.5.2, 2-5. jun 2014., ISBN: 978-86-80509-62-4, <http://etran.etf.bg.ac.yu/>
- [20] Eason (1984): Towards the experimental study of usability, *Behaviour and Information Technology*, Vol. 3(2), pp. 133-143.
- [21] Shackel, B. (1991): Usability – Context, framework, definition, design and evaluation. In *Human Factors for Informatics Usability*, ed. Brian Shackel and Simon J. Richardson, 21–37. New York, Cambridge University Press.
- [22] Nielsen, J. (1993): *Usability Engineering*, Academic Press.
- [23] ISO 9241-11, "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability ," Geneva, Switzerland: Author., 1998.
- [24] ISO/IEC 9126: 1991/2001.
- [25] Seffah, A., Donyaee, M., Kline, R.B. and Padda, H.K. (2006): Usability measurement and metrics: A consolidated model, *Software Quality Control*, Vol. 14, No. 2, pp. 159–178.
- [26] Butler, K. (1985): Connecting Theory and Practice: A Case Study of Achieving Usability Goals, In *Proceedings of CHI 85*, ACM, New York, pp. 85-88.
- [27] Hart, S. G. and Staveland, L. E. (1988) "Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research," in *Advances in Psychology*, vol 52, A.H. Peter, M. Najmedin (Eds.), North-Holland, pp. 139-183.
- [28] Bevan, N. and Macleod, M. (1994) "Usability measurement in context.," *Beh. and Infor. Tech.* vol. 13, pp. 132–145.
- [29] Santos, P.J. and Badre, A.N., (1995) "Discount learnability evaluation," *GVU Technical Report*, Georgia Institute of Technology, pp. 30-38.
- [30] Dix, A., Finley, J., Abowd, G. and Beale, R. (1998): *Human-Computer Interaction*, 2nd edition, Prentice-Hall.
- [31] Kirakowski, J., Claridge, N., Whitehand, R. (1998) *Human Centered Measures of Success in Web Site Design*. *Proceedings of the 4th Conference on Human Factors & the Web*, June 5; Basking Ridge, New York, USA. AT&T Labs.
- [32] Lin, H.X., Choong Y.-Y. and Salvendy, G. (1997) "A proposed index of usability: a method for comparing the relative usability of different software systems," *Beh. & Infor. Tech.* vol. 16, pp. 267-278.
- [33] Chin, J.P., Diehl, V.A. and Norman, K.L. (1988) "Development of an instrument measuring user satisfaction of the humancomputer interface," *Proc SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, pp. 213-218, doi:10.1145/57167.57203.
- [34] Lewis, J.R. (1995) "IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use," *Int. J. Hum.-Comput. Interact.* vol. 7, pp. 57-78.
- [35] Perlman, G., (1997) " Practical usability evaluation," *Proc CHI '97 extended abstracts on Human factors in computing systems: looking to the future*, ACM, pp. 168-169, doi:10.1145/1120212.1120326.
- [36] Brooke, J. (1996) "SUS: A quick and dirty usability scale," in *Usability evaluation in industry*, P.W. Jordan, B. Weerdmeester, A. Thomas, I.L. McLelland (Eds.), Taylor and Francis.
- [37] Gediga, G., Hamborg, K.-C. and Düntsch, I. (1999) "The IsoMetrics usability inventory: An operationalization of ISO 9241-10 supporting summative and formative evaluation of software systems," *Beh. and Infor. Tech.* vol. 18, pp. 151-164.
- [38] Lund, A.M. (2001) "Measuring Usability with the USE Questionnaire," *Usability and User Experience* vol. 8.

# MOGUĆNOSTI INTUITIVNE KONTROLE RAČUNARSKIH SISTEMA POKRETIMA

## POSSIBILITIES OF INTUITIVE CONTROLS OF COMPUTER SYSTEMS BY MOVEMENTS

Mladen Trikoš<sup>1</sup>, dr Dušan Starčević<sup>2</sup>, dr Miroslav Minović<sup>2</sup>, Dejan Savić<sup>3</sup>

*Vojna akademija<sup>1</sup>*

*Fakultet organizacionih nauka<sup>2</sup>*

*Ministarstvo odbrane<sup>3</sup>*

*Sadržaj – Tradicionalni načini kontrole računara se uglavnom oslanjaju na uređaje poput tastature, miša i raznih vrsta komandnih palica. Nedavni tehnološki napredak u razvoju senzora i unapređenju performansi centralnih računarskih jedinica pruža mogućnost da se tradicionalni načini kontrole drastično promene. Novi načini kontrole omogućavaju intuitivno izdavanje komandi koristeći prirodne pokrete ljudi, pre svega pokrete ruku. Ovi vidovi kontrole mogu značajno da unaprede razne oblasti, poput udaljene kontrole hirurških robota, kontrole robota za demontiranje eksplozivnih naprava, i kontrole avatara u virtuelnom svetu.*

*Abstract - Traditional ways of controlling computers mainly rely on devices such as keyboard, mouse, and various types of command baton. Recent technological advances in the development of sensors and improving the performance of the central computing unit provides the ability to more traditional forms of control drastically changes. New ways of intuitive controls allow issuing commands using natural movements of people, especially hand movements. These forms of control can significantly improve various areas, such as remote control of surgical robots, robot control for dismantling explosive devices, and control avatars in a virtual world.*

### 1. UVOD

Ovaj rad predstavlja prikaz mogućih načina detektovanja ljudskih pokreta u svrhu kontrole računarskih sistema, kao i njihovih mogućih načina primene. Biće predstavljeni razni primeri sistema za kontrolu od kojih su neki komercijalno dostupni dok su drugi razvijeni u akademskim uslovima na univerzitetima širom sveta.

Dok su tradicionalni sistemi za kontrolu uglavnom prilagođeni lakšem načinu detekcije unosa (detekcija pritiska dugmeta na tastaturi ili smeru pomeranja palice), novi sistemi su prilagođeni lakšem načinu upotrebe. Korisnik ne mora da zapamti veliki broj kombinacija tastera da bi pokrenuo robotsku ruku ili kontrolisao avatara u virtuelnom svetu, već je potrebno da samo prirodno pomera ruku na način na koji on očekuje robotska ruka da se pomera. Ovaj rad može da posluži i kao smernice za dalja istraživanja o mogućnostima primene intuitivnih načina kontrole pokretima u raznim oblastima.

### 2. TEHNOLOŠKI TREND OVI

Tehnološki razvoj senzora, značajno unapređenje performansi centralnih procesorskih jedinica i konstantno

napredovanje na polju obrade videa u realnom vremenu pruža mogućnost da se tradicionalni načini kontrole računarskih sistema drastično promene. Pomenute inovacije omogućavaju i olakšavaju detekcije ljudskih pokreta koje možemo direktno prevesti u komande računarskim sistemima.

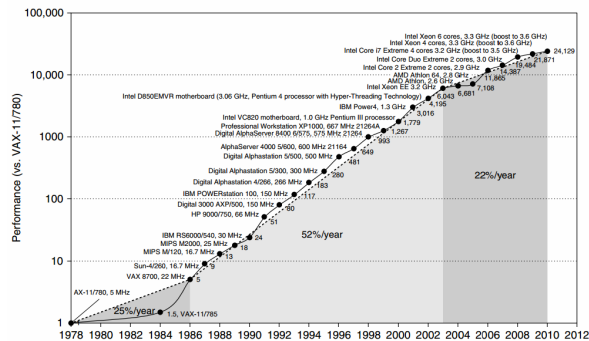
Jedan od glavnih nosilaca razvoja informacionih tehnologija, pa samim tim i novih načina kontrole računarskih sistema, je konstantno unapređenje performansi centralnih procesorskih jedinica. Broj tranzistora unutar centralnih procesorskih jedinica se konstantno uvećava poslednjih nekoliko decenija i prati dobro poznati Murov zakon [1] po kome se broj tranzistora duplira svake dve godine.

Ne samo da se broj tranzistora unutar centralnih procesorskih jedinica uvećava, već se uvećavaju i njihove sveobuhvatne performanse. Slika 2 prikazuje napredak performansi centralnih procesorskih jedinica tokom vremena [2] i na osnovu nje možemo videti da su se performanse u poslednjih dvadesetak godina uvećale više od 1000 puta. Istovremeno, masovna proizvodnja i prodaja doprinosi da njihove cene konstantno opadaju.

Obrada slika i videa u realnom vremenu takođe ima veoma važan doprinos novim načinima kontrole računarskih sistema. Ova multidisciplinarna oblast je doživela neverovatan napredak u poslednjih desetak godina, i kao dokaz tome možemo videti ogroman broj knjiga i naučnih radova iz ove oblasti [3]. Nekada su bili potrebni specijalizovani računari, visoko kvalitetne kamere i veoma skupi programi za obradu videa u realnom vremenu i detekciju objekata unutar videa. Danas, zahvaljujući prethodno pomenutim napretcima u performansama računara i ogromnom interesovanju za obradu videa, slični rezultati se mogu postići koristeći standardan personalni računar sa običnom web kamerom i OpenCV [4] popularnom bibliotekom otvorenog koda za obradu videa i slika. Slika 3 pokazuje primer detektovanja znakova šake koristeći standardnu web kameru i OpenCV biblioteku [5].

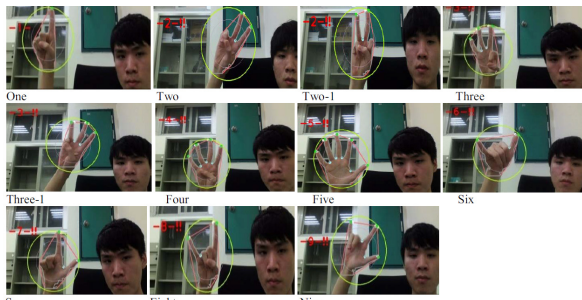
Značajan doprinos novim načinima kontrole računarskih sistema ima i napredak na polju inercijalnih senzora. Razvoj Mikro Elektro-Mehaničkih Sistema (MEMS) [6], [7] glavni je razlog za popularizaciju, napredak na polju performansi i drastičnom padu cena inercijalnih i magnetnih senzora. Najčešće korišćeni inercijalni senzori su za merenje ubrzanja (accelerometer), rotacije

(gyroscope) i zemljinog magnetskog polja (magnetometer).



Slika 2. Napredak u performansama centralnih procesorskih jedinica od 1970-tih

Svaki od pomenutih senzora (accelerometer, gyroscope i magnetometer) danas tipično može da meri ubrzanje, ugaono ubrzanje, ili magnetno polje u 3 pravca - ose. Šta više, danas se često proizvode i čipovi koji sadrže kombinaciju od dva, pa čak i sva tri senzora sa mogućnostima da mere u tri ose. Senzori koji imaju mogućnost da mere pomenute tri veličine u tri ose se često označavaju kao senzori sa 9 stepeni slobode (9 DOF – degree of freedom). Ovi mali, jeftini, i veoma precizni senzori našli su primenu u mnogim oblastima, počev od industrijskih, preko kućnih uređaja i pametnih mobilnih telefona, pa sve do igraćaka za decu.



Slika 3. Detektovanje znakova koristeći standardnu web kameru i OpenCV

### 3. DETEKCIJA POKRETA

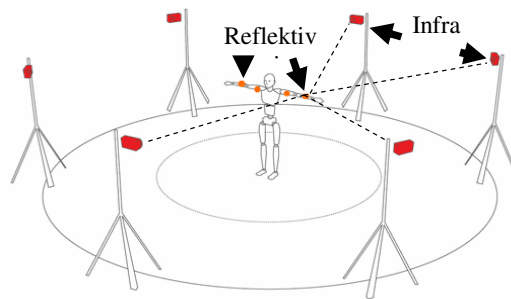
Pokreti i znakovi ruku mogu se koristiti za intuitivnu kontrolu računarskih sistema, a prvi korak u njihovom korišćenju za kontrolu predstavlja njihova detekcija. Detekcija pokreta može se ostvariti na više načina i dalji tekst će se fokusirati na četiri najčešće korišćena:

- (1) detekcija koristeći reflektivne markere i infra crvene kamere,
- (2) vizuelna detekcija bez reflektivnih markera,
- (3) detekcija na bazi nosivih inercijalnih senzora
- (4) hibridni sistemi koji koriste kombinaciju dva ili više prethodno pomenuta načina.

Za svaki od ovih načina biće predstavljen pricip rada, primeri postojećih sistema, kao i njihove prednosti i nedostaci.

### 4. DETEKCIJA POKRETA KORISTEĆI REFLEKTIVNE MARKERE I INFRACRVENE KAMERE

Jedan od najstarijih načina za snimanje i detektovanje pokreta koristi reflektivne markere i infra crvene kamere. Reflektivni markeri se postavljaju na deo ili celo telo osobe čije pokrete želimo da pratimo. Infra crvene kamere opremljene sa infra crvenim svetlom se nalaze oko osobe na poznatim i fiksiranim pozicijama. Kamere emituju infra crvenu svetlost van čovekovog vidljivog spektra i detektuju refleksiju svetla od markera. Svaki marker je vidljiv od strane više kamera i pošto su kamere na poznatim pozicijama, principom triangulacije možemo odrediti poziciju markera [8]. Ovaj princip rada je ilustrovan na slici 4.



Slika 4. Princip rada snimanje i detektovanje pokreta koristeći reflektivne markere i infra crvene kamere

Postoje mnogi komercijalni sistemi koji rade na ovom principu, a jedan od najpoznatijih je Vicon [9]. Sistemi mogu biti raspoređeni sa različitim brojem i kvalitetom kamera, i u različitim konfiguracijama. Na sličnom principu radi i čuveni kontroler konzole za videoigrice Wii, proizveden od strane firme Nintendo [10]. Jedina suštinska razlika je u tome što korisnik drži infracrvenu kameru smeštenu unutar kontrolera, a reflektivni markeri se nalaze na poznatoj poziciji ispod televizora.

Glavna prednost ovih sistema je njihova preciznost. Često se i uzimaju kao standard za upoređivanje kada se novi tip sistema razvija. [11], [12] Nedostaci ovog tipa sistema su mnogostruki od kojih možemo da izdvojimo visoku cenu, neophodnost za relativno velikim prostorom za raspoređivanje kamera i ostale opreme, kao i veoma ograničena mobilnost sistema nakon inicijalne postavke. Cene kvalitetnih sistema ove vrste mogu lako da pređu iznos od nekoliko stotina hiljada dolara. Dodatni nedostatak ovih sistema je osetljivost na "svetlosno zagađenje". Svaki izvor infra crvenog (plamen, odsjaj,...) svetla može da utiče na sistem.

### 5. VIZUELNA DETEKCIJA POKRETA BEZ REFLEKTIVNIH MARKERA

Drugi trenutno veoma popularni način detekcije pokreta je takođe koristeći kamere ali bez reflektivnih markera. Za popularizaciju ovog načina najviše je zaslužan napredak u oblasti obrade slika i videa u realnom vremenu. Ovaj način se uglavnom oslanja na jednu ili više kamere, sa ili

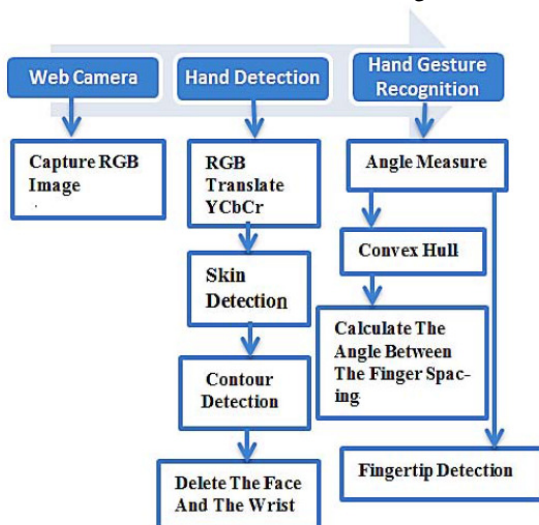
bez dodatnih fizičkih filtera (npr. infra crveni filter), i na obradu snimljenog videa u realnom vremenu.

Postoji mnogo načina obrade videa koji mogu da se koriste za detekciju pokreta [5], [13]–[15]. Navođenje i opisivanje svih tih načina nije tema ovog rada. Kao ilustracija ovog tipa detekcije pokreta biće predstavljen samo jedan od mnogo mogućih načina obrade videa.

Slika 5 ilustruje jedan način za obradu videa u svrhu detektovanja pokreta šake i prstiju [5]. Nakon snimanja videa pomoću obične web kamere i inicijalne normalizacije boja, pristupa se detekciji boje kože. Kada je boja kože dostupna, višekolorni video se prevodi u crno beli video, gde boja kože postaje bela boja a sve stalo postaje crno. Tako dobijeni video se koristi za detekciju kontura i inicijalno prepoznavanje šake sa prstima. Svi ostali delovi se zanemaruju i pažnja se usmerava na konture šake sa prstima. Kako je generalni oblik šake sa prstima unapred poznat, to se koristi za detektovanje ključnih tačaka šake i prstiju, kao što su vrhovi prstiju i tačke spajanja prstiju. Ove ključne tačke se potom koriste za merenje ugla između prstiju i modelovanje šake.

Pored ogromnog broja sistema razvijenih na univerzitetima širom sveta [5], [13]–[15], postoje i komercijalno dostupni sistemi koji koriste vizuelnu detekciju pokreta bez reflektivnih markera. Jedan od najpoznatijih komercijalnih sistema je Microsoft Kinect [16]. Pored standardne video kamere u boji, Kinect takođe koristi infracrveni senzor daljine da bi dobio bolju sliku trodimenzionalnog prostora [17].

Drugi komercijalno dostupan uređaj ovog tipa je Leap Motion [18]. Leap Motion koristi dve monohromatske infra crvene kamere i tri izvora infra crvenog svetla [19].



Slika 5. Postupak snimanja i obrade videa u svrhu detektovanja šake i prstiju

Oba komercijalna sistema imaju veoma nisku cenu i pristojnu sposobnost detekcije pokreta. Kinect je namenjen za detekciju pokreta celog tela i zbog toga sitni pokreti, poput pokreta šake i prstiju, teško da mogu da se

detektuju. Takođe, namenjen je da korisnik bude udaljen između 1.2 i 3.5 metra od uređaja tokom korišćenja. Leap Motion je dizajniran da detektuje samo pokrete šaka i prstiju, i to kada se one nalaze tačno iznad njega ne dalje od 1 metra.

Generalni nedostatak ovih sistema je njihova ograničena preciznost. Ove vrste sistema uglavnom nisu pogodne u situacijama gde se zahteva veoma precizna detekcija pomeranja. Takođe, ove vrste sistema imaju jasno definisanu udaljenost korisnika od sistema koju je neophodno poštovati da bi sistem radio ispravno.

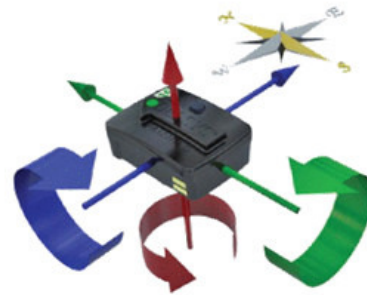
## 6. DETEKCIJA POKRETA NA BAZI NOSIVIH SENZORA

Pokreti se mogu detektovati i nosivim senzorima. U osnovi postoje dva tipa detekcije pokreta koristeći nosive senzore:

- (1) detekcija koristeći inercijalne senzore i
- (2) detekcija koristeći senzore koji mere električnu aktivnost mišića (EMG – elektromiografija [20]).

Razvoj inercijalnih senzora u proteklih par godina doprineo je velikoj popularnosti nosivih senzora i kao jedna od glavnih primena izdvojila se detekcija pokreta. Veliki broj sistema razvijen je na univerzitetima širom sveta [21]–[27], a postoje i sistemi koji su komercijalno dostupni [28], [29].

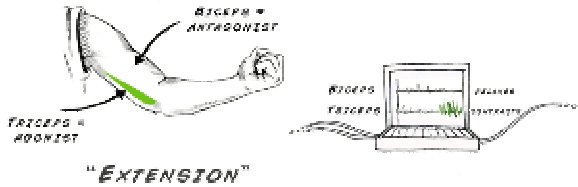
Sistemi ovog tipa rade tako što se na strateške pozicije tela stave mali nosivi uređaji od kojih svaki najčešće sadrži tri vrste senzora i to za merenje ubrzanja (accelerometer), ugaonog ubrzanja rotacije (gyroscope) i zemljinog magnetnog polja (magnetometer), slika 6. Ovi sistemi koriste poznato ubrzanje Zemlje i zakone kinematike [30] da bi odredili trenutnu poziciju i vektore kretanja svih nosivih uređaja.



Slika 6. Ilustracija inercijalnog senzora sa 9 stepeni slobode

Prednost nosivih inercijalnih senzora je njihova velika mobilnost i širok spektar primene. Takođe ovi sistemi mogu biti veoma precizni i detektovati male pokrete. Nedostatak ovih sistema je nemogućnost određivanja apsolutne pozicije bez početnih uslova, što rezultira da je neophodna kalibracija pre početka korišćenja.

Druga vrsta nosivih senzora koja može da se koristi za detektovanje kretanja je bazirana na detekciji električne aktivnosti mišića. Slika 7 ilustruje električnu aktivnost mišića ruke (bicepsa i tricepsa) tokom pokreta ispravljanja ruke u laktu. Tokom ove operacije mišić tricepsa se skuplja i time inicira i omogućava pokret, dok se mišić bicepsa opušta. Različite akcije mišića rezultuju i u različitim detektovanim električnim aktivnostima ovih mišića, što se može videti na desnoj strani slike 7.



Slika 7. Ilustracija električne aktivnosti mišića ruke tokom pokreta

Na univerzitetima širom sveta razvijen je veliki broj ovakvih sistema [31], [32], a postoje i komercijalni proizvodi poput Myo [33]. Sistemi ovog tipa su uglavnom specijalizovani i usmereni na pokrete određenog dela tela, i retko se koriste za detekciju pokreta celog tela.

Prednosti ovih sistema su velika mobilnost i mogućnost upotrebe u mnogim situacijama. Takođe, ovi sistemi mogu detektovati samo nameru pokreta, tako da ponekad nije ni potrebno napraviti ceo pokret. Nedostatak sistema ovog tipa su ograničena preciznost i nemogućnost kvantifikovanja određenih pokreta. Na primer, ovi sistemi ne mogu da razlikuju savijanje ruke u laktu od 30° ili 60°, već mogu samo da detektuju da je došlo do savijanja ruke u laktu.

## 7. HIBRIDNI SISTEMI ZA DETEKCIJU POKRETA

Pored navedenih tipova sistema za detekciju pokreta, postoje i sistemi koji kombinuju dva ili više prethodno pomenuta načina. Najčešće se kombinuju sistemi sa inercijalnim nosivim sensorima sa vizuelnom detekcijom sa ili bez reflektivnih markera [34]–[36].

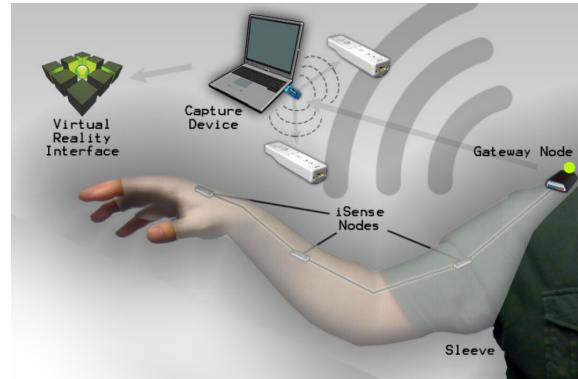
Slika 8 ilustruje jedan od hibridnih sistema za detekciju pokreta [35]. U ovom sistemu inercijalni nosivi senzori se nalaze na šaci, podlaktici, nadlaktici i na ramenu. Pomoću ovih senzora određuju se pokreti i pozicija ruke. Pored inercijalnih senzora, sistem koristi reflektivni marker (izvor infra crvenog svetla) na ramenu korisnika. Pozicija ovog markera se određuje pomoću dve infracrvene kamere [10]. Ideja ovog sistema je da iskoristi preciznost inercijalnih senzora a da istovremeno omogući apsolutno pozicioniranje korisnika u prostoru.

## 8. PRIMENA U VOJNE SVRHE

Intuitivna kontrola pokretima može se primeniti u mnogim oblastim, počevši od industrije zabave i kontrole karaktera u video igricama, pa do kontrole hirurških robota tokom hirurških intervencija. Pošto su mogućnosti primene mnogobrojne, ovaj rad će se fokusirati na

mogućnosti primene intuitivne kontrole pokretima u vojne svrhe. Šta više, intuitivna kontrola pokretima može se primeniti za mnogobrojne vojne svrhe, pri čemu su dominantni dva specifična tipa primena:

- (1) kontrola robota za deaktiviranje eksplozivnih naprava i
- (2) priprema vojnika za vojne operacije koristeći virtuelnu stvarnost.



Slika 8. Hibridni sistem za detekciju pokreta

Mali samohodni roboti za deaktiviranje eksplozivnih naprava su veoma česti u armijama širom sveta. Oni omogućavaju da se akcija deaktiviranja obavi udaljenim putem i sa sigurne distance čime se izbegava nepotrebno rizikovanje života vojnika.

Iako je upotreba ovih robota veoma česta i veoma značajna, na žalost većina sistema u trenutnoj upotrebi koristi veoma komplikovane i ne-intuitivne načine kontrole. Roboti ovog tipa uglavnom poseduju robotsku ruku koja se koristi za deaktiviranje, a kontrola te ruke se obavlja uz pomoć velikog broja dugmadi i potencijometara.

Korišćenje intuitivnih komandi pokretima može da donese značajan napredak na ovom polju, omogućavajući korisnicima da kontrolišu robota na sasvim prirodan način. Korisnik je opremljen velikim brojem nosivih senzora koji omogućavaju da se svi njegovi pokreti direktno prenesu na robota. Time se omogućava korisniku da se fokusira na zadatak deaktivacije umesto na kontrolu robota. Pri tome, korisnik ne mora da brine o svojoj bezbednosti dok vrši deaktivaciju eksplozivne naprave.

Razvoj uređaja koji mogu da prenesu osećaj dodira na udaljenog korisnika [37] otvaraju vrata dodatnom unapređenju ove vrste sistema. Omogućavanje korisniku da "oseći" ono što robot dodiruje omogućuje mnogo preciznije akcije i olakšava rad specijalistima za demontiranje eksplozivnih naprava.

Razvoj računara i računarske grafike omogućio je razvijanje animiranih virtuelnih svetova sa visokim nivoom detalja. U nekim situacijam skoro da nije moguće razlikovati animirane sadržaje od snimljenog video materijala. Šta više, setovi za prikaz virtuelne stvarnosti postaju sve popularniji, kao što možemo da vidimo na primeru Oculus Rift-a [38]. Primena animiranih objekata i

karaktera pronašla je odavno primenu u svetu zabave (filmovima i video igricama), a od skoro koristi se i za pripremu vojnika.

Obuka vojnika obuhvata mnogo stvari, između ostalog vojnici se uče kako da postupaju u raznim situacijama, međutim reakcija vojnika u borbenoj situaciji je uvek individualna. Da bi što više pripremili svoje vojnike i pokušali da koriguju ponašanje u borbenim situacijama, moderne armije počinju da upotrebljavaju virtuelnu stvarnost kao deo treninga. Vojnici se susreću sa mnoštvom raznih situacija u virtuelnom svetu, a njihovi treneri pažljivo posmatraju njihove reakcije.

Druga jednako važna primena je upoznavanje vojnika sa nepoznatim terenima. Vrlo često vojnici moraju da obavljaju različite misije na njima potpuno nepoznatom terenu. Virtuelna realnost se koristi da bi se vojnici upoznali sa terenom koji pre toga nisu videli i samim tim da bi se povećala verovatnoća uspeha misije i maksimalno smanjila verovatnoća stradanja vojnika.

U oba ova primera važno je ne samo prikazati virtuelni svet što realističnije, već i omogućiti vojnicima da kontrolišu svoje virtuelne karaktere na što prirodniji način. Da bi dobili pravi doživljaj virtuelnog sveta, vojnici moraju da budu u mogućnosti da pokreću svoje virtuelne avatare i koriste virtuelna oružja na isti način na koji se oni kreću i koriste svoja prava oružja.

## 9. ZAKLJUČAK

Kontrola današnjih računarskih sistema se uglavnom oslanja na uređaje poput tastature, miša i raznih vrsta komandnih palica. Razvoj ovih uređaja je uglavnom bio vođen trenutnim tehničkim mogućnostima detektovanja unosa i nije bio fokusiran na intuitivne načine kontrole.

Tehnološki napredak omogućava razvoj novih sistema kontrole koji omogućavaju intuitivno izdavanje komandi koristeći prirodne pokrete ljudi. Ovi vidovi kontrole mogu značajno da unaprede oblasti poput udaljene kontrole hirurških robota, kontrole robota za demontiranje eksplozivnih naprava, i kontrole avatara u virtuelnom svetu.

Analizom naučnih radova, u ovom radu je predstavljena mogućnost detektovanja pokreta ljudi u svrhu kontrole računarskih sistema, kao i njihova moguća primena u vojne svrhe. Takođe, važno je naglasiti da cilj ovog rada nije da sveobuhvatno pokrije ovu veoma veliku oblast i da lista prikazanih metoda i mogućih primena nije kompletna.

Ove vrste sistema pokazuju ogroman potencijal i predmet su istraživanja na mnogim univerzitetima širom sveta, kao i u mnogim kompanijama koje rade u ovoj oblasti. Da bi neki sistem počeo da se koristi u vojne svrhe, on mora proći mnogo testiranja i biti sposoban da radi u veoma teškim uslovima. Na žalost, većina ovih sistema još uvek nije spremna za masovnu upotrebu u vojne svrhe, ali sa konstantnim unapređenjima kojima smo svedoci svakog

dana, neće proći dugo vremena do trenutka kada će se ovi sistemi koristiti svakodnevno.

## LITERATURA

- [1] G. E. Moore, "Cramming more components onto integrated circuits, Reprinted from Electronics, volume 38, number 8, April 19, 1965, pp.114 ff.," IEEE Solid-State Circuits Soc. Newsl., vol. 11, no. 5, pp. 33–35, Sep. 2006.
- [2] J. L. Hennessy, Computer Architecture, Fifth Edition: A Quantitative Approach, 5 edition. Waltham, MA: Morgan Kaufmann, 2011.
- [3] N. Kehtarnavaz and M. Gamadia, Real-Time Image and Video Processing. Morgan & Claypool Publishers, 2006.
- [4] "OpenCV." [Online]. Available: <http://opencv.org/>
- [5] H. Y. Lai and H. J. Lai, "Real-Time Dynamic Hand Gesture Recognition," in 2014 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C), 2014, pp. 658–661.
- [6] An Introduction to MEMS (Microelectromechanical Sysys). Loughborough, Leics: PRIME Faraday Partnership, 2002.
- [7] "Introduction to Microelectromechanical Systems (MEMS)." [Online]. Available: <http://compliantmechanisms.byu.edu/content/introduction-microelectromechanical-systems-mems>.
- [8] "Motion capture," Wikipedia, the free encyclopedia. 26-Sep-2014.
- [9] "Vicon." [Online]. Available: <http://www.vicon.com/>
- [10] "Wii Remote," Wikipedia, the free encyclopedia. 14-Sep-2014.
- [11] H.-K. Lee, S.-P. Cho, J. H. You, and K.-J. Lee, "The Concurrent Validity of the Body Center of Mass in Accelerometric Measurement," in 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007, 2007, pp. 659–661.
- [12] F. Wang, M. Skubic, C. Abbott, and J. M. Keller, "Body sway measurement for fall risk assessment using inexpensive webcams," in 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010, pp. 2225–2229.
- [13] R. Shrivastava, "A hidden Markov model based dynamic hand gesture recognition system using OpenCV," in Advance Computing Conference (IACC), 2013 IEEE 3rd International, 2013, pp. 947–950.

- [14] P. Jetensky, "Human hand image analysis extracting finger coordinates and axial vectors: Finger axis detection using blob extraction and line fitting," in *Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)*, 2014 24th International Conference, 2014, pp. 1–4.
- [15] D. Ravipati, P. Karreddi, and A. Patlola, "Real-time gesture recognition and robot control through blob tracking," in 2014 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), 2014, pp. 1–5.
- [16] "Microsoft Kinect." [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [17] "Kinect," *Wikipedia, the free encyclopedia*. 14-Sep-2014.
- [18] "Leap Motion." [Online]. Available: <https://www.leapmotion.com/>
- [19] "Leap Motion," *Wikipedia, the free encyclopedia*. 02-Sep-2014.
- [20] "Elektromiografija," *Vikipedija*.
- [21] L. Bai, M. G. Pepper, Y. Yana, S. K. Spurgeon, and M. Sakel, "Application of low cost inertial sensors to human motion analysis," in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, 2012 IEEE International, 2012, pp. 1280–1285.
- [22] J. Wu, Z. Wang, S. Raghuraman, B. Prabhakaran, and R. Jafari, "Demonstration abstract: Upper body motion capture system using inertial sensors," in *IPSN-14 Proceedings of the 13th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks*, 2014, pp. 351–352.
- [23] G. Shi, Y. He, F. Ye, J. Yang, P. Wang, and Y. Jin, "Towards an ubiquitous motion capture system using inertial MEMS sensors and ZigBee network," in 2011 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2011, pp. 230–234.
- [24] A. Rodriguez-Angeles, A. Morales-Diaz, J.-C. Bernabé, and G. Arechavaleta, "An online inertial sensor-guided motion control for tracking human arm movements by robots," in 2010 3rd IEEE RAS and EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob), 2010, pp. 319–324.
- [25] Y.-C. Kan and C.-K. Chen, "A Wearable Inertial Sensor Node for Body Motion Analysis," *IEEE Sens. J.*, vol. 12, no. 3, pp. 651–657, Mar. 2012.
- [26] R. Kamnik, S. Stegel, and M. Muni, "Design and Calibration of Three-Axial Inertial Motion Sensor," in *Power Electronics and Motion Control Conference, 2006. EPE-PEMC 2006. 12th International*, 2006, pp. 2031–2036.
- [27] Y. Jung, D. Kang, and J. Kim, "Upper body motion tracking with inertial sensors," in 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2010, pp. 1746–1751.
- [28] "3DSuit Motion Capture System." [Online]. Available: <http://www.inertiallabs.com/3dsuit.html>
- [29] "Xsens 3D motion tracking," Xsens 3D motion tracking. [Online]. Available: <http://www.xsens.com/>
- [30] "Kinematics," *Wikipedia, the free encyclopedia*. 21-Sep-2014.
- [31] R. Woodward, S. Shefelbine, and R. Vaidyanathan, "Pervasive Motion Tracking and Muscle Activity Monitor," in 2014 IEEE 27th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2014, pp. 421–426.
- [32] M. R. Ahsan, M. . Ibrahimy, and O. O. Khalifa, "Hand motion detection from EMG signals by using ANN based classifier for human computer interaction," in 2011 4th International Conference on Modeling, Simulation and Applied Optimization (ICMSAO), 2011, pp. 1–6.
- [33] "Myo Band." [Online]. Available: <https://www.thalmic.com/en/myo/>
- [34] J. Sugiyama and J. Miura, "A wearable robot control interface based on measurement of human body motion using a camera and inertial sensors," in 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2011, pp. 565–570.
- [35] E. Jovanov, N. Hanish, V. Courson, J. Stidham, H. Stinson, C. Webb, and K. Denny, "Avatar- a multi-sensory system for real time body position monitoring," in 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis, MN, 2009, pp. 2462–2465.
- [36] M. Milosevic and E. Jovanov, "A real-time control of multiple Avatars using Wii remotes and Avatar system," in 2011 IEEE 43rd Southeastern Symposium on System Theory (SSST), Auburn, AL, 2011, pp. 139–142.
- [37] J. Blake and H. B. Gurocak, "Haptic Glove With MR Brakes for Virtual Reality," *IEEEASME Trans. Mechatron.*, vol. 14, no. 5, pp. 606–615, Oct. 2009.
- [38] "Oculus VR." [Online]. Available: <http://www.oculus.com/>

# REZULTATI USPOSTAVLJANJA PMO FUNKCIJE U KOMPANIJI DDOR NOVI SAD

## RESULTS OF PMO FUNCTION ESTABLISHMENT IN DDOR NOVI SAD COMPANY

Vida Duvnjak Katzenberger<sup>1</sup>, Danijela Kralj<sup>1</sup>, Vidan Marković<sup>1</sup>, Momčilo Spasojević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DDOR Novi Sad a.d.o

<sup>2</sup>FTN Novi Sad

**Sadržaj** – Ovim radom su predstavljene šestogodišnji rezultati rada PMO (Project Management Office) na uspostavljanju metodologije upravljanja projektima u kompaniji DDOR Novi Sad. Većina projekata se odnose na implementaciju i unapređenje IT sistema. Sprovedena unapređenja i predloženi daljnji koraci su naglašeni u ovom dokumentu.

**Abstract** – This paper presents results of six years PMO (Project Management Office) endeavor for establishing project management methodology in whole company, DDOR Novi Sad. Most projects relates to implementation and enhancement of IT system. Performed advancements and proposed further steps are pointed out in this document.

### 1. UVOD

Radi opstanka na tržištu i obezbeđenja profita, pored inovacija u tehnologiji, neophodne su i inovacije u samoj organizaciji. Kompanije prvenstveno pristupaju smanjenju svojih troškova, restrukturiranju procesa i smanjenju radne snage. U skladu sa time, razvijaju se nove, fleksibilnije organizacione forme u kojima projekti, kao jedinstven niz aktivnosti koje dovode do novih rezultata[1], postaju brojniji i strateški značajniji.

Povećan broj i kompleksnost projekata u poslovnom svetu je prouzrokovao da mnoge organizacije uspostave nove organizacione funkcije, koje definišu i održavaju standarde i procese povezane sa upravljanjem projektima, a najčešće je to kancelarija za podršku upravljanju projektima (ProjectManagement Office, PMO).

U DDOR-u je PMO osnovan 2009. godine u okviru funkcionalne oblasti ITS i organizacija. Kao i u većini organizacija, projektno praćenje poslova je prvo primenjeno u području razvoja informatičke podrške. Razlog tome je složenost aktivnosti i proizvoda u oblasti informatike kao i otvorenost osoblja ka novim saznanjima i metodologijama. Pored toga, svaka promena u oblasti poslovanja se odražava na promenu ili dopunu informatičke podrške, i gotovo je izvesno da će svaka projektna inicijativa sadržavati i aktivnosti koje se odnose na izmene informatičke podrške. U skladu sa PMI preporukama[1], PMO u „DDOR Novi Sad“ a.d.o. je osnovan sa zadatkom da [2]:

- se stara da su projekti u skladu sa strateškim ciljevima organizacije,
- koordinira deljenim resursima raspoređenim na projekte koji su u njegovoj nadležnosti,
- identifikuje najbolje prakse, propisuje i unapređuje metodologiju upravljanja projektima,
- vrši obuke i usmeravanje zaposlenih da uz korišćenje propisane metodologije planiraju, realizuju i prate svoje projekte
- obezbeđuje deljenje znanja među članovima projektnih timova kako bi se ostvarila jasna komunikacija.
- obezbeđuje tesnu integraciju između projektnih inicijativa, tako da postoji koordinacija među različitim projektima unutar organizacije,
- sprovodi projektne evaluacije,
- informiše o projektnim statusima,
- učestvuje u realizaciji projekata u ulozi menadžera
- planira i prati realizaciju IT budžeta

Pored Sektora za upravljanje projektima – PMO, aktivnosti ove funkcije sprovode stalni i povremeni PMO članovi, predstavnici svih poslovnih funkcija u kompaniji.

Tokom šestogodišnjeg rada, Sektor za upravljanje projektima - PMO je merio projektne parametre, punio svoju bazu znanja informacijama sa različitih projekata, informacije objedinio, klasifikovao i sproveo statističke analize. Sprovedene su sledeće analize i podaci su grupisani po godinama:

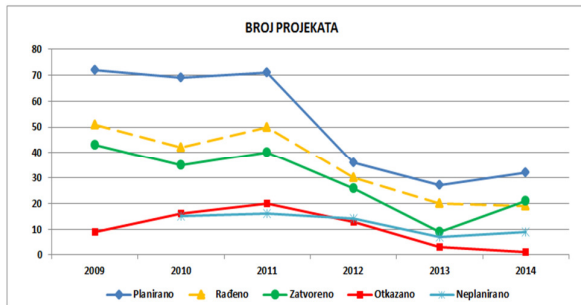
- Broj projekata
- Indeksi performansi projekata (SPI, CPI)
- Angažovanje IT i ne IT osoblja na projektima
- Ostvareni rizici i njihove posledice

Analize su sprovedene na uzorku od 160 projekata, a njihovi rezultati su predstavljeni u ovom radu.

### 2. BROJ PROJEKATA

Osnovni parametar koji se može meriti je broj projekata PMO prati i analizira brojeve planiranih, neplaniranih, realizovanih, odloženih i otkazanih projekata. Analiza obuhvata sve projekte radene u periodu, bez obzira na njihov obim. Posmatrani su godišnji planovi i realizacije, a na sledećem dijagramu su predstavljeni rezultati:





Očigledno je da je broj projekata u početnom periodu bio veći od broja projekata na kojima smo radili kasnije. Razlozi tome su sledeći:

- iniciranje projekata zbog razvoja manjeg obima
- ne objedinjavanje zahteva većeg broja poslovnih funkcija u jedinstven projekat
- iniciranje projekata većeg obima u poslednje tri godine je onemogućilo rad na većem broju projekata manjeg obima
- smanjenje broja radnika u svim poslovnim funkcijama zahteva više operativnog rada, pa manje raspoloživog ostaje za projekte

Ovakva slika je posledica strateškog opredeljenja kompanije da se smanje troškovi rada kroz smanjenje broja radnika. Manji broj radnika je usmeren prvenstveno na operativne aktivnosti, a preostali rad je usmeren na mali broj projekata većeg obima.

Dobro usmeravanje od strane PMO-a se ogleda u:

- smanjenju razlike između broja planiranih projekata i projekata na kojima je radeno
- smanjenju razlike između broja planiranih i zatvorenih projekata
- smanjenju broja otkazanih projekata
- smanjenju broja neplaniranih projekata

Cilj PMO funkcije je da se broj neplaniranih i otkazanih projekata svede na minimum. Zbog dinamike poslovnog okruženja, izvesno je da to ne može biti 0 jer se u toku godine menjaju potrebe poslovanja. Zbog usaglašavanja plana projekata sa kompanijskim potrebama, uvedeno je kvartalno planiranje. Kvartalni, operativni planovi i realizacije daju bolje rezultate, ali oni nisu predmet ove analize.

Neretko se dešava da regulativa nalaže realizaciju projekata koje nismo planirali. Prema statistikama, broj projekata koje kompanija mora da realizuje, a da se ne odnose na unapređenje rada, već na obavezu, ne treba da prevazilazi 20% [3]. Po broju do sada realizovanih projekata koji se rade po nalogu zakonodavca ili radi obezbeđenja kontinuiteta poslovanja, što predstavlja obavezne projekte, DDOR se uklapa u ovu statistiku.

### 3. INDEKSI PERFORMANSI

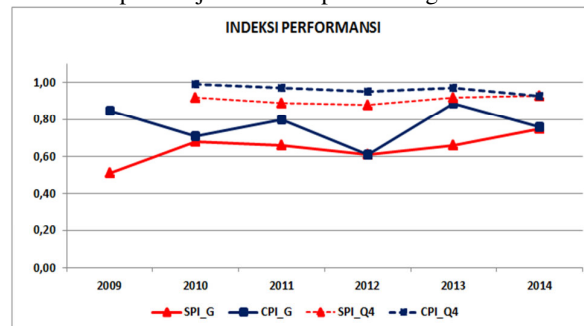
U skladu sa PMI preporukama [1], PMO u DDOR-u prati realizaciju pojedinih projekata, kao i portfolia projekata kroz indekse performansi.

SPI (Schedule Performance Index) je odnos zarađene vrednosti i planirane vrednosti u posmatranom periodu. Zarađena vrednost je planirana vrednost za realizovane aktivnosti koja se izračunava kao proizvod procenta realizacije i ukupno planiranog ulaganja za taj procenat realizacije. Veći SPI ukazuje na realizaciju većeg obima planiranog posla. Ovaj indeks je mera efektivnosti.

CPI (Cost Performance Index) je odnos zarađene vrednosti i ulaganja. Veći CPI ukazuje na realizaciju posla uz manja ulaganja. Ovaj indeks je mera efikasnosti.

Ova analiza se odnosi na indekse performansi portfolia projekata. Indeksi se prate u odnosu na godišnji plan kao i u odnosu na kvartalne, operativne planove. Obračun vrednosti indeksa se vrši na bazi planiranog i uloženog internog rada i procenta realizacije pojedinih projekata. PMO nedeljno sprovodi EVA analize (Earned Value Analysis) na nivou svakog projekta i na nivou celog portfolia. U slučaju velikog odstupanja indeksa od 1, preduzimaju se mere da se intenzivira rad na projektima koji to prouzrokuju.

Na sledećem dijagramu su punom linijom prikazani indeksi performansi u odnosu na godišnje planove, dok isprekidana linija predstavlja indekse performansi u odnosu na poslednje kvartalne planove u godini:



Tumačenje rezultata:

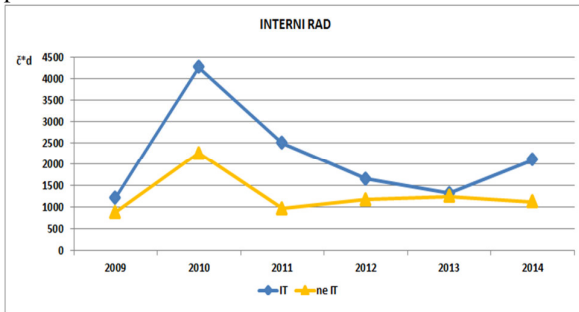
- kvartalni indeksi su mnogo bolji od godišnjih jer se odnose na operativne planove koji se kreiraju u trenutku poznavanja gotovo svih potreba u narednom kvartalu
- Pokazatelj efektivnosti, SPI, ima rastući trend i na godišnjem i na kvartalnom nivou što je posledica boljeg sagledavanja mogućnosti kompanije za realizaciju projekata
- SPI nije dostigao vrednost 1 zbog optimističnog planiranja, dok još ne poznajemo projektne detalje
- Pokazatelj efikasnosti, CPI, varira tokom posmatranog perioda, ali je trend rastući.
- Periodi sa izjednačenim indeksima CPI i SPI ukazuju na dobro sagledavanje raspoloživog internog rada, odnosno da je planiran rad za period jednak uloženom radu. Ovakvo dobro planiranje je posledica objedinjenog sagledavanja raspoloživog rada svih poslovnih funkcija i ulaganja u projekte u skladu sa planom.

Cilj PMO je da ovi indeksi dostignu vrednost 1. To se može postići pripremom projektnih nacrti i detaljnih planova pojedinih projekata u trenutku pripreme godišnjeg plana. S obzirom na dinamiku promena u okruženju, nemoguće je detaljno planirati godinu dana unapred, pa se nivo godišnjih indeksa oko 0,8 može smatrati zadovoljavajućim.

#### 4. PRIMENA PROJEKTNE METODOLOGIJE

Jedan od zadataka PMO funkcije u kompaniji je da obuhvati rad na projektima svih poslovnih funkcija, a ne samo IT funkcije, kako je rađeno pre formiranja PMO. To se postiže obučavanjem i ne IT funkcija o primeni projektne metodologije, njihovim uključivanjem u IT projekte i projektnim vođenjem ne IT aktivnosti koje imaju osobine projekta.

Na sledećem dijagramu se može videti mera uložene rada na projektima IT i ne IT funkcija tokom posmatranog perioda:



Mala ulaganja u prvoj godini postojanja PMO su posledica loše evidencije rada na projektima i nije realna slika rada u toj godini. Uvođenjem PMO funkcije unapređeno je praćenje rada na projektima te u narednim godinama imamo podatke validne za analizu.

Opadanje ulaganja rada u projekte od strane IT funkcije je posledica smanjenja broja radnika u ovoj oblasti poslovanja, dok je porast u 2014 godini prouzrokovan daljim unapređenjem evidencije rada kroz implementaciju novih alata.

Rad ne IT funkcija je uslovljen strukturom projekata u toku godine. Razlika između IT i ne IT rada se tokom godina smanjivala, da bi u 2013 njihova ulaganja bila gotovo jednaka. U toj godini je zajedničkim naporima uveden novi ERP sistem što je zahtevalo značajno angažovanje ne IT funkcija. Iako je u 2014. godini rađeno i na projektima koji ne zahtevaju razvoj IT podrške, zbog IT projekata koji nisu zahtevali veliki angažman ne IT funkcija, razlika ulaganja se ponovo povećala.

Uvođenje agilne metodologije rada je dalo značajan doprinos izjednačavanju angažovanja IT i ne IT funkcija. DDOR je usvojio DSDM metodologiju krajem 2011 godine i intenzivirao saradnju sa korisnicima iz ne IT funkcija na IT projektima.

Da bi PMO postigao dalje uključivanje ne IT funkcija u rad na projektima, potrebno je prepoznati projektne aktivnosti u svim oblastima poslovanja. To se može ostvariti samo uz podršku najvišeg rukovodstva kompanije ili daljom reorganizacijom, odnosno dodelom novih autoriteta funkciji PMO.

#### 5. RIZICI NA PROJEKTIMA

U skladu sa PMI metodologijom [1], projektni menadžer prilikom planiranja projekta definiše plan upravljanja rizicima tako što rizike opiše i za svaki predlaže plan delovanja. Nakon toga sprovodi analizu rizika dajući procenu kolika je verovatnoća ostvarenja rizika i koliki je njegov uticaj na projekat.

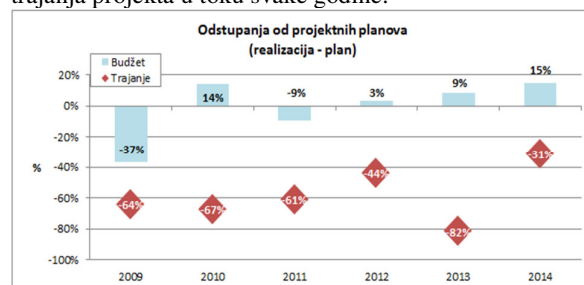
Sektor za upravljanje projektima je sproveo analizu ostvarenih rizika na završenim projektima do kraja 2014. godine. U posmatranom periodu su najčešći ostvareni rizici bili:

- loša procena potrebnog rada za realizaciju projekta zbog nepoznavanja procesa/proizvoda koji treba tehnički podržati
- loša procena potrebnog rada za realizaciju projekta zbog nepoznavanja novih tehničkih rešenja
- nekvalitetna komunikacija među članovima projektnog tima
- predefinisani rokovi realizacije bez detaljne analize potrebnih aktivnosti,
- angažovanje članova projektnog tima na projektu većeg prioriteta
- odstupanje od planiranog datuma isporuke od strane spoljnih saradnika
- nekvalitetna isporuka proizvoda spoljnog saradnika

Svaki rizik za posledicu ima odstupanje realizacije projekta od projektnog plana, u pozitivnom ili negativnom smislu. Te posledice se najčešće odražavaju na vreme realizacije projekta i na budžet projekta. To su ujedno i merljive veličine koje smo pratili u prethodnih šest godina te ih možemo analizirati i, na bazi analize, predlagati unapređenja upravljanja rizicima. U ovom dokumentu je prikazana analiza posledica ostvarenih rizika i to:

- Troškova realizacije projekta
- Vremena isporuke projektnih rezultata

Sledeći dijagram prikazuje rezultate analize, bazirane na prosečnim vrednostima budžeta i ostvarenih investicija, kao i prosečnim vrednostima planiranog i ostvarenog trajanja projekta u toku svake godine:



Posmatrajući odstupanje realizovanih investicija od budžeta projekta možemo uočiti da je trend rastući.

Naime, na početku rada PMO, procene budžeta su bile optimistične i ulagali smo u realizaciju više od planiranih investicija. Nakon toga smo počeli bolje da sagledavamo potrebna ulaganja, te su nam odstupanja od plana budžeta bila manja, i to do 15%. Pozitivno odstupanje ukazuje da smo u proseku uložili manje rada od planiranog, uključujući i materijalne rezerve.

Odstupanja ulaganja od plana nisu velika, te se planiranje budžeta može smatrati zadovoljavajućim. Ipak, treba težiti da taj procenat ne prevazilazi 10%, što odgovara preporučenim materijalnim rezervama.

Prethodni dijagram se odnosi na prosečne vrednosti odstupanja od plana. Interesantno je napomenuti da je gotovo jednak broj projekata koji su realizovani ispod i iznad planiranog budžeta, ali iznos odstupanja onih koji su realizovani ispod plana je u poslednje tri godine veći, što je dovelo do ovakvih rezultata.

Što se tiče odstupanja od planiranog trajanja projekta, ona su prosečno mnogo veća i to uvek kasnimo sa isporukom rezultata projekata. Gotovo svi navedeni rizici su prouzrokovali ovakve rezultate.

Ovaj deo planiranja treba značajno unaprediti. To se može postići:

- dodeljivanjem projektnih zadataka projektnom timu koji neće biti prekidani drugim zadacima u toku realizacije projekta
- boljim sagledavanjem raspoloživih informacija na početku projekta
- unapređenjem komunikacije kroz definisanje obaveze pismenog opisa zahteva pre početka projekta
- preciznim definisanjem penala i nagrada u ugovorima sa spoljnim saradnicima
- po potrebi, pre glavnog projekta, sprovesti detaljnu studiju izvodljivosti.

Može se primetiti da su u 2012. godini projektni planovi bili najkvalitetniji. U toj godini smo imali više malih projekata, pa je i procena rada i ulaganja pri njihovom planiranju jednostavnija. Bez obzira na period realizacije projekta, realizacije su uvek bolje usklađene sa planom kada se radi o projektima koji kraće traju i za njihovu realizaciju su potrebna manja ulaganja.

## 6. ZAKLJUČAK

Višegodišnji rad na uvođenju i sprovođenju metodologije upravljanja projektima, kao i njenom unapređenju kroz implementaciju agilnih metoda rada, je doveo do sledećih rezultata funkcije PMO:

- Objedinjeno planiranje svih poslovnih funkcija je dovelo do smanjenja broja otkazanih i neplaniranih projekata.
- Trend indeksa performansi od osnivanja PMO do danas je rastući. Na godišnjem nivou ima vrednost oko 0,8, a na kvartalnom je iznad 0,9.
- Tokom perioda se sve više ne IT funkcija uključuje u realizaciju projekata
- Procena budžeta za realizaciju projekta je dovedena na zadovoljavajući nivo

Dalje usmeravanje rada PMO vodi ka poboljšanju ovih parametara kroz:

- Objedinjeno pripremanje detaljnih planova svih poslovnih funkcija
- Prepoznavanje projektnih aktivnosti i kada se one ne odnose na IT razvoj
- Uključivanje materijalnih i vremenskih rezervi u planiranje projekata i portfolia projekata
- Veću podršku najvišeg rukovodstva kompanije u sprovođenju metodologije upravljanja projektima
- Automatizaciju procesa upravljanja projektima

## LITERATURA

- [1] Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, (PMBOK® Guide) – Fourth Edition, Project Management Institute, Newton Square, PA, 2008.
- [2] Duvnjak K, V, Marković, V, Prilog unapređenju upravljanja sw projektima uvođenjem PMO u kompaniju, YUINFO 2012, Kopaonik
- [3] Papp, T, Strategic project portfolio planning with a realistic resource management, <http://projectzonecongress.com/news-articles/webinar-strategic-project-portfolio-planning-realistic-resource-management>

## Praćenje dozvola za granične prelaze na aerodromu The Monitoring of Airport Border Crossing Permissions for Employees

Nevena Simić,

AirSERBIA GROUND SERVICES d.o.o., Air SERBIA

**Sadržaj** – U radu je predstavljen program za praćenje rokova važnosti dozvola za prelazak i zadržavanje na graničnim prelazima na aerodromu Nikola Tesla Beograd, koje se izdaju zaposlenima, kao i za elektronsko popunjavanje i izdavanje zahteva za izdavanje dozvole za kretanje i zadržavanje na graničnim prelazima .

**Abstract** – This paper describes a program used for the monitoring of border crossing permissions for employees at the Belgrade Nikola Tesla Airport. In addition to that, the program allows the electronic issuing and completion of the border crossing request forms for airport employees.

### 1. POSLOVNE AKTIVNOSTI

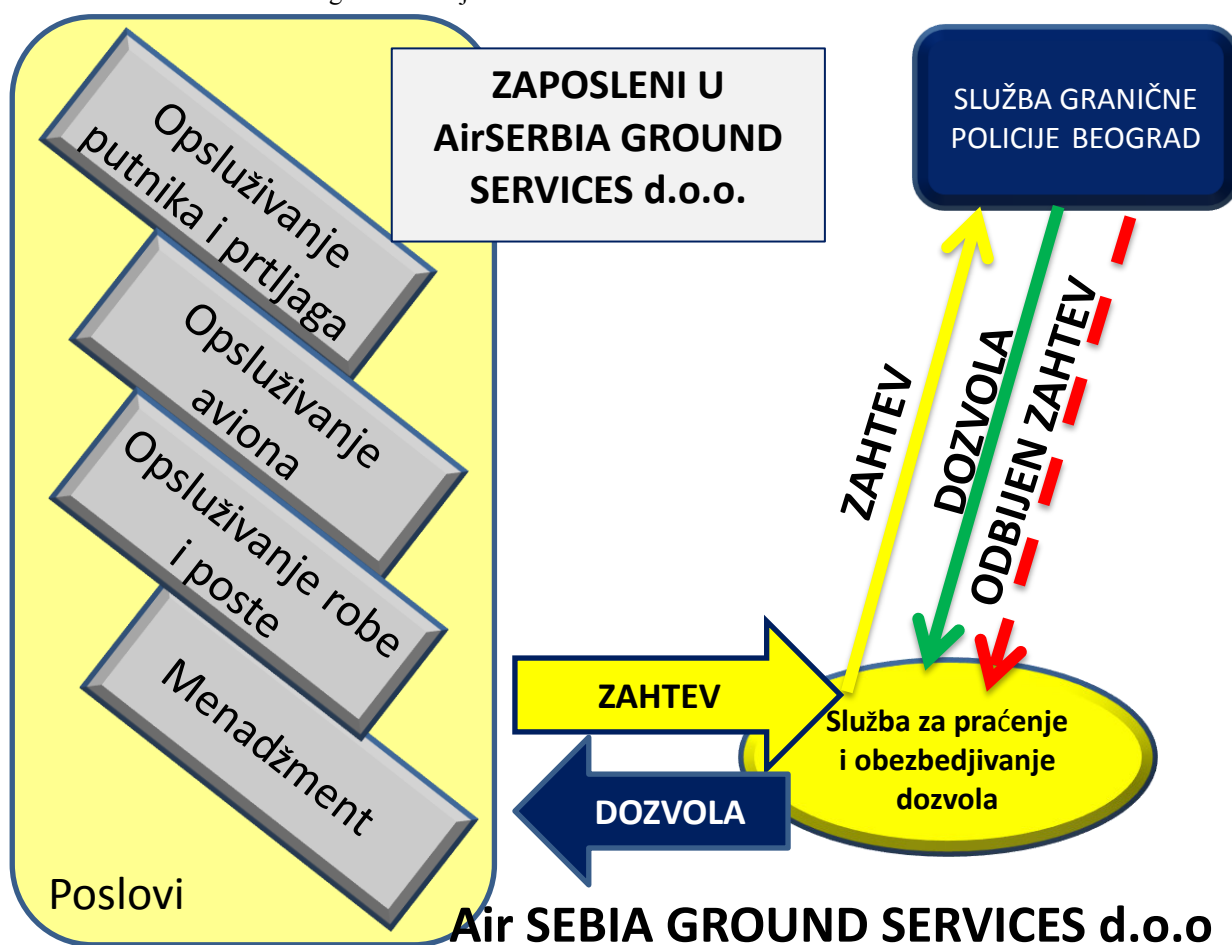
Air SERBIA GROUND SERVICES (ASGS) obavlja usluge opsluživanja putnika, prtljaga, aviona, robe i pošte na aerodromu Nikola Tesla Beograd. Za svoje

zaposlene, koji obavljaju poslove u obezbeđivano-restriktivnim zonama aerodroma Nikola Tesla Beograd (tranzitna zona, platforma, međunarodni dolasci..) ASGS obezbeđuje dozvole za prelazak i zadržavanje na graničnim prelazima (dozvole za granične prelaze). Dozvole za prelazak i zadržavanje na graničnim prelazima izdaje Služba granične policije Beograd, na aerodromu Nikola Tesla Beograd. Dozvole se dele po vrsti na:

- stalne, sa rokom važnosti do 2 godine
- privremene, sa rokom važnosti do dva meseca

Graničnih prelaza na Aerodromu Nikola Tesla Beograd ima nekoliko:

- "A", "A1", "B", "C" "D", "D1" "E" i "F"



Slika 1: Tokovi dokumentacije u poslovima praćenja i obezbeđivanja dozvola za granične prelaze

Za svaki zahtevani granični prelaz, na zahtevu Službe granične policije, je porebno napisati obrazloženje, zbog čega se dati prolaz traži.

Obrazloženja se daju prema nazivu radnog mesta iz Ugovora o radu zaposlenog.

Jedan zaposleni može imati potrebu za dozvolom za prelaz i zadržavanje na jednom ili na više graničnih prelaza.

Posao obezbeđivanja dozvola podrazumeva poslove praćenja rokova važnosti dozvola za pribavljene dozvole, podnošenje zahteva Službi granične policije Beograd za:

- izdavanje stalne,
- izdavanje privremene,
- produženje stalne dozvole

kao i poslove razduženja ili storniranja dozvola kojima je istekao rok.

Pored ovoga, neophodno je obavestiti zaposlene o gotovim dozvolama i uraditi distribuciju preuzetih dozvola od Službe granične policije Beograd. Na Slici 1. je data Šema tokova dokumentacije u poslovima praćenja i obezbeđivanja dozvola. Zaposleni, koji po opisu posla imaju potrebe za prelazak i zadržavanje na graničnim prelazima, potpisuju svoje zahteve za izdavanje ili produženje dozvola u ASGS službi za praćenje i obezbeđivanje dozvola koja ih prosleđuje, sa propratnom dokumentacijom, Službi granične policije Beograd (SGP). Nakon obrade zahteva SGP prosleđuje ASGS službi za praćenje i obezbeđivanje dozvola ili izdate dozvole ili odbijene zahteve. ASGS služba za praćenje i obezbeđivanje dozvola evidentira rok važnosti svake dozvole a zatim nakon distribucije zaposlenima, evidentira i mesto i datum preuzimanja dozvole, kako bi se sačuvalo svaki trag o predatim dozvolama.

Dozvole za granične prelaze mogu imati različite rokove važnosti od rokova važnosti aerodromskih bedževa, koje izdaje Aerodrom Nikola Tesla Beograd (ANT BEG).

I dozvole za granične prelaze i aerodromski bedževi su zaposlenima neophodni radi prelaska graničnih prelaza ili zadržavanja na njima.

Neophodno je praćenje rokova važnosti dozvola kao i praćenje rokova važnosti bedževa.

Svaka dozvola za granični prelaz ili aerodromski bedž ima svoj broj (registarski/identifikacioni).

Sve preuzete-zadužene dozvole od Službe granične policije Beograd (SGP) kao i bedževi se moraju po isteku važnosti razdužiti kod SGP ANT BEG preko ASGS službe za praćenje i obezbeđivanje dozvola .

## 2. CILJEVI I POTREBE

Softversko rešenje, koje je bilo potrebno razviti radi praćenja rokova važnosti i izdavanja zahteva za dozvole za granične prelaze, trebalo je da odgovori sledećim ciljevima i potrebama:

- da se obezbedi sveobuhvatna baza podataka za sve zaposlene koji za obavljanje svojih poslova moraju imati dozvole za prelazak i zadržavanje na graničnim prelazima;
- da se obezbedi izveštaj o svim zaduženim ili razduženim dozvolama sa rokovima njihove važnosti i tipovima dozvola (stalna ili privremena);
- da se obezbedi izveštaj o dozvolama čiji rok važnosti ističe u zadatom vremenskom periodu po organizacionim celinama (mestima rada zaposlenih) kako bi se dokumentacija ili informacije grupisale i tako lakše prosleđivale. Na Slici 1. su navedeni poslovi (grupe poslova) za čije obavljanje trebaju dozvole);
- da se obezbedi elektronsko popunjavanje i evidencija Zahteva službi granične policije Beograd, za izdavanje ili produženje dozvola za granične prelaze;
- da korišćenje programa bude jednostavno i efikasno (da koncepcija unosa podataka bude razumljiva a unos lak, da pretraživanje podataka bude logično i efikasno, da je izmene podataka moguće uraditi na jednostavan i brz način).

Prethodna evidencija usluga je rađena kroz *Word* u kombinaciji sa *Excel-om*, gde je za sistematizaciju svih podataka i njihovo korišćenje, bilo potrebno neuporedivo više vremena u poređenju sa predloženim načinom rada.

Potreba za programom za praćenje rokova važnosti dozvola i automatsko popunjavanje i izdavanje zahteva se ukazala u trenutku znatnog povećanja broja zaposlenih u Air SERBIA GROUND SERVICES.

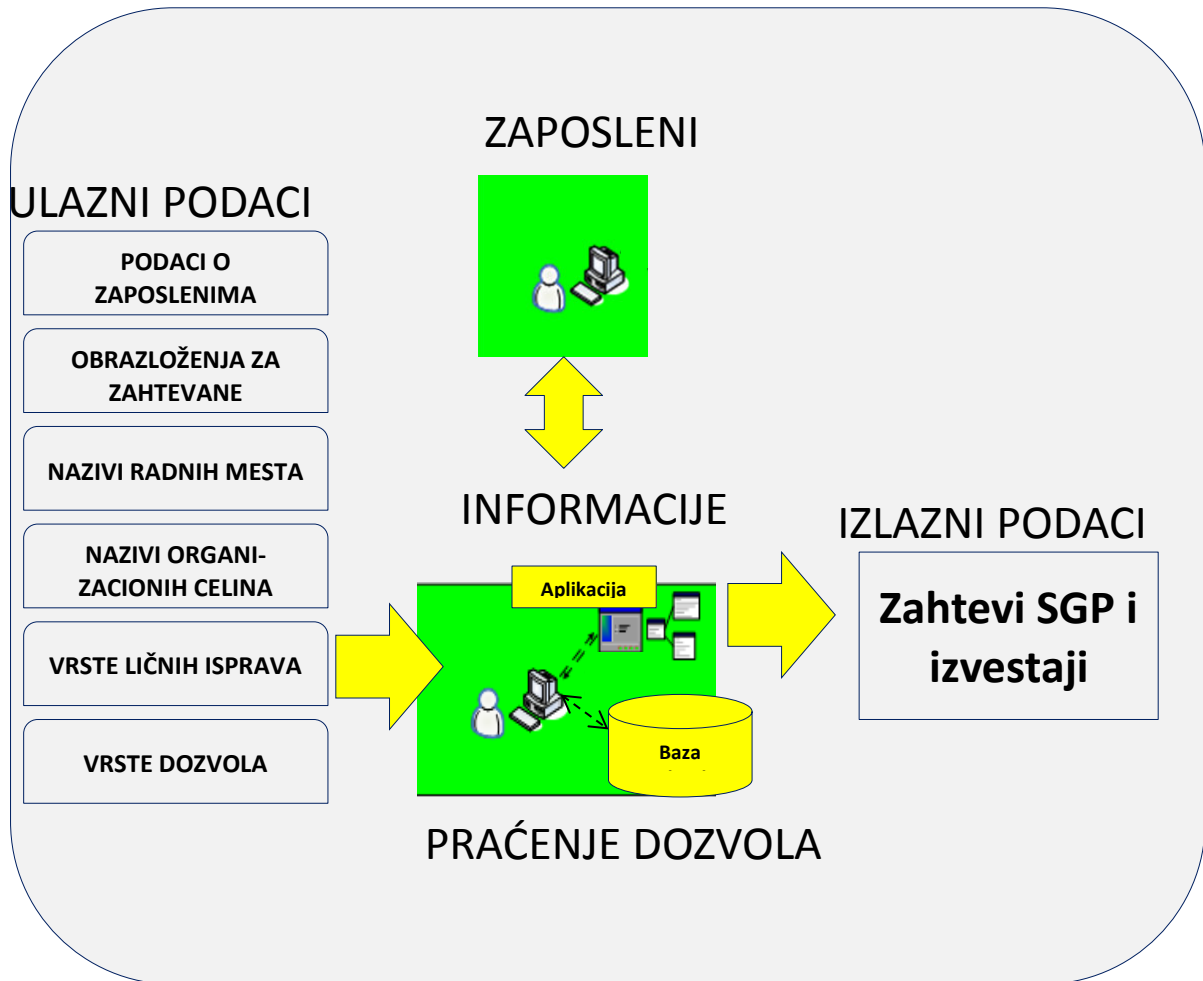
## 3. TEHNOLOŠKO REŠENJE

Kako bi se ostvarili gore pomenuti ciljevi razvijena je baza i aplikacija za praćenje dozvola.

U bazu se preko aplikacije za praćenje dozvola importuju/unose podaci o zaposlenima (lični podaci i podaci iz ugovora o radu), nazivi radnih mesta i organizacionih celina, zahtevani granični prelazi, obrazloženja za svaki granični prelaz prema random mestu, vrste ličnih isprava kao i njihovi rokovi važnosti, vrste dozvola i njihovi rokovi važnosti.

Program kao izlazne podatke daje elektronski popunjen "Zahtev za izdavanje dozvole-privremene dozvole za kretanje i zadržavanje na graničnim prelazima" (Slika 6.) kao i izveštaje o rokovima važnosti izdatih dozvola po mestima rada zaposlenih (Slika 9).

Pored Zahteva za izdavanje privremene – stalne dozvole za kretanje i zadržavanje na graničnim prelazima, na osnovu unetih podataka program daje i prateće dopise za Službu granične policije, na kojima je data specifikacija predatih zahteva u jednom danu, po imenima zaposlenih, njihovim ugovorima o radu a prema vrsti zahteva (zahtev za izdavanje stalne, zahtev za izdavanje privremene dozvole, zahtev za produženje stalne dozvole).



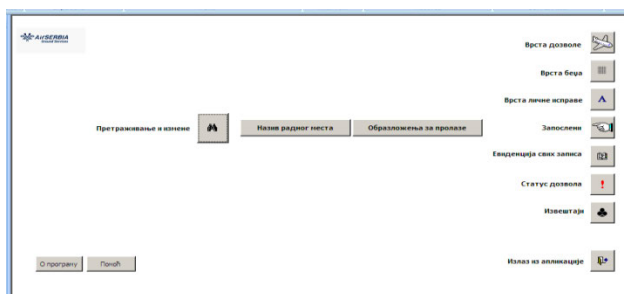
Slika 2: Šema tehnološkog rešenja

#### 4. BAZA PODATAKA

Baza podataka je urađena na platformi *Microsoft Windows* u programskom paketu *Access* verzija 2010.

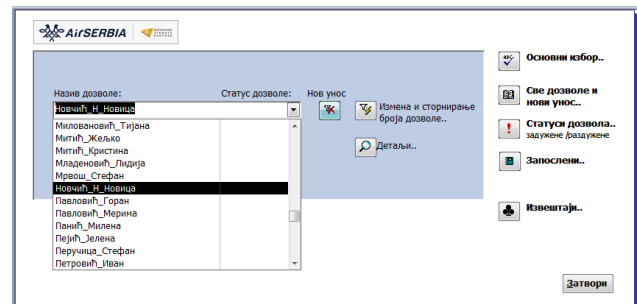
#### 5. PEGLED PROGRAMA

**Osnovni izbor (Slika 3.)** Osnovni izbor je obrazac sa komandama za unos svih ulaznih podataka sa slike 2. (vrsta dozvole, vrsta bedža, vrsta lične isprave) unos obrazloženja za zahtevane prolaze, naziv radnog mesta, kao i komandama za uvid u status dozvola (Slika 7.) i pregled svih izveštaja i dopisa (Slika 8.).



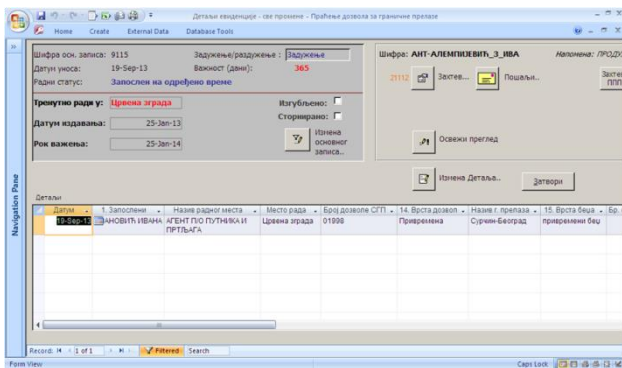
Slika 3: Osnovni izbor

**Pretraživanje i izmene (Slika 4)** Iz praktičnih razloga, obrazac koji se prvi otvara pri ulazu u aplikaciju nije Osnovni izbor, već je to najčešće korišćeni obrazac - Obrazac za pretraživanje i izmene (Slika 4). Iz ovog obrasca se preko filtera za ime zaposlenog (naziv dozvole) direktno ulazi u obrazac Detalji evidencije i izmene, vezane za jednog zaposlenog (Slika 5). Nakon pregleda i eventualnih izmena koje je moguće uraditi preko komande za izmene, može se štampati Zahtev za izdavanje privremene – stalne dozvole za kretanje i zadržavanje na graničnim prelazima (Slika 6).

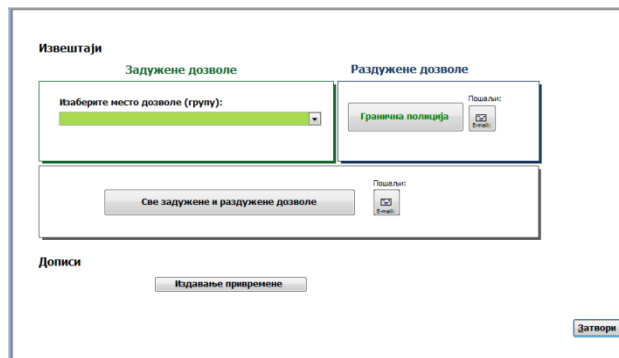


Slika 4: Pretraživanje i izmene

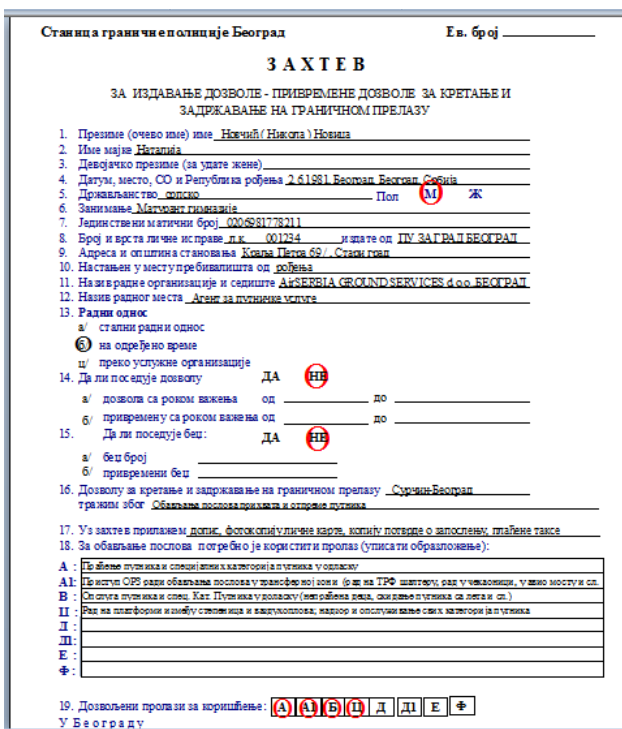
Iz obrasca Pretraživanje i izmene se može ući u Osnovni obrazac (Slika 3.), u obrazac Pregled statusa dozvola (Slika 7.) i obrazac Pregled izveštaja i dopisa (Slika 8.).



Slika 5: Detalji evidencije i izmene

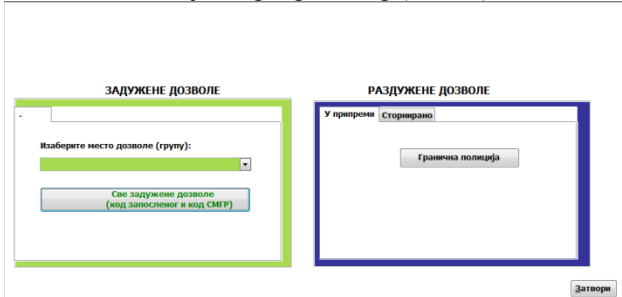


Slika 8. Pregled izveštaja i dopisa

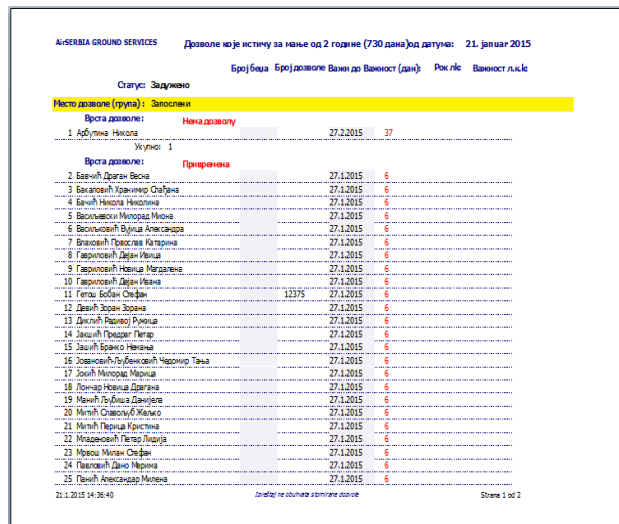


Slika 6: Zahtev za idavanje dozvole

**Pregled statusa dozvola (zduženih/razduženih) (Slika 7.)** je napravljena za pregled i kontrolu svih zaduženih i razduženih dozvola (onih koje su predate GSP), prema mestima na kojima zaposleni rade. Ovaj obrazac omogućava i pregled broja dana do isteka svake dozvole. Preko njega se takođe može ući direktno u obrazac Detalji i izmene dozvole jednog zaposlenog (Slika 5).



Slika 7: Pregled statusa dozvola (zduženih/razduženih)



Slika 9: Izveštaj o rokovima važnosti dozvola

## 6. PREDNOSTI PROGRAMA

Prednosti koje pruža ovaj program su:

- Jednostavan i brz unos podataka
- Lako pretraživanje i brza informacija o zapisu
- Kompletan uvid u realizovane usluge poslova prodaje avio karata
- Brza obuka zaposlenih za rad na programu
- Mogućnost usavršavanja programa
- Integralna evidencija zaposlenih i njihovih dozvola

Program se koristi u AirSERBIA GROUND SERVICES d.o.

Predstavljenim programom smo povećali kvalitet i efikasnost u poslovima praćenja i obezbeđivanja dozvola.

Našem cilju: **zadovoljan korisnik i dobra organizacija**, implementacijom prikazanog rešenja, smo sada još bliži.

## LITERATURA

- [1] Microsoft Windows Access literature  
 [2] Simić N. "Program za evidenciju predmeta u poslovima Cargo Tracing-a u avio saobraćaju", Zbornik apstrakata, YU INFO 2009, Str. 98-99, Kopaonik, 2009.

[3] Simić N. “ *Program za operativno praćenje i fakturisanje usluga u poslovima dokumentarnog prijvata i otpreme robe u avio saobraćaju* ”, Zbornik apstrakata, YU INFO 2011, Str. 79, Kopaonik, 2011.

[4] Simić N. “ *Program za evidenciju primopredaje avionskih setova za prvu pomoć (FAK)* ”, Zbornik apstrakata, YU INFO 2012, Str. 289, Kopaonik, 2012

[5] Simić N. “ *Obračun i operativno praćenje usluga prodaje avio karata (LIRA)*”, YU INFO 2013.



# Razvoj sistema za upravljanje servo motorom mobilnim uređajem

## Development of a system for managing servo motor with mobile device

Nikola Nikić, Vlade Urošević

Fakultet Tehničkih Nauka, Čačak Univerzitet u Kragujevcu

**Sadržaj** Razvoj mobilnih uređaja, proširivanje njihovih funkcionalnosti, ali i njihova prisutnost u svakodnevnom životu ljudi dovela je do potrebe za mobilnim aplikacijama za kontrolu i upravljanje nekim hardverom, kao delom sistema za daljinsko upravljanje. U ovom radu prikazan je razvoj sistema za upravljanje servo motorom pomoću mobilne aplikacije. Cilj ovog rada je prikazati mogućnosti za realizaciju i primenu ovakvih sistema u realnom životu. Kao polazni deo tog sistema je razvijena aplikacija ServoMotor, pomoću koje će korisnik, putem Bluetooth komunikacije, slati naredbe fizičko-računarskoj platformi Arduino. U Arduino je učitani programski kod koji će omogućiti da se dobijene naredbe transformišu u odgovarajuće signale za upravljanje hardverom. Kao hardver je izabran servo motor, koji je jedan od najzastupljenijih elemenata u robotici

**Abstract** The development of mobile devices, expanding its functionality, but their presence in everyday life has led to the need for mobile applications to control and manage some hardware, as part of the remote control system. In this paper, the development of a system for managing servo motor using mobile applications. The aim of this paper is to demonstrate the possibilities for the realization and implementation of such systems in real life. As part of the initial system was developed ServoMotor applications, using which the user, via Bluetooth communication, send commands physical-computing platform Arduino. The Arduino is loaded with software that will allow you to transform the received command in the appropriate signals for hardware management. As hardware is selected servo motor, which is one of the most abundant elements in robotics

### Keywords

mobile applications, Arduino, ServoMotor

### 1. Uvod

Tehnološke inovacije su uglavnom nastajale iz potrebe da se određeni poslovi obavljaju brže, preciznije, kvalitetnije, uz minimalnu upotrebu fizičkog rada. U jednom segmentu tih inovacija kreirani su alati i sistemi koji nam omogućavaju upravljanje procesima na daljinu, bilo da je ono potpuno ili delimično automatizovano. Računari, mobilni uređaji, bežične mreže, mikrokontroleri i napredni programski jezici su elementi koji omogućavaju kreiranje sistema za daljinsko upravljanje, koji odgovaraju na potrebe i navike današnjih korisnika, koji očekuju visoku mobilnost i pouzdanost. Da bi se aplikacijom sa mobilnog uređaja kontrolisao neki hardver mora postojati inteligentna hardverska platforma sa mikrokontrolerom. Ta inteligentna hardverska platforma mora imati mogućnost za neki vid komunikacije koji podržavaju mobilni uređaji, bilo da je to putem interneta, USB, WiFi ili Bluetooth komunikacije.

Fizičko-računarske platforme ili razvojni sistemi kako se drugačije nazivaju, koji u sebi sadrže mikrokontroler, mogu da posluže u ovakve svrhe. Pomoću fizičko-računarskih platformi se mogu razvijati sistemi koji delimično ili u potpunosti mogu da zamene prisustvo čoveka na nekim poslovima. Oni izvršavaju programe koji su učitani u mikrokontroler, i uglavnom ga izvršavaju nad nekim hardverskim jedinicama, kao što su razni senzori, releji, prekidači, motori, itd.

U ovom radu prikazan je razvoj sistema za upravljanje servo motorom pomoću mobilne aplikacije. Poseban akcenat je stavljen na komponente sistema koje su "Open source", i zbog toga je kao operativni sistem mobilnog uređaja izbor pao na Android, a za fizičko-računarsko platformu je izabran Arduino. Kao ključni deo tog sistema je razvijena aplikacija ServoMotor, pomoću koje će korisnik, putem Bluetooth komunikacije, slati naredbe fizičko-računarskoj platformi Arduino. U Arduino je učitani programski kod koji će omogućiti da se dobijene naredbe transformišu u odgovarajuće signale za upravljanje hardverom. Kao hardver je izabran servo motor, koji je jedan od najzastupljenijih elemenata u robotici

## 2. Struktura sistema

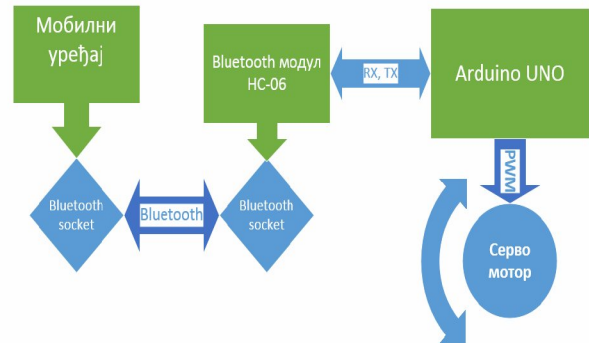
Ovaj sistem je realizovan primenom nekoliko softversko hardverskih tehnologija. Glavni delovi sistema su

- mobilni uređaj, (koji na sebi poseduje instaliranu aplikaciju ServoMotor na Android platformi[1,2]), i
- fizičko-računarska platforma Arduino, i
- servo motor.

Komunikacija između aplikacije na mobilnom uređaju i fizičko-računarske platforme, kojom realizujemo upravljanje servo motorom, realizovana je putem Bluetooth-a. Gotovo svaki mobilni uređaj ima u sebi ugrađen Bluetooth adapter, a za Arduino platformu je korišćen dodatni Bluetooth modul HC-06.

Blok šema (slika 1) prikazuje glavne komponente sistema za upravljanje servo motorom daljinskim uređajem. Mobilni uređaj komunicira preko svog Bluetooth socket-a sa Bluetooth socket-om Arduino platforme, koja je tu mogućnost dobila proširivanjem modulom za Bluetooth HC-06. Ovaj modul i sama Arduino ploča komuniciraju putem serijskih pinova RX i

TX, a ploča ovom modulu daje i napon napajanja.

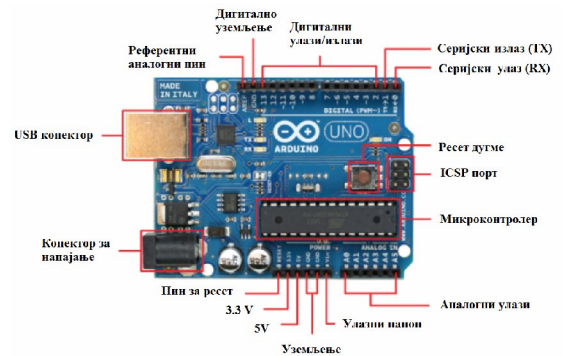


Slika 1. Blok dijagram sistema

Arduino prema dobijenim instrukcijama upravlja servo motorom, koristeći PWM digitalni signal. Napon napajanja za servo motor takođe je uzet sa Arduino ploče.

## 3. Arduino

Arduino je fizičko-računarska platforma (razvojni sistem) otvorenog koda[3]. Hardver se sastoji od jednostavnog otvorenog hardverskog dizajna Arduino ploče sa Atmel AVR procesorom i pratećim ulazno-izlaznim elementima. Softver se sastoji od razvojnog okruženja koje čine kompajler i bootloader koji se nalazi na samoj ploči. Arduino programi se pišu u programskom jeziku C++ , dok njegovo integrisano razvojno okruženje dolazi sa C/C++ bibliotekom pod nazivom "Wiring".



Slika 2. Arduino UNO и његови елементи

U ovom sistemu je korišćen model Arduino UNO mikrokontrolerska ploča zasnovana na Atmel Atmega328 mikrokontroleru (*slika 2*). Posедуje 14 ulazno/izlaznih digitalnih pinova (od kojih 6 pinova mogu da se korist kao PWM izlazi), 6 analognih ulaza, keramički rezonator od 16Mhz, USB konektor, konektor za napajanje, ICSP port i dugme za resetovanje. Digitalni ulazno/izlazni pinovi omogućavaju slanje ili prijem signala koji ima dva moguća stanja, bilo da je to 1/0, high/low, on/off, true/false itd. Ovi pinovi su označeni brojevima od 0-13. Analogni ulazi omogućavaju prijem signala koji mogu imati više od dve vrednosti. Označeni su kao pinovi od A0 do A5. Oni se mogu koristiti i kao digitalni pinovi, pomoću odgovarajućih komandi. Tada su to pinovi 14-18. Treba znati i pinove za napajanje, oni su označeni sa 5V, 3.3V i GND.

Bluetooth HC-06 je slave modul za ostvarivanje bežične serijske komunikacije [4]. Može se koristiti za komunikaciju između mikrokontrolera i mobilnog telefona, računara ili bilo kog drugog uređaja sa master Bluetooth modulom. Serijski interfejs ka mikrokontroleru čine TTL kompatibilne Tx i Rx linije, a prodržane su brzine od 9600 do 115200 bitova po sekundi. Ploča se napaja sa 3.3 - 6V a na Tx i Rx pinove se mogu slobodno povezati i 5V signali.

Programsko okruženje za razvoj softvera za Arduino takođe nosi naziv Arduino, besplatno je i podržava sve verzije Arduino razvojnih platformi. Unutar razvojnog okruženja nalaze se i gotovi primeri iz kojih se mogu i kopirati delovi koda, što znatno ubrzava proces učenja ovog pojednostavljenog i prilagođenog C jezika. Kada se kod testira unutar ovog razvojnog okruženja on se prevodi u čist C jezik i tada se taj

kod prosleđuje avr-gcc kompajleru, koji ga prevodi u asemblerski jezik, koji je razumljiv mikrokontroleru.

U okviru ovog rada, potrebno je da se informacije koje se pošalju pomoću aplikacije ServoMotor prihvate i obrade na Arduino fizičko-računardkoj platformi, i da se prema tim informacijama upravlja servo motorom, koji je priključen na ploču. Kada se na Arduino UNO priključi modul ili štit za Bluetooth komunikaciju, potrebno je, u programu koji se učitava u mikrokontroler, omogućiti serijsku komunikaciju, kakva je ovde i korišćena. Sve Arduino ploče imaju najmanje jedan serijski port, koji su poznati i kao UART ili USART.

Ta komunikacija omogućava se funkcijom Serial. Koristi se za komunikaciju Arduino ploče i računara ili nekog drugog uređaja, što je u ovom slučaju Android uređaj. Funkcija Serial komunicira sa digitalnim pinovima 0 (RX) i 1 (TX), kao i sa računarom preko USB. Ako se u ove svrhe koriste pinovi 0 i 1 onda se oni ne mogu koristiti kao digitalni ulaz/izlaz.

Funkcija Serial spada u grupu komunikacionih funkcija. Ona ima svoje metode. Ovde je upotrebljena metoda begin(), kojom podešavamo brzinu protoka u bitovima po sekundi (baud) za serijsku komunikaciju, i on je u ovom slučaju 9600. Kako je korišćen Bluetooth modul HC-06, koji se osim napajanja, povezuje direktno na pinove 0 i 1, nije potrebno nikakvo detanjnije konfigurisanje same serijske komunikacije. Metodom available() proveravamo koji broj bajtova je na raspolaganju za čitanje sa serijskog porta. Da bi smo preuzeli podatak koji se šalje, koristimo metodu read(), u obliku Serial.read(), i vrednost koju vraća ova funkcija se dodeljuje

promenljivoj, radi lakše manipulacije sa dolaznim podacima.

U okviru skice neophodno je definisati i upravljanje servo motorom. Pre svega, potrebna nam je biblioteka Servo.h, koja omogućava upravljanje servo motorom. Ova biblioteka podržava do 12 motora na većini ploča. Metoda attach(), funkcije Servo, se ovde koristi u obliku servo.attach(3, 800, 2600). Parametar 3 označava broj digitalnog (PWM) pina na Arduino ploči koji će se koristiti za kontrolu motora. Parametri 800 i 2600 označavaju minimalnu i maksimalnu širinu pulsa, u mikrosekundama, koji odgovaraju uglu od 0 i od 180 stepeni.

Metoda write() koristi se da se kontroliše servo, zadajući mu ugao koji će da zauzme, i koristi se u obliku servo.write(90) za primer kada je potreban ugao od 90 stepeni.

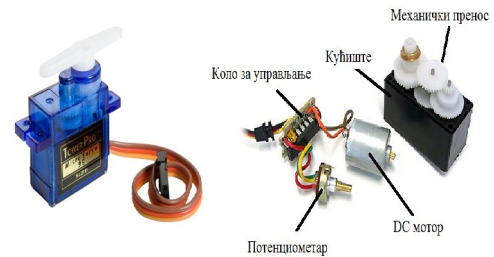
Program je realizovan tako da je za određeni ugao definisan određeni simbol (0, 1, 2, ... a, b, c...), i nisu definisani svi uglovi. Kada se putem Android aplikaciji odabere određeni ugao, prema Arduino platformi se šalje simbol, koji definiše taj ugao. Kada taj simbol stigne na Arduino platformu, pomoću switch() petlje se bira koji ugao će servo motor zauzeti.

#### 4. Servo motor

Pored klasične primene elektromotora gde je potrebna kontinuirana rotacija osovine motora postoje i slučajevi kada je potrebno da osovina motora izvrši rotaciju do određenog ugla, u odnosu na neki neutralni položaj, kao i da taj ugao zavisi od prirode signala koji se dovodi na kontrolni ulaz. Za ovakve namene koriste se servo motori, motori posebne vrste (Slika 3). Servo motor nije ništa drugo nego DC motor opremljen elektornskim kolom za kontrolu smera rotacije i položaja osovine motora [5,6].

Servo motori se upravljaju tehnikom koja se naziva Impulsno Širinska Modulacija - PWM (Pulse Width Modulation), koja se postiže upotrebom mikrokontrolera. Često se u nazivu ovih motora nalazi i oznaka RC (Radio Control) iz razloga što su oni neizostavni deo vozila i letelica na daljinsko upravljanje.

U izradi ovog rada je korišćen servo motor Tower Pro SG90 Micro Servo i njega odlikuju male dimenzije i mala težina. Pun ugao rotacije osovine je 180° i radi na naponu od 4.8V. Pogodan je za rad sa miktokontrolerima i manjim razvojnim platformama jer ne povlači veliku struju.



Slika 3. Servo motor i njegovi elementi

Specifikacije motora:

- Težina: 9 g
- Dimenzije: 22.2 h 11.8 h 31 mm
- Obrtni moment: 1.8 kg/cm
- Ugao rotacije: 180°
- Brzina: 0.12 s/60°
- Radni napon: 4.8V
- Radna temperatura: 0-55°C
- Materijal osovine: Plastika
- Širina pulsa: 500-2400  $\mu$ s

Ovaj motor je upotrebljen jer se on može direktno povezati na Arduino razvojnu platformu, bez upotrebe drajvera ili štitova za kontrolu servo motora, pa je povezivanje veoma jednostavno.

## 5. Aplikacija ServoMotor

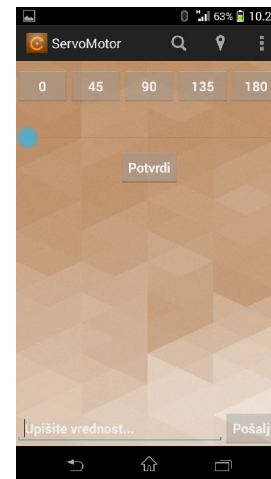
Aplikacija ServoMotor je napravljena u Eclipse Juno razvojnom okruženju. Eclipse je integrisano razvojno okruženje (Integrated Development Environment, IDE) koje omogućava razvoj Java aplikacija. U ovom slučaju, Eclipse razvojno okruženje je nadograđeno sa Android SDK (Software Development Kit) i ADT(Android Development Tools) - verzija 23.0.0.1245622, paketima, pa je omogućen razvoj Android aplikacija. Aplikacija ServoMotor koristi Bluetooth komunikaciju za slanje podataka na Arduino fizičko-računarsku platformu. Zbog toga se u AndroidManifest.xml fajlu, unutar projekta aplikacije, dodaju dozvole, koje će omogućiti aplikaciji ServoMotor da koristi Bluetooth adapter Android uređaja na koji je instalirana.

Za upravljanje servo motorom, kao i za komunikacijom sa Arduino platformom, moraju se u aplikaciji definisati Bluetooth Socket-i. Generalno, sva komunikacija se odvija između socket-a. Pri tome se mora neprestano oslušivati da li između utičnica ima novih podataka. Pre nego što dvosmerna komunikacija između dva Bluetooth uređaja počne, jedan od njih se mora ponašati kao serverski socket. Server pravi instancu klase BluetoothServerSocket i osluškuje. Ta instanca se pravi tako što se poziva metoda `listenUsingRfcommWithServiceRecord()`.

Kada je konekcija prihvaćena od strane BluetoothServerSocket, ona vraća instancu od BluetoothSocket da upravlja vezom. Najzastupljeniji tip Bluetooth socket-a je RFCOMM, koji je podržan od strane Android API-ja. Kada je jednom uspostavljena veza između socket-a pozivaju se metode `getInputStream()` i `getOutputStream()` da bi se otvorili tokovi podataka. Da bi se upravljalo servo motorom pomoću ove aplikacije, mora se ostvariti veza sa Bluetooth modulom HC-06 koji je povezan na Arduino UNO. To se postiže klikom na lupu za pretragu, u meniju aplikacije. Tada se otvara novi prozor, gde se nalaze dve liste. Prva lista sadrži Bluetooth uređaje sa kojim je naš mobilni uređaj već uparen. Kada se odabere željeni uređaj (HC-06), aplikacija

ServoMotor kreira novi Intent, pomoću kog aplikacija prelazi u glavni prozor, i glavnoj aktivnosti prosleđuje adresu željenog uređaja.

Aplikacija u tom trenutku kreira Bluetooth socket i uspostavlja konekciju sa izabranim uređajem, i održava serijsku komunikaciju između njih. Tada je aplikacija u glavnom prozoru i upravljanje je omogućeno.



Slika 4. Interfejs aplikacije ServoMotor

U aplikaciji ServoMotor vrednost ugla rotacije motora definisan je pomoću nekog karaktera. Taj karakter će se serijskom Bluetooth komunikacijom poslati fizičko-računarskoj platformi Arduino. U programskom kodu, koji je učitao u Arduino, takođe je definisan određen ugao za karaktere koji mogu stići putem Bluetooth komunikacije. Taj ugao je definisan funkcijom, koja će za ugao koji joj je zadat kao parametar, poslati odgovarajući PWM signal, tj. impuls odgovarajuće širine, koji će prouzrokovati da motor zauzme željeni položaj. U interfejsu aplikacije ServoMotor, moguće je da servo motorom, pored tastera, upravljamo i pomoću klizača (Slika 4).

## 6. Zaključak

Sistemi za daljinsko upravljanje donose razne prednosti, kao što su smanjeni troškovi, veća bezbednost, preciznije upravljanje. Sistem koji

je obrađen i razvijen za potrebe ovog rada može imati razne varijacije, uzimajući kao hardver kojim se upravlja neki drugi element. Tako se može razviti, npr. sistem za daljinsko otključavanje vrata, sistem za daljinsko upravljanjem vozilom, sistemi koji koriste senzore, sistemi koji koriste internet itd. Sa ovakvim sistemom za upravljanje otvara se mogućnost da svaki korisnik, sa svojim mobilnim uređajem koji već poseduje, uz odgovarajuću aplikaciju, pristupi sistemu i izvrši upravljanje.

Ubrzan razvoj tehnologije doveo je i do toga da fizičko-računarske platforme danas imaju pristupačnu cenu i širok spektar mogućnosti. Danas su najpopularnije platforme ovog tipa Arduino i Raspberry Pi, i omogućavaju olakšano programiranje u odnosu na klasično programiranje mikrokontrolera.

#### Literatura

[1] Ian F. Darwin “Android Kuvar”, 2013.

[2] sajt Android Developers  
<http://developer.android.com/index.html>

[3] sajt zvanične Arduino zajednice  
<http://arduino.cc/>

[4] sajt Bluetooth Developer Portal  
<https://developer.bluetooth.org/Pages/default.aspx>

[5] sajt Electrical <http://www.electrical4u.com/>

[6] Automatika, Inženjerski portal  
<http://www.automatika.rs/>

# PROCENA FUNDAMENTALNE FREKVENCIJE POMOĆU KVAZI-RACIONALNOG POLYA INTERPOLACIONOG JEZGRA

## ESTIMATION THE FUNDAMENTAL FREQUENCY BY USING OF QUASI-RATIONAL POLYA INTERPOLATION KERNEL

Nataša Savić<sup>1</sup>, Zoran Milivojević<sup>2</sup>, Dejan Blagojević<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Visoka tehnička škola strukovnih studija, A. Medvedeva 20, Niš, Srbija.*

**Sadržaj** – U ovom radu analizirana je primena kvazi-racionalnog Polya interpolacionog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije signala. U prvom delu rada opisane su Polya frekventne funkcije i konstruisano Polya interpolaciono jezgro. U drugom delu rada grafički i tabelarno su prikazani rezultati srednje kvadratne greške kod primene Polya jezgra u algoritmu za procenu fundamentalne frekvencije. Komparativnom analizom rezultata sa rezultatima dobijenim za slučaj primene Kejsovog i kvadratnog interpolacionog jezgra određena je efikasnost algoritma procene sa Polya interpolacionim jezgrom.

**Ključne reči:** Procena frekvencije, Interpolacija, Procesiranje signala.

**Abstract** - In this paper we analyzed the use of quasi-rational interpolation Polya kernel when it comes to estimation of fundamental frequency signal. The first part describes Polya frequency functions and constructed Polya interpolation kernel. In the second part the algorithm for estimating the fundamental frequency using the Polya kernel is presented. The results of the fundamental frequency estimation according to the mean square error are given in form of tables and graphics. The efficiency of the estimation algorithm with Polya interpolation kernel is determined using a comparative analysis of the results with obtained in the case of application Keys and quadratic kernel interpolation.

**Keywords:** Frequency estimation, Interpolation, Signal Processing.

### 1. UVOD

U mnogim informacionim sistemima javlja se potreba da se vrši procesiranje, odnosno obrada audio i govornih signala, sa ciljem prepoznavanje govora, govornika, popravku kvaliteta reprodukovano zvuka kod starih audio snimaka, poprvku kvaliteta signala kome je superponiran šum i dr. Pored toga, zahteva se od informacionih sistema da mogu u realnom vremenu da izvrše klasifikacija emocionalnog stanja govornika, procenu zdravstvenog stanja na osnovu govora i dr [1-3]. Zbog toga je procena fundamentalne frkvencije  $F_0$  audio i govornih signala aktuelan zadatak. Razvijen je veliki broj algoritama koji vrše obradu signala u vremenskom (**eng. Time Domain**, TD) i/ili frekventnom domenu (**eng. Frequency Domain**, FD) [3-6]. Kod obrade u FD potrebno je najpre signal iz TD prevesti u FD primenom DFT (**eng. Discrete Fourier Transform**). Procesom transformacije se diskretnom signalu  $x$  izračunava spektar  $X$ . Izračunati spektar je diskretan kao

posledica diskretne transformacije  $i$ , ustvari, predstavlja odmerke realnog kontinualnog spektra  $Xr$ . Komponente spektra izračunate su na frekvencijama sa korakom  $\Delta F$ , odnosno na  $f_k$ , gde je  $k=0,1,\dots,NF$  a  $NF$  predstavlja dužinu DFT-a. Kod audio i govornog signala javlja se dominantna komponenta u spektru koja odgovara  $F_0$ . To znači da se problem procene fundamentalne frekvencije svodi na pikovanje maksimalne komponente u spektru. U slučaju kada se  $F_0$  signala razlikuje od frekvencija  $f_k$  na kojima se izračunava spektar, dolazi do pojave lažnih vrednosti amplituda spektralnih komponentata. Pojava se naziva curenje (**eng. Leakage**) spektra i posledica je osobine DFT-a u smislu očuvanja energije signala u vremenskom i frekvencijskom domenu (Parsevalova teorema). Povećanje preciznosti DFT-a podrazumeva povećanje broja tačaka  $NF$  u spektru na kojima se izračunava spektar, što za sobom povlači povećanje vremena izračunavanja spektra, ali bez garancije precizne procene  $F_0$ .

Jeno rešenje za povećanje preciznosti procene  $F_0$  primenom DFT-a je primena interpolacije. Interpolacijom se na osnovu određenog broja susednih podataka procenjuje međuvrednost. Postoji veći broj interpolacionih metoda: linearna interpolacija, polinomijalna, splajn itd. [7-9]. Primena konvolucione interpolacije je pogodnija za rad u realnom vremenu u odnosu na polinomialnu jer se radi sa jezgrom nižeg reda ali nad relativno malom segmentu spektra signala [10-14]. Prvo parametarsko konvoluciono jezgro trećeg reda predložio je Kejs u radu [12]. Pokazano je da je ovo jezgro pogodno za primenu kod procesiranja slike. Preciznost se može povećati izborom optimalnog parametra. Optimalna vrednost parametra Kejsovog jezgra kod primena na procesiranje slike je  $\alpha=0.5$  [7, 12]. U tom slučaju jezgro je nazvano Catmull-Rom-ovo. U radu [10] prikazani su rezultati primene Kejsovog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije govornog signala. Izvršen je izbor optimalne vrednosti parametra u odnosu na prozorsku funkciju kojom je modifikovan signal pre primene DFT-a. U [15,16] prikazani su rezultati procene  $F_0$  nakon G.723.1 kompresije. U radu [17] prikazani su rezultati primene kvadratnog interpolacionog jezgra za razne prozorske funkcije.

U ovom radu analiziran je efekat preciznosti procene  $F_0$  parametarskom konvolucionom interpolacijom pomoću kvazi-racionalnog Polya jezgra [18]. Predloženo jezgro je formirano na osnovu Polya frekventnih pozitivno definitnih radijalnih funkcija, i pogodno je za interpolaciju rasutih podataka (**eng. Scattered data**). Ovo jezgro ispunjava uslov simetričnosti, neprekidnosti i diferencijabilnosti,

dok ne ispunjava uslov  $r(f_k)=0$  za  $|k|=1,2,\dots$ . Kao posledica neispunjavanja ovog uslova interpolaciona funkcija ne prolazi kroz čvorove, odnosno interpolaciona funkcija predstavlja aproksimaciju. U cilju komparacije preciznosti procene  $F_0$  sa procenama prikazanim u radovima [17, 25], primenjen je algoritam testiranja opisan u [17] i test signal opisan u [10]. Kao mera za upoređivanje korišćena je srednja kvadratna greška (**eng.** *Mean Square Error*, MSE). Na osnovu komparativne analize procenjena je efikasnost predloženog Polya kvazi-racionalnog interpolacionog jezgra za procenu fundamentalne frekvencije.

Organizacija ovog rada je sledeća. U sekciji 2 opisane su Polya frekventne funkcije. U sekciji 3 prikazano je Polya interpolaciono jezgro. U sekciji 4 opisan je eksperiment, dobijeni rezultati i analiza rezultata. Sekcija 5 je zaključak.

## 2. POLYA FREKVENTNE FUNKCIJE

U procesu konstrukcije Polya jezgra kreće se od: a) pozitivno definitnih i b) radijalnih funkcija [18-21].

### 2.1 Pozitivno definitne funkcije

*Definicija 1.* Neprekidna kompleksno-vrednosna funkcija  $f: R^d \rightarrow C$  je pozitivno definitna ako je :

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N c_j \overline{c_k} f(x_j - x_k) \geq 0, \quad (1)$$

za proizvoljan izbor  $x_1, \dots, x_N \in R^d, c_1, \dots, c_N \in C$ . Funkcija  $f(x)$  naziva se striktno pozitivno definitna na  $R^d$ , ako je kvadratna forma iz (1) veća od 0 za  $c_1, \dots, c_N \in C/\{0\}$ .

Jedan od najznačajnijih rezultata o pozitivno definitnim funkcijama i njihovoj karakterizaciji u smislu Furijeove transformacije na skupu  $R$ , dao je Bochner 1932. Rezultate na skupu  $R^d$  dao je 1933. [22].

*Teorema 1 (Bochner).* Kompleksna funkcija  $f(x)$  je pozitivno definitna funkcija na  $R^d$  ako i samo ako je  $f(x)$  Furijeova transformacija konačne nenegativne Borelove mere  $\mu$  na  $R^d$ , tj. važi  $f(x) = \int_{R^d} e^{-ixy} d\mu(y)$ . Osim toga,

ako je  $\mu$  nenegativna konačna Borelova mera na  $R^d$  čiji nosač nije skup Lebegove mere nula, onda je  $f(x)$  striktno pozitivno definitna.

Dokaz ove teoreme može se videti u [22].

### 2.2 Radijalne funkcije

*Definicija 2.* Funkcija  $f(x)$  je radijalna ako je  $f(x) = F(\|x\|)$ , gde je  $\|x\|$  Euklidska norma na  $R^d$ .

U radu [23] Schoenberg daje karakterizaciju pozitivno definitnih radijalnih funkcija.

*Teorema 2 (Schoenberg).* Neprekidna funkcija  $f(x) = F(\|x\|)$  je pozitivno definitna i radijalna na  $R^d$  za svako  $d=1,2,\dots$  ako i samo ako se može predstaviti u obliku:

$$F(r) = \int_0^\infty e^{-r^2 t^2} d\mu(t), \quad (2)$$

gde je  $\mu$  konačna nenegativna Borelova mera na  $[0, \infty)$ .

Dokaz ove teoreme može se videti u [23].

### 2.3 Polya frekventne funkcije

*Definicija 3.* Nenegativna merljiva funkcija  $\Lambda(x)$ , koja na  $R$  zadovoljava uslov  $0 < \int_R \Lambda(x) dx < \infty$ , naziva se Polya frekventna funkcija ako zadovoljava sledeći uslov: za svaka dva skupa striktno rastućih brojeva:

$$x_1 < x_2 < \dots < x_n, \quad y_1 < y_2 < \dots < y_n, \quad n=1,2,\dots \quad (3)$$

$$\det \{ \Lambda(x_i - x_j) \}_{i,j=1}^n \geq 0. \quad (4)$$

Schoenberg daje potrebne i dovoljne uslove da integrabilna funkcija bude Polya frekventna funkcija.

*Teorema 3 (Schoenberg).* Dvostrana Laplasova transformacija Polya frekventne funkcije  $\Lambda(x)$  konvergira na vertikalnoj oblasti i može se zapisati kao:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-sx} \Lambda(x) dx = \frac{1}{\Psi(s)}, \quad (5)$$

gde je  $\Psi(s)$  cela funkcija oblika:

$$\Psi(s) = C e^{-\gamma s^2 - \delta_0 s} \prod_{m=1}^{\infty} (1 + s \delta_m)^{-s \delta_m}, \quad (6)$$

$$C > 0, \gamma \geq 0, \delta_m \in R, 0 < \gamma + \sum_{m=1}^{\infty} \delta_m^2 < \infty. \quad (7)$$

Osim toga, kada je  $\gamma > 0$ , funkcija  $\Lambda(x) > 0$  je klase  $C^\infty(R)$  i njeni izvodi  $\Lambda^{(n)}(x)$  imaju samo  $n$  prostih realnih nula za sve vrednosti  $n$ .

Dokaz ove teoreme može se videti u [24].

Interesantna posledica ove teoreme je egzistencija Polya frekventne funkcije  $\Lambda(x)$  čija je dvostrana Laplasova transformacija kvazi-racionalna funkcija (može se zapisati kao proizvod racionane i cele funkcije). Naime, zamenjujući u (7)  $\delta_m = 0$  za  $m > M_0 \geq 1$  dobija se:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-sx} \Lambda(x) dx = \frac{1}{C} e^{\gamma s^2 + \sum_{m=0}^{M_0} \delta_m s} \prod_{m=1}^{M_0} \frac{1}{1 + s \delta_m}. \quad (8)$$

Zamenom  $s = i\omega$  u (5) dobija se:



$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\alpha x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{\Psi(i\omega)}. \quad (9)$$

Sa druge strane, zamenom u (8) dobija se:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\alpha x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{C} e^{\gamma(i\omega)^2 + \sum_{m=0}^{M_0} \delta_m i\omega} \prod_{m=1}^{M_0} \frac{1}{1+i\omega\delta_m}. \quad (10)$$

Za  $C=1$ ,  $M_0=1$ ,  $\gamma=0$ ,  $0 < c = \delta_1 = -\delta_0$  u (10) dobija se izraz za kvazi-racionalno Polya interpolaciono jezgro:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\alpha x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{1+i\alpha c} = h(\omega), \quad (11)$$

sa Polya frekventnom funkcijom:

$$\Lambda(x) = \frac{1}{c} e^{\left(\frac{-x}{c}\right)} \psi(x), \quad (12)$$

gde je  $\psi(x)$  Hevisajdova funkcija.

### 3. PARAMETARSKO KVAZI-RACIONALNO POLYA INTERPOLACIONO JEZGRO

#### 3.1 Jezgro

Polazeći od izraza (11) za kvazi racionalno Polya interpolaciono jezgro i izračunavanjem njegovog modula dobija se:

$$|h(\omega)| = \left| \frac{1}{1+i\alpha c} \right| = \frac{1}{\sqrt{1+c^2\omega^2}}. \quad (13)$$

Uvodeći oznake saglasne obeležavanjima u radu [17] konstruisano je parametarsko interpolaciono jezgro:

$$r(f) = \begin{cases} 1/\sqrt{1+\alpha^2|f|^2}, & k-1 \leq |f| \leq k, \quad k=1, \dots, L/2 \\ 0 & |f| > L/2 \end{cases} \quad (14)$$

gde  $\alpha$  predstavlja parametar jezgra. Ovaj parametar je moguće podešavati tako da se karakteristike jezgra prilagode odgovarajućem problemu, saglasno nekom kriterijumu.

#### 3.2 Algoritam određivanja parametra interpolacionog jezgra

U ovom radu analizirana je problematika procene fundamentalne frekvencije signala analizom u spektralnom domenu. Zbog toga će parametar  $\alpha$  biti odabran tako da se minimizira greška procene  $F_0$  u spektralnom domenu.

Algoritam određivanja parametra  $\alpha$  interpolacionog jezgra sastoji se od sledećih koraka:

**Ulaz:** Signal  $x(n)$ , dužina sekvence  $N$ , realna fundamentalna frekvencija  $f_0$ .

**Izlaz:** Parametar jezgra  $\alpha_{opt}$ .

**Korak 1:** Modifikacija  $x$  prozorskom funkcijom  $w$  dužine  $N$ :

$$x_w = x \cdot w. \quad (14)$$

**Korak 2:** Primenom diskretne Furijeove transformacije izračunava se spektar  $X$ :

$$X = \text{DFT}(x_w, N), \quad (15)$$

**Korak 3:** Metodom pikovanja određuje se pozicija spektralne komponente sa najvećom amplitudom:  $k_{max} = \text{peak\_picking}(X)$ .

**Korak 4:** Primenom konvolucione interpolacije u okolini  $k_{max}$  određuje se rekonstruisana funkcija  $X_r(f)$ .

**Korak 5:** Određivanje pozicije maksimuma rekonstruisane funkcije  $X_r(f)$ , odnosno procena fundamentalne frekvence  $f_e$ .

**Korak 6:** Izračunavanje MSE između procenjene i realne fundamentalne frekvencije u zavisnosti od parametra  $\alpha$ :

$$MSE(\alpha) = (f_o - f_e)^2. \quad (17)$$

**Korak 7:** Lociranjem minimuma  $MSE$  određuje se optimalna vrednost parametra  $\alpha_{opt}$ .

## 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

### 4.1 Eksperiment

Procena optimalnog parametra interpolacionog Polya jezgra kao i izbor prozorske funkcije realizovan je primenom algoritama za procenu interpolacionog parametra (opisan u sekciji 3.2) nad test signalom. Test signal je složeni sinusoidalni signal oblika [10]:

$$s(t) = \sum_{i=1}^K \sum_{g=0}^M a_i \sin\left(2\pi\left(f_0 + g \frac{f_0}{KM}\right)t + \theta_i\right), \quad (17)$$

gde je  $f_0$  fundamentalna frekvencija,  $a_i$  i  $\theta_i$  amplituda i faza  $i$ -tog harmonika respektivno,  $K$  broj harmonika, a  $M$  broj tačaka između dva sempla. U ovom eksperimentu korišćeni su parametri  $f_0=125$ -140 Hz, frekvencija semplovanja  $f_s=8$  kHz, dužina bloka  $N=256$  (32 ms),  $K=10$  i  $M=100$ .

### 4.2 Rezultati

Rezultati za minimalnu vrednost MSE i optimalnu vrednost parametra  $\alpha$  primenom interpolacionog Polya jezgra dužine  $L=4$  nad test signalom (17) uz primenu odgovarajućih prozorskih funkcija, prikazani su u tbl. 1. i na sl.1-6, i to: a) Hamming (sl.1), b) Hann (sl. 2), c) Blackman (sl. 3), d) pravougaoni (sl. 4), e) Kaiser (sl. 5) i trougaoni (sl. 6).

Tabela 1. Minimalna vrednost MSE primenom kvazi-racionalnog Polya jezgra.

PROZOR	$\alpha_{opt}$	$MSE_{min}$
Hamming	-0.4500	0.0068
Hann	-0.4500	0.0138
Blackman	-0.7000	0.0300
Pravougaoni	-0.0600	0.6717

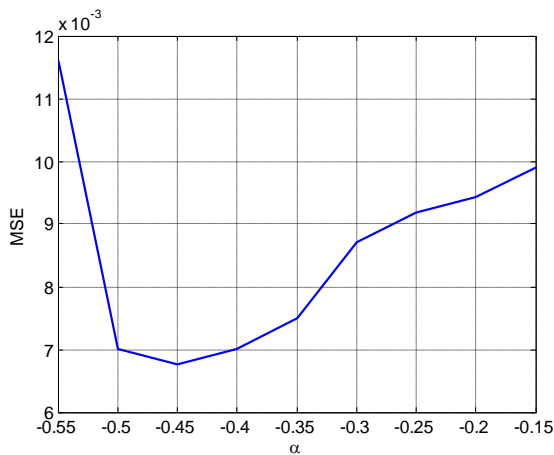
Kaiser	-0.7000	0.0155
Trougaoni	-0.4500	0.0044

Tabela 2. Minimalna vrednost MSE primenom Kejsvog jednoparametarskog kubnog jezgra [16].

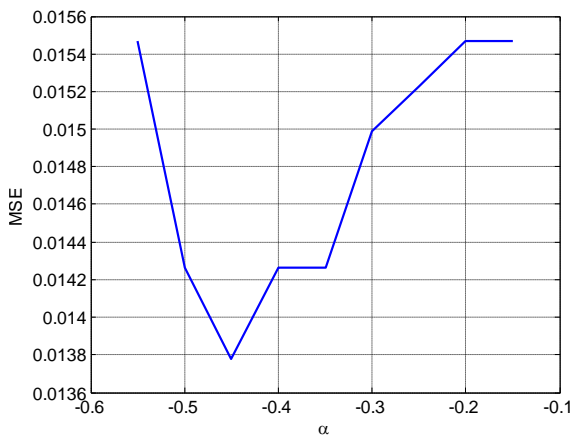
PROZOR	$\alpha_{opt}$	MSE <sub>min</sub>
Hamming	-1.0100	0.0068
Hann	-0.8800	0.00063836
Blackman	-0.8000	0.00043616
Pravougaoni	-2.6400	0.1805
Kaiser	-1.1300	0.0058
Trougaoni	-1.0300	0.0015

Tabela 3. Minimalna vrednost MSE primenom kvadratnog jezgra [17].

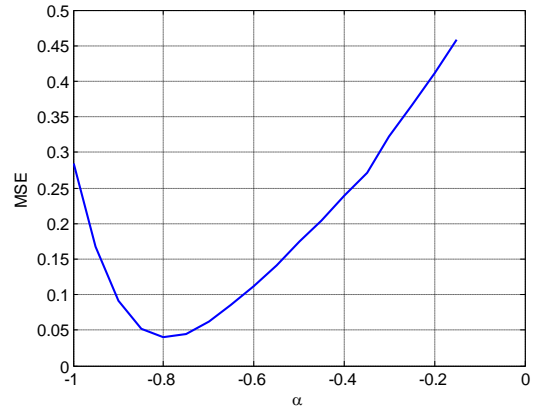
PROZOR	$\alpha_{opt}$	MSE <sub>min</sub>
Hamming	-1.125	0.8727
Hann	-1.100	0.899
Blackman	-0.915	0.6014
Pravougaoni	-0.010	0.0726
Kaiser	-1.065	0.963
Trougaoni	-1.140	1.0026



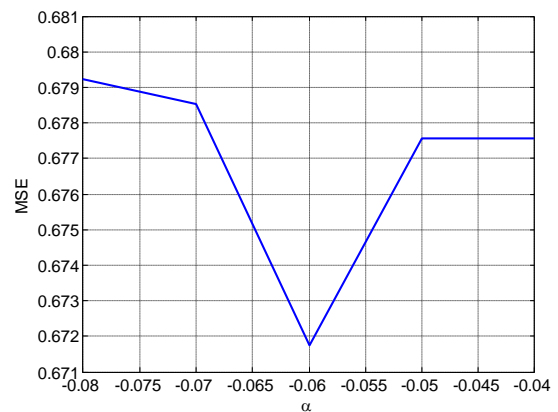
Slika 1. MSE ( $\alpha$ ) za slučaj primene Hamming-ovog prozora.



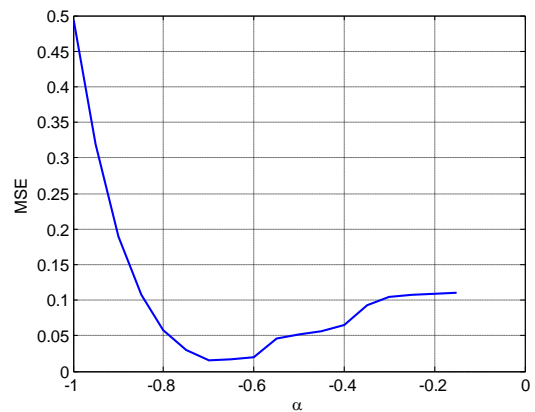
Slika 2. MSE ( $\alpha$ ) za slučaj primene Hann-ovog prozora.



Slika 3. MSE ( $\alpha$ ) za slučaj primene Blackman-ovog prozora.



Slika 4. MSE ( $\alpha$ ) za slučaj primene pravougaonog prozora.

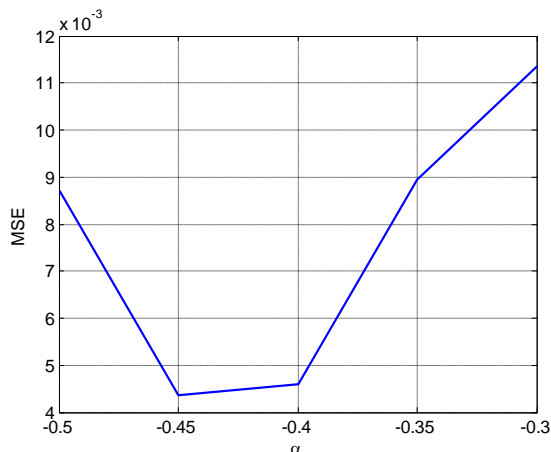


Slika 5. MSE ( $\alpha$ ) za slučaj primene Kaiser -ovog prozora.

### 4.3 Analiza rezultata

Analizom rezultata za MSE prikazanih u tbl. 1-3 i na sl. 1-6, zaključuje se da:

- a) najmanja vrednost MSE dobijena je za slučaj primene trougaone prozorske funkcije. U odnosu na druge prozorske funkcije trougaona je pokazala bolje rezultate: 35% (Hamming), 68% (Han), 89% (Blackman), 71% (Kaiser) i 93% (pravougaona),



Slika 6. MSE ( $\alpha$ ) za slučaj primene trougaonog prozora.

b) u odnosu na Kejsovo jednoparametarsko kubno konvoluciono jezgro iz [16] kod kojeg su najbolji rezultati dobijeni primenom Blackman-ovog prozora, Polya jezgro je pokazalo  $MSE_{\min \text{troug. polya.}} / MSE_{\min \text{Black.keys}} = 10.088$  puta veću grešku,

c) poređenjem sa rezultatima dobijenim primenom kvadratnog interpolacionog jezgra iz [17] gde je najmanje MSE za pravougaonu prozorsku funkciju, zaključuje se da Polya jezgro ima  $MSE_{\min \text{pravoug.kvadr}} / MSE_{\min \text{troug. polya}} = 16.5$  puta manju srednje kvadratnu grešku.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su prikazani rezultati primene parametarskog kvazi-racionalnog Polya konvolucionog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije signala. U cilju minimiziranja MSE-a implementirane su neke prozorske funkcije. Detaljna analiza pokazala je da je najbolji izbor trougaona prozorska funkcija. Poređenjem dobijenih rezultata sa rezultatima procene fundamentalne frekvencije primenom kvadratnog konvolucionog jezgra iz [17] i Kejsovog jednoparametarskog jezgra iz [16], zaključuje se da je Polya jezgro efikasnije u odnosu na kvadratno konvoluciono jezgro, dok je manje efikasno u odnosu na Kejsovo jednoparametarsko kubno konvoluciono jezgro. Kako je odlika ovog jezgra mala numerička složenost može se primeniti za rad u realnom vremenu.

## LITERATURA

[1] C. Kawahara, "YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music", *Jurnal of the Acoustical Society of America*, Vol.111, No. 4, pp. 1917-1930.

[2] S.C. Sekhar, T.V. Sreenivas, "Effect of interpolation on PWVD computation and instantaneous frequency estimation", *IEEE Signal Processing*, Vol. 84, pp. 107-116, 2004.

[3] Z.M. Hussain, B. Boashash, "Adaptive instantaneous frequency estimation of multicomponent signals using quadratic timefrequency distributions", *IEEE Trans. Signal Process.*, Vol 50, No 8, pp.1866-1876, 2002.

[4] A. Kacha, F. Grenez, K. Benmahammed, "Time-frequency analysis and instantaneous frequency estimation using two-sided linear prediction", *IEEE Signal Processing*, Vol. 85, pp. 491-503, 2005.

[5] P. Veprek, M. Scordilis, "Analysis, enhancement and evaluation of five pitch determination techniques", *Speech Communication*, Vol. 37, No. 3-4, pp. 249-270, 2002.

[6] A. Klapuri, "Multiple fundamental frequency estimation based on harmonicity and spectral smoothness", *IEEE Transactions On Audio, Speech, And Language Processing*, Vol. 11, No. 6, pp. 804-816, 2003.

[7] E. Meijering, M. Unser, "A Note on Cubic Convolution Interpolation", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 12, No. 4, pp. 447-479, 2003

[8] J. A. Parker, R. V. Kenyon, and D. E. Troxel, "Comparison of interpolation methods for image resampling", *IEE Trans. Med. Imag.*, vol.2, pp.31-39, 1983.

[9] H. S. Hou and H. C. Andrews, "Cubic splines for image interpolation and digital filtering", *IEE Trans Acoust.Speech Signal Processing*, vol. ASSP-26, pp.508-517, Dec. 1978

[10] H.S. Pang, S.J. Baek, K.M. Sung, "Improved Fundamental Frequency Estimation Using Parametric Cubic Convolution", *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E83-A, No. 12, pp. 2747-2750, Dec. 2000.

[11] M. Mirković, Z. Milivojević and P. Rajković, "Performances of the system with the implemented PCC algorithm for the fundamental frequency estimation", *XII Telecommunications Forum TELFOR '04*, Sec. 7. Signal processing, Beograd, 2004.

[12] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", *IEEE Trans. Acout. Speech & Signal Processing*, Vol. ASSP-29, pp. 1153-1160, Dec. 1981.

[13] K.S. Park and R.A. Schowengerdt, "Image reconstruction by parametric cubic convolution", *Computer Vision, Graphics & Image Processing*, Vol. 23, pp. 258-272, 1983.

[14] N. A. Dodgson, "Quadratic interpolation for image resampling", *IEEE Trans. Image P rocessing*, Vol. 6, no.9, pp. 1322-1326, Sept. 1997.

[15] Z. Milivojević, D. Brodić, "Estimation of the fundamental frequency of the speech signal compressed by G.723.1 algorithm applying PCC interpolation", *Journal of Electrical Engineering*, vol. 62, no. 4, pp. 181-189, 2011.

[16] Z. Milivojević, D. Brodić, "Estimation Of The Fundamental Frequency Of The Real Speech Signal Compressed By MP3 Algorithm", *Archives of Acoustics*, Vol. 38. No. 3, pp. 363-373, 2013.

[17] N.Savić, Z.Milivojević and D. Brodić, "Estimation of frequency of a signal by means of interpolation

- with a quadratic convolution kernel“, *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 20, pp. 40-49, 2014.
- [18] L. Knockaert, D. D. Zutter and T. Dhaene “Adaptive Interpolation Based on Polya Frequency Functions“, *IEEE Trans. On Signal Processing*, Vol. 56, No.10, pp. 4683-4691, Oct. 2008.
- [19] M. D. Buhmann, *Radial Basis Functions*, Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2003.
- [20] T. Blu and M. Unser, “Wavelets, fractals, and radial basis functions“, *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol.50, no.3,pp. 543-553, Mar. 2002.
- [21] T. Poggio and F. Girosi, “Networks for approximation and learning“, *IEEE* , Vol.78, pp. 1481-1497, 1990.
- [22] S. Bochner, “Monotone Funktionen, Stieltjes integrale und harmonische analyse“, *Math. Ann*, Vol.108, pp. 378-410, 1933.
- [23] I. J. Schoenberg, “Metric spaces and completely monotone functions“, *IEEE* , *Ann. Math.*, Vol.39, pp. 811-841, 1938.
- [24] I. J. Schoenberg, “On totally positive functions, Laplace integrals and entire functions of the Laguerre-Polya Schur type“, *J.d . Ann. Math.*, Vol.1, pp. 331-374, 1951.

# SISTEM ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU KAO PODRŠKA ZA STRATEŠKO UPRAVLJANJE DRŽAVNOM UPRAVOM

## DECISION SUPPORT SYSTEM AS A SUPPORT FOR STRATEGIC MANAGEMENT OF STATE ADMINISTRATION

mr Rade Dragović<sup>1</sup>, Jovan Ivković<sup>2</sup>, Dragan Dragović<sup>3</sup>, Đuro Klipa<sup>4</sup>, Duško Radišić<sup>5</sup>, mr Vojkan Nikolić<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Direkcija za elektronsku upravu, Ministarstvo državne uprave i lokalne samouprave*

<sup>2</sup> *Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija*

<sup>3</sup> *Agencija za privredne registre*

<sup>4</sup> *Ministarstvo za rad, zapošljavanje, boračka i socijalna pitanja*

<sup>5</sup> *Grad Zrenjanin*

<sup>6</sup> *Ministarstvo unutrašnjih poslova*

**Sadržaj:** Tokom istorije ljudske civilizacije, državna uprava je sa aspekta procesa i procedura uvek bila jedan od najsloženijih društvenih sistema. Nivo složenosti sistema kojim se upravlja je rastao tako da danas u modernim državama sa demokratskim uređenjem proces upravljanja predstavlja veliki izazov. Upravljanje sistemom državne uprave predstavlja složeni multidisciplinarni proces zasnovan na pravnim, organizacionim i tehnološkim parametrima koji u svom sadejstvu trebaju da obezbede efikasno i racionalno funkcionisanje. Rad ima za cilj da pruži tehnološke i organizacione smernice za primenu koncepta korišćenja sistema za podršku odlučivanju u postupcima donošenja odluka u reformi državne uprave.

**Abstract:** Throughout the history of human civilization, the state administration is in terms of processes and procedures has always been one of the most complex social systems. The level of complexity of the system to be managed grew so today in modern countries with democratic systems management process represents a major challenge. Management of the system of state administration is a complex multidisciplinary process based on the legal, organizational and technological parameters in his synergy should ensure the effective and rational functioning. This paper aims to provide technological and organizational guidelines for the application of the concept of the use of decision support systems in decision-making processes in public administration reform.

### 1. UVOD - DRŽAVA I ODLUČIVANJE

Donošenje odluka i odlučivanje je od polovine prošlog veka definisana kroz posebnu naučna disciplina - teoriju odlučivanja. Odluke se donose neprekidno u toku izvršavanja poslova vezanih za upravljanje aktivnostima i sistemima. Savremene IKT tehnologije omogućavaju prikupljanje i skladištenje podataka koje u fokus stavljaju upotrebljive podatke za analize i donošenje odluka na osnovu tih analiza. Potencijal dostupnih podataka prevazišao je korišćenje baza podataka za njihovu agregaciju, pravljenje analiza i otkrivanje pravilnosti koji se u njima nalaze primenom business intelligence-a [1]. Pravi potencijal dataveillance-a, data mining-a, CRM-a i ostalih business intelligence sistema jeste upravljanje složenim sistemom koji je zasnovan na Sistemu za

Podršku Odlučivanju - SPO (Decision Support System - DSS). Odlučivanje se u ovakvom uređenom sistemu vrši na osnovu predefinisanih brojnih parametara koji su obavezno pravni, organizacioni, tehnološki, ali i opciono geostrateški, demografski, politički, socijalni, ekonomski, bezbednosni, zasnovani na analizi zaposlenih u sistemu, zasnovani na parametrima dobijenim u analizi građana pojedinih geografskih područja ili etničkih zajednica itd. Pravilan izbor parametara, koji su opredeljujući po krajnji rezultat, mora biti zasnovan na stručnom pristupu multidisciplinarnog tima iskusnih eksperata. Predefinisanim parametrima formira se model sistema za podršku odlučivanju koji na osnovu vrednosnog intenziteta svakog od parametara učestvuje u donošenju određene odluke. Tom prilikom jasno se definišu prioritetai tako donete odluke ali i parametri na koje je posebno posebno obratiti pažnju tokom realizacije donete odluke - dobijaju se parametri za analizu faktora rizika tokom faza implementacije donete odluke.

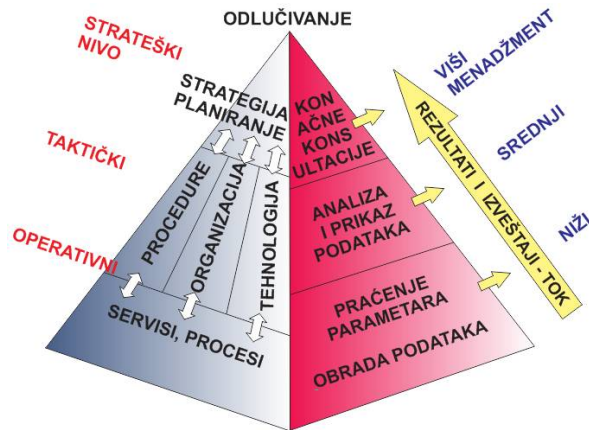
Svaka doneta odluka bazirana na znanju mora imati tačno poznate posledice koje proizilaze tom odlukom. Analiza posledica odluke mora biti sastavni deo procesa donošenja odluke. Svako ne primenjeno znanje, relevantno za buduću odluku, u procesu donošenja odluka sa velikom verovatnoćom će generisati posledice koje nisu uzete u obzir tokom analize. Sve odluke koje se donose u državnoj upravi moraju biti bazirane na okviru znanja koje je potpuno i relevantno za donošenje određene odluke [2].

Odluke koje se donose u složenom organizacionom okruženju državne uprave mogu se podeliti u:

- Operativne - najčešće izvršavane odluke koje karakteriše mogućnost dovođenja do perfekcije izvršavanja, zbog učestalosti izvršavanja i zbog strukturiranosti (najbitnija efikasnost) - većina državnih organa,
- Taktičke - predstavljaju vezu između operativnih i strateških, služe za prevođenje strateških u operativne (bitna je efektivnost) - većina ministarstva,
- Strateške - najsloženije odluke koje treba doneti; za njihovo donošenje i realizaciju potrebno je najviše vremena - Vlada, Skupština, Ministarstvo državne uprave i lokalne samouprave.

Sistemi za podršku odlučivanju mogu se koristiti za sve vrste odluka, ali je njihova primena najznačajnija na

strateškom i taktičkom nivou donošenja odluka [2]. Trenutno se taktičke odluke donose bez korišćenja sistema za podršku odlučivanju, a koje bi primenom ovih sistema mogle dati veoma veći i jasno ciljani uticaj u implementaciji željenih efekata u državnoj upravi.



Slika 1. Piramida odlučivanja u državnoj upravi

Korišćenje sistema za podršku odlučivanju može da pomogne donosiocima odluka da određenu odluku, primenom drugih srodnih sistema, modelira, testira i evaluira van živog produkcionog sistema složene državne uprave. Ovakav konačan broj faznih analiza određenog broja potencijalnih odluka svakako je bolje vršiti prethodno van složenog sistema državne uprave koje u demokratskom društvu ne može da stoji van funkcije ni jedan dan niti se može dozvoliti da funkcioniše sa minimalnim kapacitetima nekih svojih delova. Poseban motiv za korišćenje ovakvog sistema je finansijski aspekt koji se primenjuje u sistemu koji je potpuno finansiran iz budžetskih sredstava države. Primena ovakvog inoviranog sistema, za razliku od tradicionalnih metoda, mora se bazirati na unapređenjima za državnu upravu, pravne subjekte i građane kroz sledeće globalne korisnosti: smanjenje vremena rešavanja podnesaka, transparentnost, antikorupcijske učinke, povećanje učinka rada pomoćnog osoblja u državnim organima, bolja usluga državnih organa, uštede, pomoć pri donošenju odluka nadležnim telima i bezbednost informacionih sistema [3]. Dobijena procena i rangiranje potencijalnih odluka korišćenjem sistema za podršku odlučivanju može da dovede do konačne odluke oslobođene od ljudskih pristrasnosti, analizom velike količine podataka bez predrasuda o pojedinim ulaznim parametrima koje su svojstvene malim uzorcima. Sistem za podršku odlučivanja u državnoj upravi pruža posebno vredne mogućnosti analize velikih skupova parametara, koji na drugi način nebi ni mogli da se analiziraju, i simuliraju. Konačni cilj je donošenje odluke zasnovane na multidisciplinarnim znanjima i među resornim nadležnostima.

Podrška odlučivanju je svakako potrebna zbog sledećih situacija koje jesu realne u državnoj upravi:

- U većini situacija odlučivanja postoji velika količina podataka koju treba obraditi,
- Vreme za odlučivanje je skoro uvek ograničeno, ili postoji kratak vremenski period u kome je potrebno doneti odluku,

- Postoji težnja donosioca odluke da donese ispravnu odluku.

Faze odlučivanja u tom ciklusu su:

- definisanje ciljeva odlučivanja,
- definisanje problema odlučivanja,
- sagledavanje mogućih stanja sistema ili delova sistema,
- pronalaženje i vrednovanje alternativnih akcija,
- sagledavanje i ocenjivanje mogućih posledica,
- formulacija metoda i odabira kriterijuma odlučivanja,
- ocenjivanje i izbor odluke,
- preduzimanje, praćenje i analiza efekata primene odabrane odluke.

Tehnike grupnog odlučivanja su:

- Brainstorming tehnika - "oluja ideja" i rasprava ravnopravnih članova grupe - formulišu se alternative i sprovodi se odlučivanje kroz faze: formulacija ideja, vrednovanje i izbor ideja,
- tehnika nominalnih grupa - pojedinci formulišu ideje dok grupa pomaže u obrazlaganju, vrednovanju i izboru ideje,
- Delphi tehnika - obezbeđenje konsenzusa između stručnjaka i menadžera sa dva nezavisna tima: stručnjaci i menadžeri, međusobno se ne susreću (čak i ne poznaju) i komuniciraju putem upitnika,
- tehnika strukturiranih rasprava - zahteva učešće spoljnog moderatora koji usmerava grupu tako da članovi grupe iznose ideje individualno i po sekcijama, a moderator sačinjava izveštaj i formuliše zaključke.

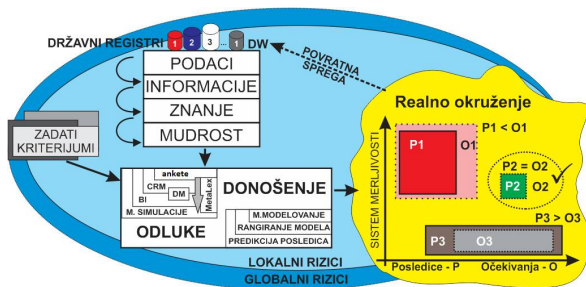
## 2. SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Od samih početaka razvoja računarskih sistema uočena je velika prednost koju donose informacioni sistemi za podršku odlučivanju. U drugoj polovini 1950-tih Ministarstvo odbrane SAD u saradnji sa kompanijom IBM je razvilo pionirski SAGE sistem za kontrolu vazdušnog prostora severne Amerike za potrebe koga je po prvi put ostvareno povezivanje više geografski udaljenih računara putem „Data direct“ tehnologije. Drugo značajno rešenje je IBM-ov VisionQuest softversko rešenje iz 1980-tih takođe namenjenog za Ministarstvo odbrane SAD koje je začetnik nove forme softverskih aplikacija kao rešenja za poboljšanje usklađenosti donošenja odluka između različitih komandnih linija oružanih snaga SAD. VisionQuest koga je razvio Jerry Wagner je ubrzo od vojno orijentisanog projekta prerastao je u komercijalno rasprostranjen sistem namenjen za podršku upravljanju složenim sistemima.

Sa jedne strane, sistemi za podršku odlučivanju su interaktivni računarski sistemi kojima je namena da pomognu menadžerima ili donosiocima odluka da identifikuju, strukturiranju i/ili reše polu strukturirane i ne strukturirane probleme kao i da naprave izbor među alternativama. Sa druge strane, SPO su prošireni sistemi sposobni da podrže ad hoc analize podataka i modeliranje, orijentisani ka planiranju budućnosti korišćenjem neregularnih vremenskih intervala.

Sistemi za podršku odlučivanju su sistemi koji se koriste kao podrška donošenju odluka, najčešće u poslovnim sistemima baziranim na računarskim sistemima koji

pomažu da se na osnovu relevantnih informacija o određenom problemu konstruiše matematički model sistema na osnovu koga se proračunavaju najbolja rešenja. Ovakvi sistemi se koriste na raznim upravljačkim i organizacionim nivoima na najvišim nivoima odlučivanja. Sistemi za podršku odlučivanju olakšavaju sintezu informacija iz pojedinih podistema za strateško prikupljanje podataka (dataveillance) [4], ponašanja (CRM) ili znanja (datamining) i doprinose automatizaciji strateškog planiranja i predviđanja u cilju donošenja konačne odluke. Osim traženja najboljeg rešenja, SPO nudi mogućnost merljive, numeričke analize i uvida u uspešnost rangiranih potencijalnih rešenja - odluka. SPO nije jednokratni alat/aktivnost već se projektuje za podršku tokom brojnih faza procesa odlučivanja, za podršku različitim procesima i načinima donošenja slednih faznih upravljačkih odluka. Ovakav sistem mora biti prilagodljiv tako da tokom vremena podržava težnje ka unapređenju efektivnosti odlučivanja kroz proces implementacije donete odluke u sistemu i daljeg funkcionisanja složenog sistema zasnovanog na novonastalim parametrima.



Slika 2. Proces donošenja odluke u državnoj upravi

Donošenje određene pojedinačne odluke, koliko god ona bila važna i opredeljujuća, svakako nije kraj korišćenja sistema za podršku odlučivanju u sistemu koji ga koristi. Posebni oblici sistema za podršku odlučivanju su:

- Sistem podrške grupnom odlučivanju,
- Sistem podrške izvršnim rukovodiocima, i
- Ekspertski sistemi.

*Sistem podrške grupnom odlučivanju* (Group Decision Support Systems - GDSS) pored standardnih funkcija nudi i mogućnosti održavanja poslovnih sastanaka i kada svi učesnici nisu fizički prisutni.

*Sistem podrške izvršnim rukovodiocima* (Executive Support System – ESS) se razlikuje od klasičnih po tome što je više usmeren na sadašnjost a potom na budućnost (istraživanje korisnika, finansijske analize, analize trendova...). ESS je sistem koji je projektovan da zadovolji potrebe rukovodioca na najvišim nivoima menadžmenta.

*Ekspertski sistemi* (ES) su specifični po tome što deluju kao ljudski eksperti u dobro definisanom specifičnom zadatku zasnovanom na bazi znanja.

SPO pružaju pomoć za donošenje odluka na svim nivoima odlučivanja, sa posebnim značenjem za najviše upravljačke nivoe. Sistemi za podršku odlučivanju podržavaju vertikalne informacione tokove a time i

integraciju informacija koje se koriste na različitim organizacionim i upravljačkim nivoima. Time je olakšana sinteza informacija iz pojedinih podistema za strateško odlučivanje i postiže se automatizacija strateškog planiranja i predviđanja.

Za potrebe efikasnije analize neophodno je sublimiranje podataka iz većeg broja registara. Svaka državna institucija kreira i manipuliše sa više registara koji nisu povezani ni na nivou iste institucije, ili funkcionalne vertikalne nadležnosti institucija.

Za funkcionalno korišćenje podataka neophodno uvođenje standarda struktura i relacija za povezivanje, objedinjavanje registara i konačno uspostavljanje centralnog, jedinstvenih registara građana, institucija, usluga, .... Ovakav model omogućio bi praćenje efekata implementacije odluka u sistemu državne uprave. Konačan rezultat sa merljivim parametrima bili bi ažurni podaci u svim relaciono povezanim registrima, povećan nivo bezbednosti i kontrole pristupa, tačno definisani i kontrolisani uslovi relacija i manipulacije podacima. Prednost informacionih, ekspertskih sistema u svim oblastima pa i u oblasti odlučivanja ogleda se upravo kroz mogućnost upotrebe i obrade velikog broja podataka, što je svakako uslovljeno većim brojem relaciono povezanih baza podataka.

### 3. SISTEMI ZA PODRSKU ODLUCIVANJU I EKSPERTSKI SISTEMI U DRŽAVNOJ UPRAVI

Sistemi za podršku odlučivanju naglašavaju menadžersku orijentaciju primene informacionih tehnologija u složenim organizacijama kakvo je državna uprava. Funkcionalna podela SPO izvršena je na: SPO za strateško upravljanje, SPO za taktičko upravljanje i SPO za operativno upravljanje. SPO je interaktivan složeni informacioni sistem koji predstavlja skup procedura zasnovan na modelima za obradu i predstavljane/tumačenje informacija. Svaki SPO je unikatna aplikacija razvijena za zadovoljenje posebne grupe ciljeva. SPO služi za podršku donosiocima odluka, a ne kao zamena za donosiocima odluka. Navedene osobine ukazuju da postoje realne primene u državnoj upravi.

Sistem za podršku odlučivanju u državnoj upravi treba da sadrži tri uređena podistema: podsystem baze podataka, podsystem baze modela i komunikacioni podsystem.

*Podsystem baze podataka* treba da sadrži ulazne i izlazne podatke koji se generišu u informacionom sistemu državne uprave. Prikupljanje podataka treba da se vrši primenom dataveillance, datamining, CRM, sistemizovanih svedenih upitnika i ostalih internih i eksternih sistema za prikupljanje relevantnih podataka za postupajuće SPO analize. Ovaj podsystem je bazni podsystem na koji se mora obratiti posebna pažnja, jer svaka proizvoljnost ili netačnost na ovom nivou može poremetiti napore na višim nivoima SPO podistema. Projektovanje i implementacija budućih aplikativnih sistema i inoviranje postojećih aplikativnih sistema u državnoj upravi moraju biti tako (re)projektovani da obezbede validne i kvalitetne podatke

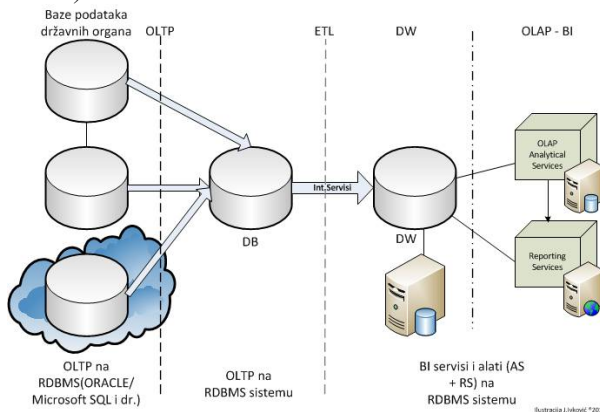
primenom validnim registarima koji će budući podsistem baze podataka SPO učiniti efikasnim i produktivnim.

*Podsistem baze modela* je komponenta SPO koja se sastoji od poslovnih modela odlučivanja gde je svaki model projektovan za rešavanje tačno određenog problema nad određenim npr. poslovnim procesom i delom poslovnog procesa. Ovi poslovni procesi mogu biti fizički poslovni procesi koji su proceduralno definisani npr. Zakonom ili podzakonskim aktom, ali mogu biti i neki logički, tokom SPO uočeni, horizontalni procesi između različitih vrsta državnih organa. Na osnovu ulaznih podataka iz podsistema baze podataka i modela odlučivanja generišu se izlazni podaci na osnovu kojih donosilac odluke donosi odluku. Podsistem baze modela treba da bude projektovan sa sledećim funkcionalnostima:

- uključivanje novih modela u sistem,
- mogućnost integracije celina modela u cilju lakšeg dobijanja novog modela,
- katalogiziranja i održavanje šireg opsega modela za različite korisnike/nivoje/profile,
- povezivanje funkcionalnih modela sa bazom podataka,
- stvaranje i upravljanje bazom modela

*Komunikacioni podsistem* je deo koji omogućuje komunikaciju između SPO i korisnika. Ovaj podsistem se prilagođava profilu donosioca odluka. Uprošćavanje se vrši do potrebnog nivoa u zavisnosti od sastava tima donosioca odluka prema nivou na kome se donosi određena odluka. Najčešće, ovaj podsistem sadrži jezik akcije (šta korisnik može da učini u komunikaciji sa sistemom), jezik prikazivanja ili prezentacije (šta korisnik vidi) i bazu znanja (šta korisnik mora znati da bi koristio ovaj sistem).

Objedinjeni informacioni sistemi i sistemi za podršku odlučivanju koji imaju cilj da podrže taktičko i strateško odlučivanje nazivaju se *sistemi poslovne inteligencije (BI sistemi)*.



Slika 3. Predlog arhitekture IT sistema za uspostavljanje poslovne inteligencije (BI) sa prediktivnom analitikom (OLAP)

Za potrebe BI sistema informacije iz operacionih online-transakcionih relacionih baza podataka koje se koriste u svakodnevnom radu državnih organa moraju biti objedinjene i prevedene putem nekog integracionih ETL

servisa (eng. „*Extract, Transform and Load*“) u specifična „*Data warehouse*“ (DW) skladišta podataka koja su u principu multidimenzionalne (MOLAP) baze podataka. Na slici 3 je prikazana ilustraciju kako bi se BI rešenje za potrebe OLAP prediktivnih analitičkih servisa i sistem za izveštavanje oslanjalo na DW bazu koja bi povlačila potrebne podatke iz baza različitih državnih organa.

Uspostavljanje jednog ovakvog sistema podrazumeva sažimanje raznorodnih izvora informacija sa na izgled ne vezanim sadržajem u okviru jednog DW i OLAP informacionog sistema na kome će se kao jedan od servisa izvršavati neki od ekspertskih sistema, a što će pružiti za korak više od uobičajene podrške za vođenje politike tj. odlučivanje zasnovano na trenutnom stanju činjenica. (eng. „*Evidence-based policy making*“).

Ekspertski sistem, ES, za potrebe državne uprave, čini skup programa koji koriste ljudsko znanje za rešavanje problema [6]. Ekspertski sistemi su inteligentni računarski programi koji upotrebljavaju znanje i procedure zaključivanja da bi rešili postavljene im probleme koji su svojim obimom dovoljno teški da zahtevaju značajnu ljudsku stručnost i veštinu. Multidisciplinarno znanje sa mehanizmima zaključivanja za rešavanje jasno definisanog problema čini model koji simulira skup najboljih stručnjaka u zadatoj oblasti. ES se sastoji iz tri osnovna dela: baza znanja, mehanizmi zaključivanja i korisnički interfejs.

*Baza znanja* u sebi sadrži znanje eksperta u strukturiranom formatu i predstavlja najvažniji deo ekspertskog sistema. Postupak prikupljanja znanja od eksperta u bazu znanja, transformacija je ekspertskog znanja u formalni oblik. Organizacija baze znanja je najbitniji deo procesa razvoja ekspertskog sistema. Znanje se predstavlja *formalizmima za predstavljanje znanja*. Veliki je broj metoda predstavljanja znanja u bazi znanja, od kojih su za državnu upravu najprimenljiviji:

- *Stablo odlučivanja* je jedan od često primenjenih načina čuvanja znanja gde se znanje čuva u formi tzv. stabla. Stablo odlučivanja čuva znanje u hijerarhijskom obliku koji je jednostavno čitljiv.
- *Semantičke mreže* znanje predstavljaju u obliku mreže. Ovakva mreža se sastoji od čvorova i veza među čvorovima. Veze prikazuju odnose između čvorova i nasleđivanje među čvorovima. Ovaj prikaz je veoma primenjen u delu upotrebe ovih sistema za potrebe multi resornog okruženja.
- *Produkciona pravila* su najčešće korišćeni metod predstavljanja znanja. To su pravila oblika „IF“ uslov „THEN“ posledica. Produkciona pravila su klasične logičke relacije među podacima. Način predstavljanja znanja je prirodan i poseduje modularnost jer predstavlja samostalnu celinu i može po potrebi da se koristi uz druge elemente za potrebe stvaranja izvedenih/novih znanja. Ovim je zadovoljen zahtev za lakom modifikacijom baze znanja.
- *Okviri znanja* su skupovi objekata, koji se sastoje od atributa kojima je dodeljena određena vrednost. Okviri znanja su posebna varijanta semantičkih mreža. Okvir znanja ima dve celine u kojim se čuvaju podaci: statički deo koji sadrži podatke koji su isti za



određenu klasu objekata i dinamički deo u kome se čuvaju podaci koji su posebni za određeni objekat.

- *Tabela odlučivanja* je indukciona tabela odlučivanja koja se sastoji od atributa i redova, dok neki od atributa mogu biti izlaznog karaktera. Na osnovu slučajeva u tabeli predviđa se kako će biti ponašanje u celoj populaciji.

*Mehanizam zaključivanja* su deo ES koji imaju konkretan zadatak da nađu odgovarajuće znanje u bazi znanja i da ga primene za rešavanje zadatog problema. Mehanizmi zaključivanja su logički i fizički locirani između baze znanja i korisničkog interfejsa. Mehanizam zaključivanja u direktnoj je fizičkoj vezi sa bazom znanja kako bi se obezbedilo brzo i efikasno pretraživanje podataka. Razvoj sopstvenih mehanizama zaključivanja u državnoj upravi je dug i složen proces. Kao što se baze podataka mogu razmenjivati sa drugim informacionim sistemima, tako je moguće i mehanizme zaključivanja razmenjivati sa državnim sistemima drugih država, naravno vodeći računa o bezbednosti na svim nivoima. Mehanizmi zaključivanja za određene procese u državnoj upravi malo ili ni malo se ne razlikuju od mehanizama zaključivanja za takve procese u državnoj upravi npr. neke susedne države. Za donošenje poslovnih odluka, praksa je pokazala da se posebna pažnja mora obratiti za svrstavanje problema u neku od poznatih kategorija za pronalaženje mogućih rešenja i evaluacija rešenja.

*Korisnički interfejs* ima ulogu da omogući što lakši rad korisnika.

Posebna pogodnost je formirati SPO državne uprave za donošenje odluka u realnom vremenu. Za donošenje odluke u realnom vremenu SPO mora kao svoje komponente imati:

- skladištenje podataka u baze podataka/registre u realnom vremenu,
- formiranje modela iz baze modela u realnom vremenu,
- analizu rezultata modela u realnom vremenu.

Za efikasne modele za odlučivanje neophodno je:

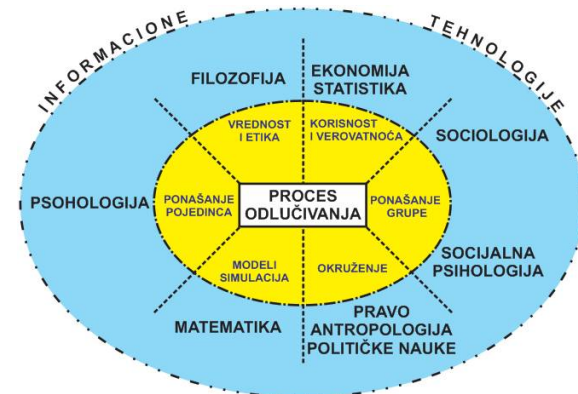
- efikasno korišćenje postojećih algoritama i njihovih delova,
- jednostavno korišćenje novih modela odlučivanja,
- mogućnost kombinovanja prednosti različitih algoritama,
- brže prihvatanje algoritama u različitim disciplinama,
- pristup relevantnim registrima državne uprave.

Najznačajnije prednosti korišćenja SPO u državnoj upravi mogu biti:

- veći broj alternativa za donošenje odluka,
- bolje razumevanje problema koji se rešava,
- sposobnost sprovođenja ad-hock analiza,
- poboljšana kontrola odlučivanja,
- bolje odluke,
- efikasniji timski rad,
- ušteda u vremenu...

Multidisciplinarni pristup je nezaobilazan pri donošenju odluka u državnoj upravi. Proces odlučivanja u državnoj upravi mora uzeti u obzir i pre definisati sve potrebne

parametre [7] (prava, ekonomije, sociologije, tehnologije, matematike, psihologije, filozofije...) za donošenje određene odluke zasnovane na znanju.



Slika 4. Topologija multidisciplinarnog odlučivanja

Proces odlučivanja i donošenje odluke o nekom strateškom delovanju u državnoj upravi mora uvažavati sve oblasti koje utiču na proces/sistem na koji se donosi odluka. Informaciono komunikacione tehnologije su se svojim naglim razvojem nametnule i stvorile mogućnosti za nove kanale komunikacija ka i unutar državnih organa, ali i mogućnosti brze obrade podataka.

#### 4. ZAKLJUČAK

Potreba za podrškom u odlučivanju proističe iz spoznaje najčešće ekonomskih potreba i vremenskih ograničenja u državnoj upravi[6]. Za uspešan proces odlučivanja u državnoj upravi potrebno je racionalno postaviti ciljeve odlučivanja, racionalno identifikovati probleme i povoljnosti i racionalno odabirati metode i tehnike odlučivanja. Strateške odluke treba bazirati na unapred definisanim principima, metodama i tehnikama suprotnih od intuitivnog odlučivanja.

Ograničenja sistema za podršku odlučivanju su neke urođene ljudske veštine i talenti koji se ne mogu ugraditi u sisteme za podršku odlučivanju. Ograničenja u pogledu nepostojanja validnih registara podataka su poseban problem neuređenih sistema podataka.

Strateško upravljanje državne uprave zahteva multidisciplinarni pristup kroz tehnike korišćenja sistema za podršku odlučivanju, čija se primena odražava na uspešnost nekog reformskog pokušaja ili se uočava neuspešnost kada je odlučivanje zasnovan na intuitivnim odlukama i odlukama koje se donose bez prethodnih detaljnih analiza, simulacija i bez analiza rizika na testnim modelima.

Informacione tehnologije mogu da pomognu u povećanju efikasnosti i produktivnosti državnih organa, ali ne mogu i ne treba da zamene donosiocima odluka u okviru pravno-proceduralno uređenog organizacionog sistema.

#### LITERATURA

- [1] Nikolić V., Dragović R., Interoperabilnosti i bezbednost eGovernment Republike Srbije, TELFOR 2014, Zbornik radova

- [2] Ivanović Z., Dragović R., Uljanov S., Strategic regulation model on the high-tech crime vulnerable targets, Proceedings of Western Balkans: From stabilization to integration, 2011
- [3] Dragović R., Data mining sistemi kao podrška istražnim radnjama, YUINFO 2011, Zbornik radova
- [4] Dragović R., Ivković M., Perović B., Klipa Đ., Dataveillance i data mining kao tehnološka podrška procesu istražnih radnji, TELFOR 2011, Zbornik radova
- [5] Dragović R., Dragović D., Perović B., Klipa Đ., Strateško upravljanje pravosuđem zasnovano na sistemu za podršku odlučivanju, YUINFO 2013, Zbornik radova
- [6] Dragović R., Peljević I., Klipa Đ., Strategija implementacije kriptozastite u epravosuđe, INFOFEST 2012, Zbornik radova
- [7] Harrision, E. F., The Managerial Decision-Making Process, Houghton Mifflin Company, Boston, 1987
- [8] W. T. Tsai, X. Sun, J. Balasooriya, Service Oriented Cloud Computing Architecture Seventh International Conference on Information Technology, 2010
- [9] J. Ivković, “.Research: Problem of adoption and implementation of Education Information System (EIS) to the education system of R.Serbia” 2010,
- [10] J. Ivković, Concepts of Private Cloud Computing Solutions in Public Sector 2013, ICAIIT Zrenjanin, 2013
- [11] Providing OLAP to User-Analysts:An IT Mandate, E.F. Codd, S.B. Codd, C.T. Salley, Hyperion Solutions Corporation inc - US, E.F. Codd & Associates, 1993
- [12] ON-LINE ANALYTICAL PROCESSING, A. Abell’o, O. Romero, Universitat Politecnica de Catalunya
- [13] Multidimensional Database Technology, T. Bach, P. Christian, S. Jensen, Aalborg, 2001
- [14] OLAP, Relational, and Multi-dimensional Database Systems, G. Colliat, 1996
- [15] Fundamentals of Database Systems, R. Elmasri, S. B. Navathe, Boston 2004
- [16] Kimball R., Data Warehouse Tool Kits, Toronto, 1996
- [17] C. Necco, L. Quintas, J. N. Oliveira, A functional Approach for On Line Analytical Processing, 2006
- [18] A handbook of statistical analyses using SPSS , S. Landau, B. S. Everit, 2004
- [19] V. Mišković, Sistemi za podršku odlučivanju, Univerzitet singidunum 2013
- [20] Z. Savić, Upravljački Infoormacioni sistemi, Novi Sad, 2008
- [21] D. Randjelović, B. Popović, V. Nikolić, S. Nedeljković, Inteligentna pretraga pojmova na primeru policijskih servisa u elektronskoj upravi, Nove informacione tehnologije za analitičko odlučivanje u biološkim, ekonomskim i sociološkim sistemima, Novi Pazar, 2014

# MERENJE UGAONE POZICIJE PRIMENOM VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE

## ANGULAR POSITION MEASUREMENT USING VIRTUAL INSTRUMENTATION

Goran Miljković, Dragan Denić, Milan Simić, Aleksandar Jocić  
*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu*

**Sadržaj** – Realizovani virtuelni instrument za određivanje ugaone pozicije koristi signale na izlazu elektronskog sistema za optičko očitavanje koda sa staklenog kodnog diska 10-bitnog pseudoslučajnog enkodera, koji ima dve kodne (pseudoslučajne) i jednu sinhronizacionu traku. Ovakav sistem se može koristiti u mnogim aplikacijama gde je potrebno precizno merenje ugaone pozicije radi pozicioniranja različitih mašina, pokretnih traka, kranova, itd. Realizovani virtuelni instrument je modularan i adaptivan, pa se mogu menjati i nadograđivati pojedini njegovi elementi. Korišćenje računara i modularnog hardvera, kao i USB interfejsa, određuje maksimalnu frekvenciju ulaznog signala na kojoj sistem može pravilno funkcionisati.

**Abstract** – Realized virtual instrument for determining the angular position use signals at the output of the electronic system for optical code reading from a glass disc of 10-bit pseudorandom encoder, which has two code (pseudorandom) and one synchronization track. This system can be used in many applications where it is necessary to accurately measure the angular position for positioning different machines, conveyor belts, cranes, etc. Realized virtual instrument is modular and adaptable, and can be modified and upgraded some of its elements. The use of computers and modular hardware, as well as USB interface, determines the maximum frequency of the input signal at which the system may not function properly.

### 1. UVOD

Virtuelni instrument predstavlja kombinaciju hardverskih i softverskih elemenata, najčešće korišćenih sa personalnim računarom, kojima se ostvaruje funkcija klasičnog instrumenta [1, 2]. Funkcionalno, virtuelni instrumenti se mogu posmatrati kao računarski bazirani instrumenti, koji obavljaju zadatke merenja, monitoringa, akvizicije, simulacije, testiranja, itd.

Virtuelni instrumenti, najčešće projektovani u softverskom okruženju LabVIEW, poseduju osobine izuzetne fleksibilnosti, lake modifikacije rešenja, hijerarhije i modularnosti, jednostavnog povezivanja sa drugim instrumentima, sa Internetom, raznovrsne prezentacije podataka, itd. Korisnik, a ne proizvođač, definiše funkcionalnost instrumenta. Takav instrument se može naknadno adaptirati, popravljati, proširivati njegova funkcionalnost. Virtuelni instrument se sastoji od kompjutera, softvera i modularnog hardvera. Tri osnovna dela softvera virtuelnog instrumenta su prednji panel, blok dijagram i ikona sa konektorom. Korišćenje grafičkog

programiranja virtuelne instrumentacije je uklonilo neke poteškoće vezane za programiranje tekstualnim programskim jezicima, ali je pre svega skratilo vreme realizacije jednog instrumenta. Izvori merne nesigurnosti kod virtuelnih instrumenata [3] na koje treba obratiti pažnju prilikom određivanja merne nesigurnosti su: merni pretvarači, kola za kondicioniranje signala, akvizicija podataka, aplikacioni softver za merenje, računar.

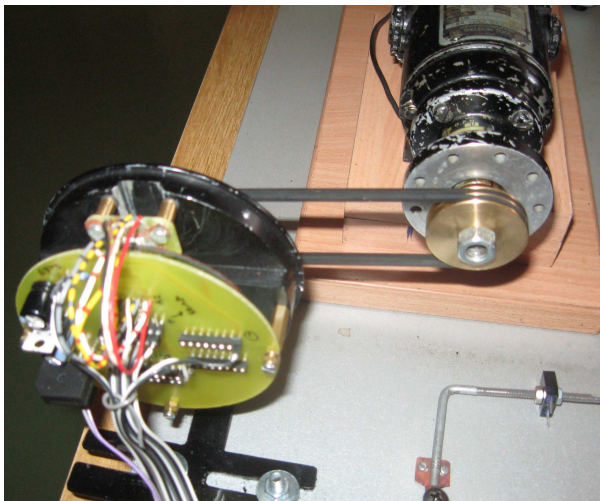
Apsolutni pseudoslučajni pozicioni enkodere se mogu koristiti za precizno merenje ugaone pozicije u različitim oblastima: industriji (mašine, motori, pokretne trake), robotici, liftovima, teleskopima, antenama, računarskim periferijama (štampači, miševi), itd. Prozor dužine  $n$ , koji klizi duž  $n$ -bitne binarne pseudoslučajne sekvence (PSBS) izdvaja jedinstvenu kodnu reč u svakom trenutku, što je iskorišćeno za određivanje apsolutne pozicije u apsolutnim pseudoslučajnim pozicionim enkoderima [4, 5]. Za razliku od klasičnih apsolutnih enkodera, kodne reči su sada longitudinalno raspoređene na kodnoj traci, pri čemu se dve uzastopne kodne reči razlikuju samo u jednom bitu. Neke od prednosti apsolutnih pseudoslučajnih pozicionih enkodera u odnosu na klasične apsolutne enkodere su: oni imaju samo jednu kodnu traku na kodnom disku enkodera, nezavisno od rezolucije enkodera; zatim oni imaju veću pouzdanost zbog mogućnosti korišćenja metoda za detekciju grešaka očitavanja koda; očitavanje koda se može realizovati korišćenjem jedne ili dve senzorske glave kao serijsko očitavanje koda, itd.

Najznačajniji funkcionalni elementi apsolutnih pseudoslučajnih pozicionih enkodera su: sistem za očitavanje koda [5, 6], sistem za sinhronizaciju očitavanja koda [5, 7, 8], sistem za detekciju grešaka očitavanja koda [9] i konvertor pseudoslučajnog u prirodni kod [5, 8, 10]. Sinhronizacija očitavanja koda može biti implementirana korišćenjem spoljašnje sinhronizacione trake, korišćenjem inkrementalno kodiranog točka ili dodatnim kodiranjem bitova pseudoslučajnog koda. Konverzija pseudoslučajnog u prirodni kod može biti urađena paralelno, što je najbrži način, serijski ili kombinacijom ove dve metode.

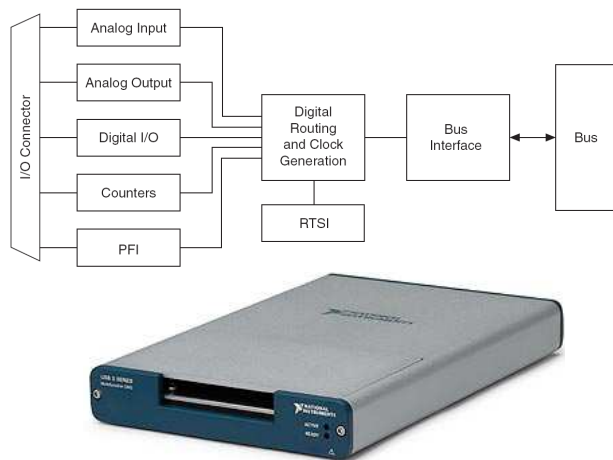
U literaturi se mogu naći realizovani virtuelni instrumenti za merenje ugaone pozicije i ugaone brzine bazirani na primeni signala iz inkrementalnih enkodera, pri čemu je princip određivanja ugaone pozicije znatno jednostavniji nego u slučaju pseudoslučajnih pozicionih enkodera [11]. U radu je predstavljen virtuelni instrument za merenje ugaone pozicije, na osnovu signala sa kodnog diska pseudoslučajnog apsolutnog enkodera.

## 2. FUNKCIONALNI ELEMENTI VIRTUELNOG INSTRUMENTA ZA MERENJE UGAONE POZICIJE

Signali koji se koriste za određivanje ugaone pozicije u realizovanom virtuelnom instrumentu su dobijeni pomoću elektronskog sistema za optičko očitavanje koda sa realizovanog diska pseudoslučajnog enkodera, slika 1. Kodni disk pseudoslučajnog pozicionog enkodera ima na sebi jednu sinhronizacionu i dve fazno pomerene 10-bitne pseudoslučajne kodne trake. Signali dobijeni elektronskim sistemom optičkog očitavanja koda se dovode na ulaze USB multifunkcionalne akvizicione kartice NI USB-6341 čija su uopštena blok šema i spoljni izgled prikazani na slici 2. Dva fazno pomerena signala sa sinhronizacione trake se koriste za određivanje smeru rotacije kao i za određivanje trenutka očitavanja pseudoslučajnog koda. Signal sa jedne pseudoslučajne kodne trake se koristi za formiranje kodne reči prilikom kretanja osovine u jednom smeru, dok se signal sa druge, fazno pomerene, pseudoslučajne kodne trake koristi za drugi smer kretanja osovine enkodera.



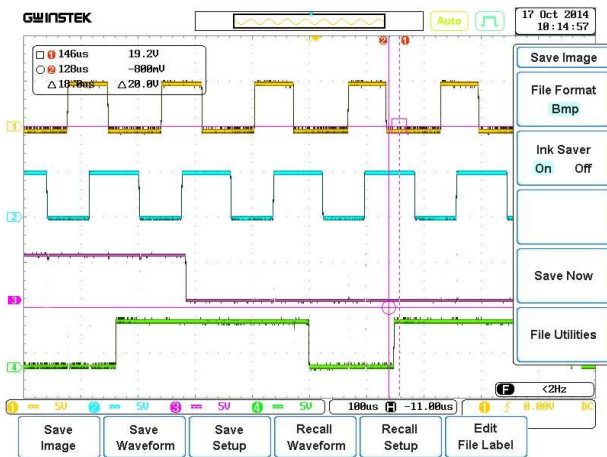
Slika 1. Kodni disk sa elektronskim sistemom očitavanja koda



Slika 2. Blok šema i spoljni izgled akvizicionih kartica X serije proizvođača National Instruments-a

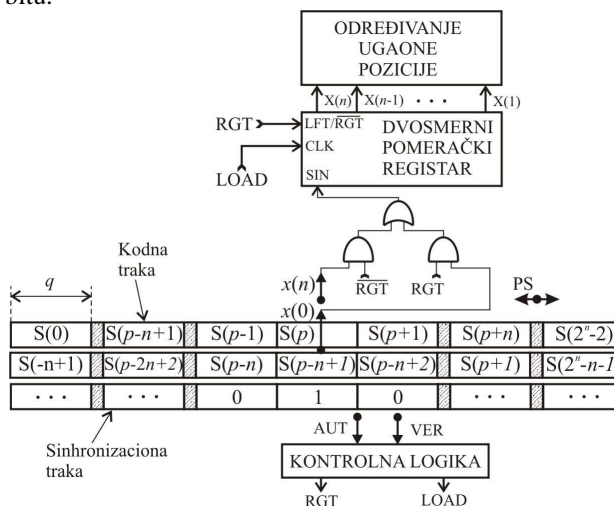
NI USB-6341 akviziciona kartica ima 16 analognih ulaza

16-bitne rezolucije sa brzinom uzorkovanja 500kS/s, 2 analogna izlaza, 24 digitalnih ulaza/izlaza, 4 brojača, itd. Signali na izlazu elektronskog sistema za očitavanje koda su takođe posmatrani i analizirani na digitalnom osciloskopu, slika 3. Prva dva digitalna TTL signala su sa sinhronizacione trake, a druga dva sa dve fazno pomerene pseudoslučajne kodne trake.



Slika 3. Signali pseudoslučajnog enkodera na ekranu digitalnog osciloskopa

Pomoću dva fazno pomerena signala sa sinhronizacione trake se dobija informacija o smeru obrtanja osovine enkodera istom metodom kao kod inkrementalnih enkodera. Na osnovu signala sa pseudoslučajnih kodnih traka se formira očitana 10-bitna kodna reč u dvosmernom pomačačkom registru virtuelnog instrumenta, iz koje se dobija informacija o poziciji u prirodnom kodu, slika 4. Signal jedne pseudoslučajne kodne trake se koristi za jedan smer rotacije osovine enkodera, a signal druge za suprotan smer rotacije osovine enkodera. Nedostatak korišćenja serijskog očitavanja pseudoslučajne binarne sekvence i dobijanja kodne reči je u tome što je nakon uključivanja sistema potrebno neko početno vreme dok se ne formira prva validna pseudoslučajna kodna reč. Posle toga se sa svakim taktom dobija nova 10-bitna kodna reč koja se u odnosu na prethodnu kodnu reč razlikuje samo u jednom bitu.

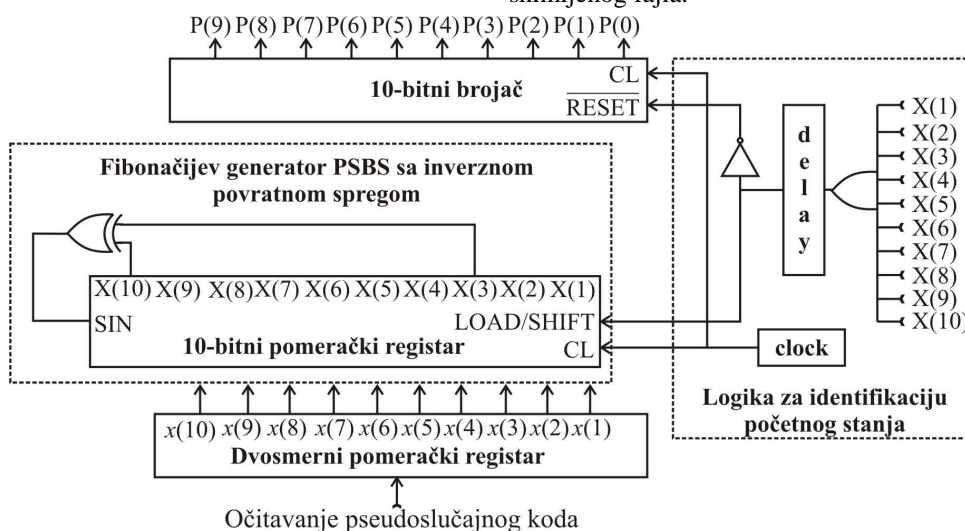


Slika 4. Formiranje očitane kodne reči u registru

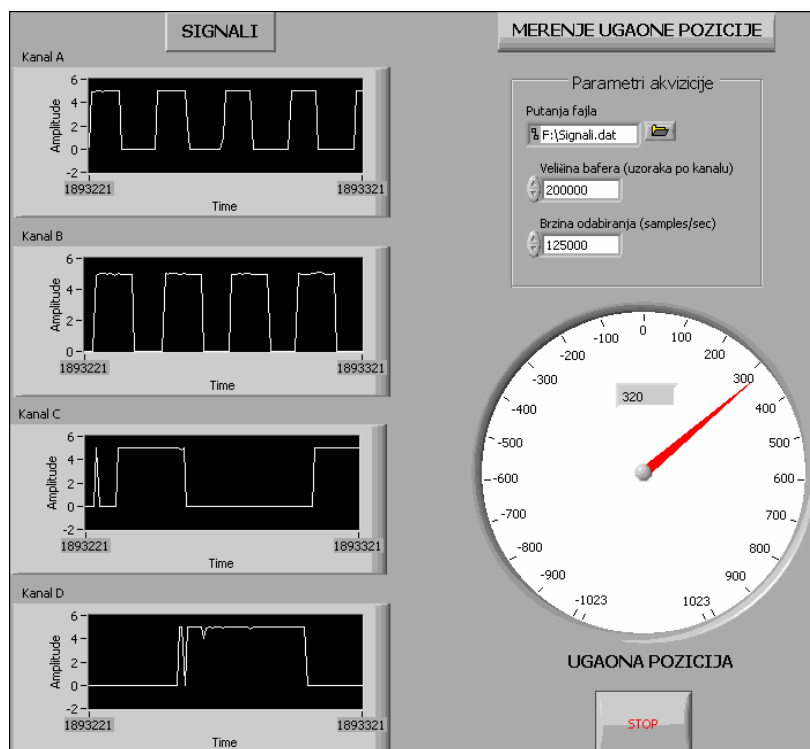
Očitana 10-bitna pseudoslučajna kodna reč, formirana u dvosmernom pomeračkom registru u blok dijagramu virtuelnog instrumenta, se konvertuje iz pseudoslučajnog u prirodni kod korišćenjem serijskog konvertora koda baziranog na Fibonačijevom generatoru 10-bitne PSBS sa slike 5. Kodna reč koja je usvojena kao početna kodna reč se koristi kao referenca sa kojom se upoređuje očitana kodna reč, kao i generisane kodne reči u Fibonačijevom generatoru u svakoj periodi takta. Kada se početna kodna reč izjednači sa kodnom reči Fibonačijevog generatora PSBS zaustavlja se brojač koji na svom izlazu daje informaciju o poziciji u prirodnom kodu. Povratna sprega Fibonačijevog generatora je tačno definisana za 10-bitnu PSBS i može se naći u literaturi. Mogu se primeniti neke dodatne metode koje bi ubrzale konverziju pseudoslučajnog u prirodni kod.

### 3. PREDNJI PANEL VIRTUELNOG INSTRUMENTA

Realizovani virtuelni instrument, slika 6, na svom prednjem panelu prikazuje signale u realnom vremenu sa sinhronizacione (kanal A i B), kao i sa pseudoslučajnih kodnih traka (kanali C i D). Informacija o ugaonoj poziciji je prikazana u digitalnom i analognom obliku pomoću kazaljke instrumenta. Ugaona pozicija dobijena u suprotnom smeru rotacije osovine enkodera ima negativan predznak. Na prednjem panelu virtuelnog instrumenta mogu se menjati parametri akvizicije ulaznih signala, kako bi se što bolje iskoristile mogućnosti upotrebljene akvizicione kartice. Signali se snimaju na hard disk računara, radi njihove kasnije obrade ili analize, a na prednjem panelu se može menjati lokacija i naziv snimljenog fajla.



Slika 5. Serijski konvertor pseudoslučajnog u prirodni kod



Slika 6. Virtuelni instrument za merenje ugaone pozicije

Ovaj realizovani virtuelni instrument se može naknadno modifikovati i menjati, zavisno od konkretne aplikacije. Ovakav instrument je portabilan u slučaju korišćenja lap top računara. Njegove performanse zavise od upotrebljene akvizicione kartice, kao i od upotrebljene konfiguracije računara. Sličan virtuelni instrument se može iskoristiti za merenje linearnog pomeraja pomoću pseudoslučajnih binarnih sekvenci. Elektronski blok enkodera se obično pravi korišćenjem mikroprocesora ili programabilnih FPGA kola čime se postižu maksimalne performanse. Međutim i ovako realizovano merenje ugaone pozicije može itekako naći svoju praktičnu primenu u različitim oblastima gde je potrebno precizno pozicioniranje različitih mašina, robota, teleskopa, dizalica, itd. Grafičko programiranje značajno smanjuje vreme potrebno za realizaciju ovakvog jednog sistema.

#### 4. ZAKLJUČAK

Ovakvom jednom realizacijom virtuelnog instrumenta omogućuje se jedan moderan, modularni, adaptivni sistem za merenje ugaone pozicije primenom pseudoslučajnih binarnih sekvenci baziran na konceptu virtuelne instrumentacije. Realizovani virtuelni instrument koristi modularni hardver, računar i softver, što omogućuje raznovrsna naknadna proširenja i nadograđivanja performansi. Ovaj virtuelni instrument omogućuje merenje ugaone pozicije na osnovu signala dobijenih iz elektronskog sistema očitavanja koda sa kodnog diska enkodera, kao i memorisanje tih signala, podešavanje akvizicije signala i posmatranje signala u realnom vremenu na prednjem panelu instrumenta. Ovaj virtuelni instrument se može koristiti u razvoju novih tipova pseudoslučajnih enkodera u smislu analize i digitalne obrade signala sa enkodera.

#### LITERATURA

- [1] V. Smiesko and K. Kovac, "Virtual instrumentation and distributed measurement systems", in *Journal of Electrical Engineering*, vol. 55, no. 1-2, pp. 50 - 56, 2004.
- [2] G.S. Georgiev, G.T. Georgiev, S.L. Stefanova, „Virtual instruments – functional model, organization and programming architecture“, in *Information theories & applications*, vol. 10, pp. 472-476, 2003.
- [3] X. Jing, B. Xu, C. Wang, S. Yhu, G. Pu, S. Dong, "Evaluation of measurement uncertainties of virtual instruments", in *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 27, no. 11-12, pp. 1202 - 1210, 2006.
- [4] F.J. MacWilliams, N.J.A Slone, "Pseudo-random sequences and arrays", *Proceeding of IEEE*, Vol. 64, No. 12, pp. 1715-1728, 1976.
- [5] 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.
- [6] M. Arsić, D. Denić, "New pseudorandom code reading method applied to position encoders", in *Electron. Lett.* vol. 29, pp. 893-894, 1993.
- [7] D. Denić, G. Miljković, "Code reading synchronization method for pseudorandom position encoders", in *Sensor. Actuat. A-Phys.* vol. 150, pp. 188-191, 2009.
- [8] 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.
- [9] D. Denić, M. Arsić, "Checking of pseudorandom code reading correctness", in *Electron. Lett.* vol. 29, pp. 1843-1844, 1993.
- [10] D. Denić, I. Stojković, "Pseudorandom/natural code converter with parallel feedback logic configuration", in *Electron. Lett.* vol. 46, pp. 921-922, 2010.
- [11] N. Patrascioiu A. Poanta A. Tomus, B. Sochirca, "Virtual Instrumentation used for Displacement and Angular Speed Measurement", in *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, vol. 5, no. 2, ISSN: 1998-4464, pp. 168-175, 2011.

Istraživanja u ovom radu su podržana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR32045 iz oblasti tehnološkog razvoja.

# KORISTI I UTICAJI SMART GRIDA IZ PERSPEKTIVE KLJUČNIH INDIKATORA PERFORMANSI

## THE BENEFITS AND IMPACTS OF SMART GRID FROM THE PERSPECTIVE OF KEY PERFORMANCE INDICATORS

Jelena Lukić, Miloš Radenković, Radovan Delić, Marko Momčilović  
**JP „Elektromreža Srbije“ Beograd**

**Sadržaj:** *U poslednjih nekoliko godina Smart Grid koncept ima veliki uticaj na elektroenergetski sektor i na sve delove lanca snabdevanja električnom energijom, što dovodi do znatnih promena u strukturi tržišta, poslovnih modela i usluga. Iz tog razloga, kontinuirano se povećava potreba za razvojem i implementacijom "pametnih" rešenja. Glavni fokus ovog rada je na analizi različitih aspekata "inteligencije" u mreži. Kao osnova za procenu i analizu "inteligencije" u mreži definisan je skup ključnih indikatora performansi predložen od strane predstavnika institucija Energetske zajednice i Evropske komisije. Predloženi okvir se sastoji od nekoliko karakteristika koje Smart Grid treba da ispuni i odgovarajućih indikatora koji omogućavaju merenje i praćenje statusa razvoja pametnih mreža.*

**Abstract:** *In the last few years, the Smart Grid concept has gained ground in the power utility scope, affecting all parts of the electricity supply chain, and leading to changes in market structure, business models, and services. For this reason, a need for the development of "smart" solutions and their introduction increase continuously. The main focus of this paper is to analyze different aspects of "smartness" in a network. As a basis for the evaluation and analysis of the "smartness" in a network, a set key performance indicators is suggested by the representatives of the institutions of the Energy Community and the European Commission. The proposed framework consists of several characteristics which a smart grid should meet and indicators that allow tracking the status of smart grid development.*

### 1. UVOD

Elektroenergetska preduzeća u savremenom društvu suočavaju se sa izazovima jedinstvenim po svom obimu i složenosti, počev od ograničenja monetarne prirode pa do onih od geopolitičkog značaja kao što je emisija štetnih gasova, konkurentnost na regionalnom tržištu energije, starenja radne snage kao i nepredvidivost potražnje električne energije. Uporedo sa ovim problemima javljaju se izazovi u vezi sa visokim korisničkim očekivanjima koje bi trebalo rešavati na efikativan način uz minimalne troškove, istovremeno težeći osiguranju kvaliteta i smanjenju ekonomskih gubitaka usled prekida isporuke električne energije.

Potencijalna korist od prelaska na savremene tehnologije u cilju prevazilaženja ove problematike i postizanja visokih performansi, ugrožena je usled zastarelosti sistema i infrastruktura koje nisu u mogućnosti da se integrišu sa novijim tehnologijama za upravljanje dvosmernim tokom energije [1]. Ipak, u poslednjih nekoliko decenija primećen je znatan prelazak sa tradicionalnih na napredne elektroenergetske mreže [2].

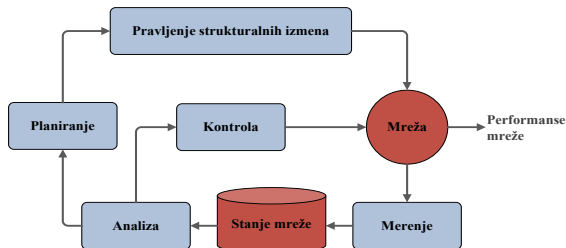
Ovakve okolnosti dovele su do pojave koncepta *Smart Grid* (pametne, napredne mreže) koji omogućava elektroenergetskim preduzećima prevazilaženje uticaja prethodno opisanih problema u svakoj od tri glavne funkcionalnosti [1]:

- Isporuka energije - pouzdana isporuka održive, ekonomične i visokokvalitetne električne energije;
- Upravljanje imovinom (sredstvima) - optimizacija planiranja, nadgledanja i korišćenja raspoloživih sredstava;
- Potrošačko zadovoljstvo - podrška i obogaćivanje svih aspekata potrošačkog iskustva u interakciji sa elektroenergetskim preduzećem.

Iako postoji veliki broj definicija smart grida, većina autora se slaže oko osnovnog skupa funkcionalnosti koje bi ovaj koncept trebalo da ponudi [2]. Smart grid koristi sofisticirane metode detekcije, ugrađenog procesiranja, digitalne komunikacije i softvera dizajniranog za upravljanje i odgovaranje na informacije u vezi sa funkcionisanjem same mreže. Kao rezultat toga, mreža i samo poslovanje preduzeća postaje vidljivo, kontrolabilno, automatizovano i integrisano, čime se podstiče povećanje pouzdanosti i efikasnosti. Pored toga smart grid nudi mogućnost boljeg upravljanja imovinom i poslovanjem, integraciju sa obnovljivim izvorima energije, distribuiranu proizvodnju i skladištenje kao ključne komponente kombinovanog snabdevanja [1].

Uvođenje Smart Grid koncepta u elektrodistributivnu aktivnost je naročito izazovna oblast istraživanja zbog aktuelnosti i značaja. Zemlje koje pretenduju da postanu deo strukture EU, imaju dodatni teret ubrzanog pristupa rešavanju integrativnih aktivnosti na postizanju održivog razvoja, kroz mere, akcione planove i strategije. Razvoj smart grida zahteva izradu eksplicitnih strategija

osmotrivosti mreže. Segmenti ove strategije razvoja već postoje u većini elektroenergetskih preduzeća, ali je neophodan dodatni razvoj kako bi se „zatvorila petlja“ i postigle kontinualne optimizacije u performansama mreže (slika 1).



Slika 1. Upotreba osmotrivosti mreže u cilju upravljanja performansama [1]

Smart grid obuhvata veliki broj tehnologija od kojih se svaka može smatrati kompleksnom naučnom tematikom. Zbog multidisciplinarnosti, veoma je teško napraviti realnu procenu globalnog uspeha implementacije smart grida.

Ovaj rad daje globalni i multidisciplinarni pogled na problem istraživanja preko skupa ključnih pokazatelja performansi (engl. Key Performance Indicators - KPIs), čijim korišćenjem se može vršiti procena stepena uspešnosti ostvarenja ciljeva smart grida. Predloženi pristup za evaluaciju koristi/uticaja smart grida baziran je na poslovnoj inteligenciji (engl. Business Intelligence – BI). Za potrebe merenja uspešnosti smart grida, definisan je skup KPIjeva.

## 2. SMART GRID: KONCEPTUALNI MODEL

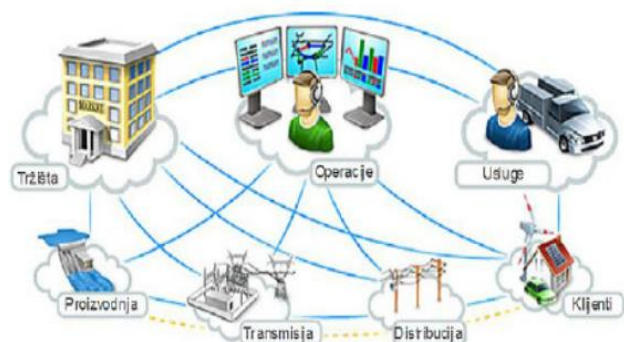
Uvođenje komunikacionih i informacionih tehnologija u tradicionalnu elektroenergetsku mrežu omogućilo je modernizaciju i razvoj nove generacije elektroenergetske mreže poznate kao Smart Grid(s) (SG).

US - termin Smart Grid se odnosi na modernizaciju sistema za snabdevanje električnom energijom koja treba da omogući nadgledanje, zaštitu i automatizovanu optimizaciju rada svih delova sistema – počev od centralnih i distribuiranih izvora preko prenosne mreže i distributivnog sistema do industrijskih industrijskih potrošača i automatizovanih energetske sistema u zgradama, instalacija za akumulaciju energije, krajnjih korisnika i njihovih termostata, električnih vozila i ostalih uređaja u domaćinstvima [3].

EU - prema European Regulators Group for Electricity & Gas (EREG) napredna mreža je električna mreža koja može efikasno (isplativo) integrisati ponašanje i aktivnosti svih korisnika koji su na nju priključeni – generatora, potrošača i onih koji obavljaju obe aktivnosti – u cilju obezbeđivanja održivog elektroenergetskog sistema sa niskim gubicima i visokim nivoom bezbednosti, kvaliteta i sigurnosti napajanja [3],[4].

Zajedničkim naporim Instituta inženjera elektrotehnike i računarstva (engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE, [www.ieee.org](http://www.ieee.org)) i Američkog nacionalnog instituta za standarde i tehnologije (engl. National Institute of Standards and Technology - NIST, [www.nist.gov](http://www.nist.gov)) pokrenut je razvoj tehnoloških standarda za uspostavljanje naprednih elektroenergetskih mreža. Konceptualni model naprednih elektroenergetskih mreža, koji je nastao iz ovih dokumenata, zasniva se na sledećim oblastima [5]:

- *masovna proizvodnja* - bitna karakteristika naprednih elektroenergetskih mreža je mogućnost trenutnog odgovora proizvodnje električne energije na trenutnu potražnju i visoka preciznost u predviđanju buduće potražnje za električnom energijom. Faktori kao što su godišnja doba, klimatske promene, vikendi i praznici, katastrofe i kvarovi bitno će uticati na trenutnu proizvodnju kao i na predviđanje potrošnje električne energije.
- *transmisija* - povezuje masovnu proizvodnju električne energije s centrima potrošača energije napredne elektroenergetske mreže.
- *distribucija* - distribuirana električnu energiju prema i od krajnjih korisnika. Distributivna mreža povezuje inteligentna brojlara i druge inteligentne uređaje, upravlja i kontroliše ih putem dvosmerne bežične ili žičane komunikacione mreže.
- *klijenti* - osnovni zadatak inteligentnog brojilara je precizna evidencija potrošene, ali i proizvedene energije predate distributivnoj mreži, upravljanje smerom toka električne energije i pružanje informacija o obrascima potrošnje energije kao i o trenutnoj i akumuliranoj potrošnji električne energije pojedinog klijenta.
- *operacije* - nadgledanje i upravljanje svim energetske tokovima između pojedinih oblasti.
- *tržišta* – uglavnom obuhvataju samostalne, nezavisne i neprofitne javne organizacije čiji je osnovni zadatak sprovođenje regulacije energetske delatnosti s ciljem efektivnog i racionalnog korišćenja energije, razvijanja konkurentnosti na području energetike, stvaranja pozitivnih uslova za investiranje u energetske sektor i očuvanja okoline.



Slika 2: Konceptualni model inteligentnih energetske mreže [5]



Koncept Smart Grid pruža jasniji, detaljniji i adekvatniji pogled na oblast pružanja usluga od nivoa preduzeća do individualnog kupca. Dakle, može se reći da je SG potpuna informaciona arhitektura i infrastrukturni sistem koji pokriva ceo lanac vrednosti električne energije, što omogućuje optimizaciju isporuke električne energije i dvosmernu komunikaciju između dobavljača i potrošača preko pametne mreže.

Komponente smart grida su tehnologije poput pametnih brojlara koje pružaju napredna merenja potrošnje energije, integrisani komunikacioni sistemi, senzori, sistemi za upravljanje distribucijom, daljinski nadzor i prikupljanje podataka kao i napredne merne infrastrukture. Skup svih ovih komponenti predstavlja Smart Grid rešenje koje pruža sisteme za podršku odlučivanju u realnom vremenu. Ovi sistemi mogu analizirati mrežu, odrediti trenutno stanje mreže i sistema elektroenergetskih preduzeća i predvideti buduća događanja. U slučaju pojave incidenata, sistemi reaguju u skladu s tim, tako što prenose informaciju o stanju sistema dobijenu preko mrežnih senzora kako preduzeću tako i potrošačima.

Strateški motivi za uvođenje inteligentnih mreža moraju se poštovati, a oni su: (1) ispunjavanje proklamovanih ciljeva koje se odnose na strateški plan Evropa „2020-20-20“ kao vizija socijalno-ekonomskog progressa u čistom „zelenom“ okruženju [2]; (2) obezbeđivanje visokog stepena energetske nezavisnosti; (3) unapređenje sigurnosti i pouzdanosti napajanja; i (4) razvoj i primena novih tehnologija. S tim u vezi potrebno je postojanje jasno definisanih metodologija i alata za:

- merenje ciljeva preko pravilno definisanog skupa pokazatelja;
- praćenje razvoja i implementacije SG;
- procenu ekonomskih i ekoloških uticaja SG;
- proveru finansijske isplativosti implementacije SG.

Ostvarivanje strateških ciljeva povezanih sa uvođenjem inteligentnih mreža se odnosi na [6]:

- distribuiranu proizvodnju u širim razmerama;
- značajnu upotrebu obnovljivih izvora energije;
- napredne merne infrastrukture (engl. Advanced Metering Infrastructure - AMI);
- sisteme za upravljanje daljinski očitanim podacima (engl. Meter Data Management - MDM);
- implementacije lokalnih mreža u budućnosti (engl. Home Area Network - HAN);
- unapređeni DMS (engl. Distributed Management System - DMS) sa integrisanim SCADA sistemom u centrima upravljanja (engl. Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA), i vizuelizacijom ključnih objekata i procesa;
- automatizaciju elektroenergetskih objekata, kao i distributivne mreže u celini;
- masovnu primenu vozila na električni pogon.

Merenje napretka ka idealnom SG sa aspekta različitih inicijativa podrazumeva [3]:

EU (Task Force EC<sup>1</sup>):

- idealne pametne mreže definisane u smislu smart grid usluga (engl. Smart Grid Services);
- definisanje krajnjeg ishoda idealnog Smart Grid-a u pogledu koristi;
- definisanje metrika za merenje napretka i rezultata preko ključnih pokazatelja uspešnosti.

US:

- idealne pametne mreže definisane u smislu Smart Grid karakteristika (engl. Smart Grid Characteris);
- Definisane metrike za merenje napretka i krajnjeg ishoda celog SG koncepta (sistemski izveštaj Odeljenja za energetiku - Department of Energy);
- Definisane metrike za merenje napretka i krajnjeg ishoda pojedinačnih projekata (American Recovery and Reinvestment Act - ARRA smernice).

Odeljenje za energetiku i Evropska komisija definisali su karakteristike idealnog smart grida kao i pokazatelje za merenje napretka i postizanja željenih rezultata implementacijom Smart Grid projekata (tabela 1).

EU (servisi)	US (karakteristike)
Omogućava integraciju korisnika sa novim zahtevima na mreži.	Podržava sve opcije proizvodnje i skladištenja električne energije.
Omogućava i potstiče jače i veće učešće potrošača u potrošnji električne energije.	Omogućava aktivno učešće potrošača.
Poboljšava funkcionisanje tržišta i pružanje usluga potrošačima.	Omogućava nove proizvode, usluge i tržišta.
Povećava efikasnost u dnevnim operacijama na mreži.	Optimizacija korišćenja sredstava i postizanje operativne efikasnosti.
Omogućava bolje planiranje budućih ulaganja u mrežu.	
Osigurava sigurnost mreže, kontrolu sistema i kvalitet isporuke električne energije.	Oprava od prekida - automatsko sprečavanje, održavanje i povratak na stabilno stanje.
	Obezbeđivanje kvaliteta isporuke električne energije za širok dijapozon potreba.

Tabela 1: karakteristike idealnog SG: servisi vs. karakteristike [3]

<sup>1</sup> EC Smart Grid Task Force predsedava Evropskom komisijom, uključuje sve relevantne evropske Smart Grid učesnike, od komunalnih preduzeća do udruženja proizvođača i potrošača, i daje savete o politici i zakonskim okvirima na evropskom nivou za uspešnu implementaciju smart grida.

SG obuhvata veliki broj tehnologija koje predstavljaju integrisano rešenje u cilju poboljšanja ukupnih performansi preduzeća i upravljanje prenosnim i distributivnim elektroenergetskim mrežama, što povećava pouzdanost usluga, smanjuje troškove i povećava energetska efikasnost. Uvođenje SG tehnologija vodi ka unapređenju informacionog sistema preduzeća i ukazuje na potrebu za analitikom u realnom vremenu. Poslovna inteligencija i upravljanje performansama su uveliko priznati od većine velikih elektroenergetskih preduzeća kao tehnologije neophodne za preduzeća koja žele da usvoje principe smart grida.

Ključni aspekt primene inteligentnih mreža u cilju poboljšanja energetske efikasnosti mogu se svesti na zadatak da akvizicija podataka i informacija od strane potrošnje može uspešno da se iskoristi za upravljanje proizvodnjom iz obnovljivih izvora energije s jedne, dok s druge strane, inteligentna mreža omogućava da se potrošnjom tako upravlja na dnevnom nivou, da za istu količinu dnevno potrošene energije vršna opterećenja (pikovi potrošnje) budu niža.

Analizom literatne u vezi sa dosadašnjim rezultatima velikog broja istraživanja koja se bave pitanjima i izazovima sprovođenja i rada različitih komponenti smart grida u realnom vremenu, utvrđeno je da je postojanje čvrste veze između izvora podataka i tačke donošenja odluka od velike važnosti za uspeh samog smart grida. Ovi trendovi će postavljati nove zahteve kako bi pametne mreže i aplikacije za pametne mreže učinili realnim u odnosu na visoke performanse poslovanja, uzimajući u obzir potencijalne uštede energije, smanjenja potražnje, angažovanje centralizovane proizvodnje i periode otplate.

### 3. SMART GRID: KLJUČNI INDIKATORI PERFORMANSI

Ključni indikatori performansi i odgovarajuće metrike služe za kvalitetno ocenjivanje i donošenje odluka u vezi s realizacijom postavljenih ciljeva smart grida. U okviru BI okruženja, KPI su predstavljeni pomoću pokazatelja, kontrolnih tabli ili jednostavnih grafika na web portalu ili sličnom interfejsu. Iz kontrolnih tabli, rukovodioci mogu da propadnu do detaljnih podataka o performansama, što zahteva postojanje prečišćenih, konzistentnih i pouzdanih podataka iz izvornih sistema na fleksibilan način.

Stvaranje operativne inteligencije je jedan važan aspekt analitike, ali u Smart Grid okruženju postoji veliki skup varijabli koji je potrebno uzeti u obzir. Ključni kriterijum pri odgovaranju na izazove u smislu podataka pametne mreže je efektivno korišćenje prave analitike kako bi se, preko definisanja odgovarajućih merenja i KPI-jeva, veliki skup podataka pretvorio u korisne informacije i poslovnu inteligenciju.

Zakonom o energetici nije direktno definisana obaveza operatora da prate ostvarene performanse kvaliteta, ali ona proističe iz njihove obaveze da obezbede sigurnu i kontinuiranu isporuku električne energije, kao i održavanje, funkcionisanje i razvoj sistema koji će biti usklađen sa potrebama kupaca kojima isporučuju električnu energiju. Kako bi obavljali ove uloge, operatori sistema moraju redovno pratiti performanse isporučene električne energije, kao i potrebe i zahteve korisnika u tom pogledu. Standardi kvaliteta snabdevanja električnom energijom i usluge utvrđuju se i prate na osnovu:

- *kontinuiteta snabdevanja* (engl. continuity of supply) - odnosi se na dostupnost električne energije;
- *kvaliteta napona* (engl. voltage quality) - tehnički aspekt električne energije koji se prati evidentiranjem žalbi potrošača na kvalitet napona;
- *komercijalnog kvaliteta* (engl. commercial quality) - određuje brzinu i tačnost rešavanja žalbi i zahteva potrošača.

Elektroenergetska preduzeća mere svoju uspešnost preko velikog broja kvalitativnih i kvantitativnih procena. Iz tog razloga merenje performansi procesa preko ključnih pokazatelja performansi radi dobijanja prave informacije predstavlja veliki izazov. Neophodno je odabrati odgovarajuće indikatore koji odražavaju jasnu sliku različitih dimenzija (socijalnih, ekonomskih, političkih, geografskih i ekoloških). Indikatori treba da obezbede razumevanje doprinosa pojedinih aktivnosti ostvarenju širih ciljeva.

Jedno od glavnih razmatranja ovog rada jeste mogućnost prevazilaženja poteškoća pri analizi smart grid podataka i pretvaranje velikog skupa podataka u korisne informacije i poslovnu inteligenciju, korišćenjem ključnih pokazatelja performansi. Da bi se merio napredak implementacije smart grida, neophodno je formulisati skup višenamenskih ključnih pokazatelja koji su primenjivi na elektroenergetsku mrežu. Ovi pokazatelji mogu biti korišćeni od strane regulatora za procenu implementacije smart grida kako na državnom tako i na evropskom nivou. Kako bi korektan KPI bio izabran potrebno je imati visok stepen znanja o potrebama samog preduzeća. Smart grid direktno utiče na rad operatora prenosnog sistema. Operator prenosa električne energije mora u realnom vremenu usklađivati proizvodnju i potražnju energije kroz balansne mehanizme na tržištu.

Iz ugla operatora prenosnog sistema, smart grid bi trebalo da ponudi sledeće efekte, koristi i potencijalne pokazatelje performanse koji pokrivaju četiri glavne aktivnosti mrežnog operatora (planiranje, investicije, operativna i tržište). Ovi efekti, koristi i KPIjevi predstavljeni su u tabeli 2.

EFEKTI/KORISTI	POTENCIJALNI KPI	ULOGA POSLOVNE INTELIGENCIJE
<b>UPRAVLJANJE MREŽOM I KONTROLA</b>		
Povećanje stepena održivosti – ublažavanje socijalnih i ekoloških uticaja prenosne mreže.	Kvantifikovano smanjenje karbonskih emisija.	Korišćenje analitika unutar smart grida može pomoći za pospešavanje ekoloških performansi i lakše pridržavanje i usvajanje standarda [8].
	Ekološki uticaji distribucione mreže.	
	Kvantifikovano smanjenje rizika i nesreća vezanih za rad, održavanje i izgradnju mreže.	
Kapacitet prenosne i distributivne mreže - obezbeđivanje dovoljno kapaciteta za distributivnu mrežu kao i za „prikupljanje“ i isporuku električne energije kupcima.	“Hosting” kapacitet za distribuirane energetske resurse.	Poslovna inteligencija može koristiti parametre pametnog merenja kako bi se osigurao veći uvid u performanse sistema i upotrebe sredstava i samim tim omogućiti bolja predviđanja za trgovinu i proizvodnju električne energije.
	Maksimalno “upumpavanje” električne energije u mrežu bez rizika od zagušenja unutar prenosne mreže i u odnosu na maksimalnu potražnju.	
	Optimizovano korišćenje kapitala i sredstava.	
	Energija koja nije povučena iz obnovljivih izvora zbog zagušenja.	
Povezivanje na mrežu kao i pristup svim kategorijama mrežnih korisnika.	Vreme potrebno za povezivanje novog korisnika.	Integracija velike količine podataka o tokovima električne energije u dalekovodima, radi preciznijih proračuna tokova energije na tržištu.
	Uniformnost mrežnih povezivanja.	
	Inovativne metode za izračunavanje tarifa.	
	Optimizacija novog dizajna opreme u cilju postizanja najboljeg odnosa cena/korist.	
<b>ENERGETSKE TEHNOLOGIJE</b>		
Napredna sigurnost i kvalitet snabdevanja - dozvoljava veću fleksibilnost i kontrolabilnost energetskih tokova čime se omogućuje povećanje kapaciteta prenosa.	Odnos između sigurno raspoloživog proizvodnog kapaciteta i maksimalne potražnje.	BI analize omogućavaju procene planiranih vrednosti prenosnih kapaciteta u odnosu na stvarne vrednosti kapaciteta, što omogućava utvrđivanje dugogodišnjih trendova. Takođe postoji mogućnost otkrivanja obrazaca ponašanja (paterna) kao što su sistematske devijacije ili periodična odstupanja unutar jedne godine.
	Udeo energije koja potiče iz obnovljivih izvora energije.	
	Stepen zadovoljstva korisnika mreže.	
	Stabilnost snage i samog sistema.	
	Trajanje i učestalost prekida po potrošaču.	
	Kvalitativno merenje napona.	
Efikasnost i kvalitet usluga u snabdevanju električnom energijom i samoj mreži.	Stepen gubitaka električne energije u prenosnim i distribucionim mrežama.	Komunikacija u realnom vremenu između analitičkog dela i delova koji se bave proizvodnjom i potražnjom električne energije potrebna je radi efikasnih i efektivnih odluka u vezi sa trgovinom električnom energijom. Pored toga, mogu se donositi odluke u cilju postizanja veće pouzdanosti mreže, praćene obaveštenjem u realnom vremenu o statusu mrežne opreme i njihovom radu [8].
	Odnos između minimalne i maksimalne potražnje električne energije u određenim periodima.	
	Procenat korišćenja elemenata električne mreže.	
	Stvarna dostupnost kapaciteta mreže u odnosu na njegovu standardnu vrednost.	
	Dostupnost mrežnih komponenti i njihov uticaj na performanse mreže.	
<b>PRAVILA TRŽIŠTA</b>		
Prekogranina tržišta električne energije - efektivna podrška za međunarodnu trgovinu električnom energijom.	Odnos između interkonektivnih kapaciteta i potražnje za električnom energijom unutar jedne države.	Poslovna inteligencija omogućava real-time informacije o potražnji i proizvodnji u cilju donošenja odluka vezanih za trgovinu
	Eksploatacija interkonektivnih kapaciteta	

	(odnos između jednosmernog prenosa električne energije i neto prenosnog kapaciteta ).	električnom energijom. Razmena podataka između učesnika na tržištu u realnom vremenu omogućava bolju funkcionalnost samog tržišta kao i prekograničnu saradnju.
	Broj pojave zagušenja na interkonektivnim kapacitetima.	
Stepen učešća na tržištu - povećana svest korisnika kao i učešće na tržištu od strane novih igrača.	Učešće potražne strane na tržištu električne energije i u merama za osiguranje energetske efikasnosti.	Sistemi poslovne inteligencije u realnom vremenu, zahvaljujući pojavi koncepta smart grida, omogućavaju optimizaciju prenosa električne energije i efikasno upravljanje potražnjom. Detaljniji pokazatelji energije su potrebni da bi se napravila veza između pokretača potražnje i njihovog uticaja na ukupnu potrošnju električne energije.
	Procenat potrošača u odnosu na vreme upotrebe/kritične pikove potrošnje/ i dinamike cena u realnom vremenu.	
	Procenat učešća korisnika povezanih sa nižih naponskih nivoa na pomoćne servise.	
<b>PAN-EVROPSKA GRID ARHITEKTURA</b>		
Koordinisani razvoj mreže kroz zajednično evropsko, regionalno i lokalno planiranje radi opimizacije mrežne infrastrukture.	Uticaj pojave zagušenja na ishode i cene nacionalnih/regionalnih tržišta.	Unapređenjem podataka i tokova podataka između učesnika na tržištu, poslovna inteligencija poboljšava performanse i pouzdanost trenutnih tržišnih procesa, što dovodi do povećanja i ukupnog zadovoljstva potrošača.
	Stepen ostvarenja društvene koristi/troškova predloženih ulaganja u infrastrukturu.	
	Vreme potrebno za licenciranje/ autorizaciju nove infrastrukture za prenos električne energije.	
	Vreme potrebno za izgradnju novih infrastruktura za prenos električne energije.	

Tabela 2: Uticaj/korist smart grida i lista potencijalnih ključnih indikatora performansi [4], [7], [8], [9]

#### 4. ZAKLJUČAK

Energetski sektor u savremenim društvima se suočava sa sve većim pritiskom od strane potrošača, preduzeća i vlade u cilju obezbeđenja novih načina za povećanje energetske efikasnosti. Napredne mreže i merni sistemi su uveliko prepoznati kao rešenje koje će omogućiti višu pouzdanost i kvalitet isporuke električne energije. Poboljšanje pokazatelja energetske efikasnosti širom primenom inteligentnih mreža prate specifične teškoće i slabosti, ali i šanse i prednosti.

Ključni indikatori performansi predstavljeni u ovom radu temelje se na sugestijama ERGEG i Evropske komisije Smart Grid Task Force. Mnogi od ključnih pokazatelja uspešnosti su zavisni od nekoliko učesnika u lancu snabdevanja električnom energijom. Indikatori koji su predloženi u ovom radu, pored same procene ispunjavanja ciljeva implementacije smart grida u realnim uslovima, ukazuju na bitnu ulogu elektroenergetske mreže u cilju ostvarenja evropskih polisa za održivost, konkurentnost i sigurnu isporuku energije.

Fokus budućeg rada će biti na detaljnijoj definiciji KPIjeva i prezentaciji konkretnih rezultata postignutih njihovom implementacijom.

#### LITERATURA

- [1] Accenture, 2010. *Achieving High Performance in Smart Grid Data Management Making*
- [2] Personal, E., Guerrero, J.I., Garcia, A. Pena, M. and Leon, C. „Key performance indicators: A useful tool to assess Smart Grid goals“, Elsevier, 2014.
- [3] Giordano, V., Bossart, S. „Assessing Smart Grid Benefits and Impacts: EU and U.S. Initiatives“, Joint Report EC JRC – US DOE, 2012.
- [4] ERGEG, 2010. Conclusions Paper. Position Paper on Smart Grids. An ERGEG Public Consultation
- [5] Lukičić, M. „M2M komunikacije u primjeni naprednih elektroenergetskih mreža“, Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Hrvatska, 2011.
- [6] Rajaković, N. „Energetska efikasnost u kontekstu šire primene inteligentnih elektroenergetskih mreža“, Naučno-stručni simpozijum Energetska efikasnost | ENEF 2013, Banja Luka, 22. – 23. 2013.
- [7] EG3 Deliverable, 2011. *EU Commission Task Force for Smart Grids Expert Group 3: Roles and Responsibilities of Actors involved in the Smart Grids Deployment EG3 Deliverable - EC TF for Smart Grids – EG3 – Roles and Responsibilities.*
- [8] Accenture, 2011. *Ten Leading Practices for Smart Grid Analytics.*
- [9] SGSR, 2009. *A Smart Grid System Report.* U.S. Department of Energy

## Arhiviranje informacija u Komercijalnoj banci Archiving information in Komercijalna banka

Ivan Stojić, Mladen Obradović  
Komercijalna banka a.d. Beograd

**Sadržaj:** Velika količina podataka koja se pohranjuje u bazama podataka i na diskovima Windows servera, ali i klijentskih radnih stanica čini Informacioni sistem Komercijalne banke izuzetno složenim za održavanje u svakodnevnom operativnom radu. Imajući u vidu i ogroman broj baza podataka koje rade na velikom broju database servera, postavlja se pitanje na koji način održavati ovakav složen sistem tako da se zadovolje zahtevi klijenata i zaposlenih Banke za dostupnost svih podataka koji se njih tiču, ali i da se storage prostor koristi racionalno i da se obezbedi odlična performantnost u pristupu podacima. Da bi se odgovorilo na ovaj ozbiljan izazov, doneta je odluka da se na sistemski način uvede redovno, automatsko arhiviranje informacija i podataka kako kroz operativan rad zaposlenih u Banci, tako i kroz implementaciju odgovarajućeg rešenja za arhiviranje informacija. Rešenje za arhiviranje informacija se pre svega odnosi na arhiviranje elektronske pošte i dokumenata u okviru DMS sistema, ali je moguće proširiti ga i na druga softverska rešenja kao što je na primer SharePoint Portal.

**Apstrakt:** Large quantity of data which are stored in various data bases and disks of Windows servers and also on clients' works stations make the information system of Komercijalna Banka complex for daily maintenance. Considering the vast number of data bases which are operating on large numbers of data base servers, a question arises as how to maintain such a complex system so as to satisfy the requests from the clients and employees of the Bank taking into account the availability, consumption of disk space and good performance of the required data. So as to answer to this serious challenge, a decision was made, on a system level to implement regular, automatic archiving of data through daily tasks of employees and also through implementing a suitable solution for archiving data. The solution for archiving data is used predominantly for archiving electronic mails and documents in the DMS system but this solution can be used for other software solutions such as SharePoint Portal.

### 1. UVOD

U Komercijalnoj banci aspekt arhiviranja informacija je od izuzetnog značaja. Pod arhiviranjem se podrazumeva skladištenje podataka radi dužeg čuvanja na odgovarajućem medijumu namenjenom za tu svrhu, a u svrhu povremenog pristupa ovim podacima. U tom

smislu postoji redovna aktivnost arhiviranja bankarskih podataka sa odgovarajućih baza podataka i servera, a 2013. godine je pokrenut i projekat Implementacija rešenja za arhiviranje informacija. Navedeni projekat je rađen po PMI metodologiji, a glavni akcenat je bio na arhiviranju elektronske pošte i dokumenata u okviru DMS sistema. Potencijalnim ponuđačima je prosleđen „Poziv za dostavljanje ponude“ u avgustu 2013. godine, a u dostavljenim ponudama izdvojile su se dve ponude koje su mogle da zadovolje sve zahteve Banke, tako da je implementacija projekta završena u junu 2014. godine.

Iako navedene aktivnosti arhiviranja bankarskih podataka i arhiviranja elektronske pošte nemaju direktne veze, sam princip arhiviranja je dosta sličan i može se primeniti i na druge sisteme.

### 2. MEDIJUM ZA ARHIVIRANJE

U implementaciji rešenja za arhiviranje, poseban značaj ima odabir medijuma za arhiviranje. Medijum za arhiviranje može da bude bilo koji storage prostor, ali za arhiviranje email-ova i dokumenata postoje storage uređaji posebno namenjeni za arhiviranje.

Odabrano rešenje koristi storage uređaj EMC Centera. EMC Centera predstavlja IP network storage platformu specijalno dizajniranu za aktivno, digitalno arhiviranje sadržaja koji se ne menja i obezbeđuje autentičnost sadržaja, usklađenost sa relevantnim governance i compliance standardima, kao i visoku dostupnost. Implementirana su 2 uređaja, jedan na primarnoj, jedan na rezervnoj lokaciji i uspostavljena je replikacija između istih. Obezbeđenje autentičnosti sadržaja znači da kada se podatak jednom arhivira, podatak je nemoguće obrisati ili izmeniti. Podatak se automatski uklanja iz arhive kada istekne podešeno vreme polise za arhiviranje, i jedini način da se korisnički ovaj podatak obriše jeste praktično formatiranje ili fizičko uništenje samog storage-a.

Platforma je potpuno otvorena, kompatibilna sa svim tipovima podataka i aplikacijama, a sa druge strane potpuno nezavisna od infrastrukture sa kojom se povezuje.

### 3. ARHIVIRANJE PODATAKA

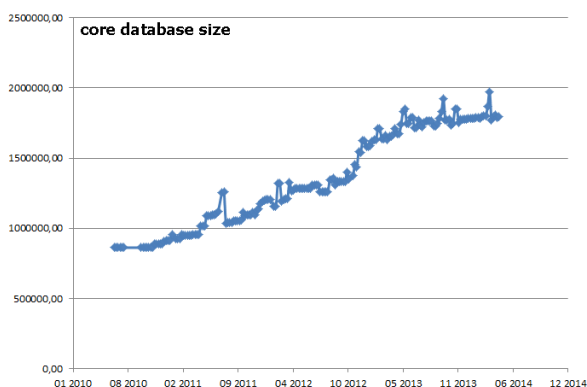
#### Uvod

U Komercijalnoj banci se u bazama podataka skladišti velika količina podataka. Sve produkcijske baze podataka rade na Enterprise storage-u koji omogućava velike brzine upisa i čitanja podataka. Kako se količina podataka u bazama podataka konstantno povećava, pojavila se logična potreba za arhiviranjem ovih podataka na jeftiniji storage manjih brzina.

Najveći broj aplikacija u Komercijalnoj banci, uključujući i baze za CORE banking, radi sa bazama na MS SQL Server platformi. Na 15 produkcijskih servera, radi oko 250 baza podataka, od koji svaka ima svoj trend rasta, i zahtevani period čuvanja podataka.

#### Kriterijumi arhiviranja

Arhiviranje podataka u Komercijalnoj banci je počelo intenzivnije da se razmatra nakon uvođenja novog CORE sistema 2008. godine. U trenutku migracije podataka sa IBM DB2 na MSSQL platformu, veličina CORE baze je bila oko 80GB, dok u ovom trenutku ona iznosi oko 2TB. Paralelno sa CORE sistemom, razvijao se i ostali, prateći deo informacionog sistema Banke. Kreirano je dosta aplikacija za potrebe izveštavanja, nabavljani su različiti softveri za unapređenje rada informacionog sistema, ali su razvijane i posebne interne aplikacije za različite potrebe. Sve ovo je zahtevalo da se definiše način izbora baza koje treba da se arhiviraju, a nakon toga i da se odredi kriterijum arhiviranja.



Slika 1 – Rast CORE baze podataka

Uvedena su dva neformalna načina izbora baza kandidata:

- veličina baze je veća od 200GB
- postoji konstantna tendencija rasta baze od 100GB
- u jednoj bazi postoji jedna ili nekoliko tabela koje su značajno veće od svih ostalih tabela.

Navedeni kriterijumi nisu striktni, ali daju okvirni opis koja je baza kandidat za arhiviranje.

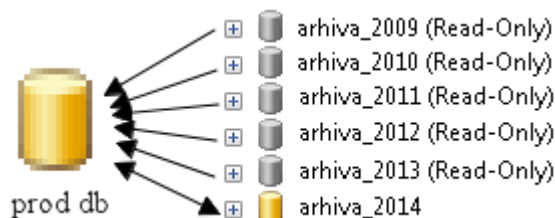
Kada se odredi baza koja treba da se arhivira, u kontaktu sa organizacionim delom zaduženom za rad aplikacije koja koristi ovu bazu, definiše se sam kriterijum arhiviranja.

Kao kriterijum arhiviranja obično se uzima godina za koju podaci više nisu neophodni da budu brzo dostupni ili to može da bude vremenski period (npr. podaci stariji od dve godine). Arhiviranje može da se vrši jednokratno ukoliko rast baze nije prevelik, a ukoliko je tendencija rasta baze konstantna, arhiviranje se vrši periodično (dnevno, nedeljno, mesečno, kvartalno, godišnje).

#### Način arhiviranja

Osnovni cilj arhiviranja podataka iz produkcijskih baza je rasterećenje skupih enterprise diskova i prebacivanje podataka kojima se ne pristupa često na sporije, jeftinije diskove. Ovim ne samo što se oslobađa potreban prostor za nove podatke koji se upisuju u bazu, nego se i poboljšavaju performanse same baze podataka produkcijskih sistema.

U Komercijalnoj banci je za potrebe arhiviranja kreiran poseban database server, kome su dodeljeni spori diskovi za potrebe skladištenja arhivskih baza. Arhivske baze se pune posebnom dinamikom definisanom za svaku bazu posebno. U najvećem broju slučajeva, u arhivske baze se prepisuju podaci sa produkcijskih baza van redovnog radnog vremena, najčešće noću ili tokom vikenda. Kada se podaci u arhivsku bazu prepisuju, originalni podaci iz produkcijske baze se brišu, a po potrebi se u produkcijskoj bazi kreiraju pogledi koji omogućavaju aplikaciji da i dalje pristupa arhiviranim podacima, a da korisnik aplikacije nije ni svestan da se podatak nalazi na drugom serveru, na sporijim diskovima.



Slika 2 – Pristup arhivskim podacima

#### Period čuvanja podataka u arhivi

Većina podataka koji se prepisuju u arhivu čuvaju se trajno, obezbeđuju se na isti način kao što se obezbeđuju i produkcijski podaci, backup se vrši najčešće na trake zbog dužeg perioda čuvanja. Trajni period čuvanja arhiviranih podataka odnosi se na sve tabele finansijskih

transakcija: promet partija tekućih računa, promet po partijama deviznih računa, važni finansijski izveštaji itd.

Neki podaci nakon arhiviranja treba da budu i dalje dostupni, ali nakon nekog vremena više nisu potrebni. Na primer poruke elektronske banke generišu veliku količinu podataka i neophodno ih je arhivirati dnevno, ove poruke moraju biti dostupne i nakon arhiviranja, ali kada prođe šest meseci do godinu dana od arhiviranja, ove poruke se brišu iz arhive.

Za neke baze, odnosno tabele u ovim bazama koje služe za izveštavanje i sadrže u sebi tabele sa datumskim sufiksom, nije neophodno ne samo trajno čuvanje, nego im se nakon arhiviranja i ne pristupa. U tom slučaju, ove tabele se arhiviraju u neku privremenu bazu, izvrši se backup na trake ove privremene baze sa periodom čuvanja između jedne i tri godine i nakon toga se ova baza obriše.

#### 4. ARHIVIRANJE ELEKTRONSKE POŠTE

##### Uvod

U okviru projekta Implementacija rešenja za arhiviranje informacija je implementirano rešenje za arhiviranje elektronske pošte (e-mail).

Razlog iniciranja ovog projekta leži u činjenici da razmena elektronske pošte predstavlja jedan od najznačajnijih vidova komunikacije kako unutar Komercijalne banke, tako i sa eksternim partnerima i korisnicima, a ovakvim načinom korišćenja e-mail sistema značajno se povećava količina podataka koju zaposleni uglavnom čuvaju na svojim radnim stanicama.

Čuvanje e-mailova na radnim stanicama ili na odgovarajućim prenosnim medijumima predstavlja sigurnosni rizik kako sa stanovišta gubitka važnih informacija, tako i sa stanovišta moguće zloupotrebe. Stoga je na početku implementacije postavljen cilj da se obezbedi potpunu raspoloživost i transparentnost celokupne e-mail komunikacije, brzu pretragu po arhiviranim e-mailovima, kao i očuvanje integriteta i autentičnosti podataka.

Poseban izazov predstavljala je činjenica da elektronsku poštu koristi preko 2000 zaposlenih i da je sve izmene u radu sa elektronskom poštom bilo potrebno detaljno dokumentovati i prezentovati zaposlenim koji nisu obavezno IT stručnjaci.

##### Načini arhiviranja

Implementirano rešenje omogućava tri načina arhiviranja elektronske pošte: journaling, istorijsko i ručno arhiviranje.

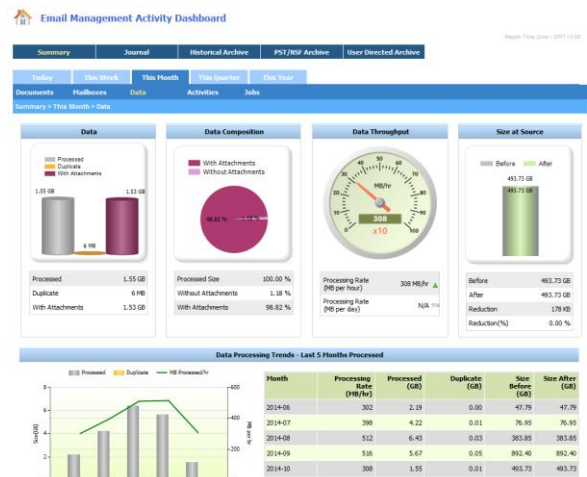
Journaling arhiviranje elektronske pošte funkcioniše na način da se e-mail automatski arhivira i pre nego što je

stigao u inbox zaposlenog. Ova metoda se koristi za potrebe zadržavanja potpune autentičnosti elektronske prepiske, koristi se uglavnom za potrebe revizije, a u kombinaciji sa odgovarajućim medijumom za skladištenje podataka, može da posluži kao pismeni dokaz u slučaju nekog spora.

Istorijsko arhiviranje elektronske pošte funkcioniše na način da se e-mail automatski arhivira ukoliko je stariji od nekog definisanog vremena, koje se podešava u rešenju za arhiviranje, a odnosi se na zaposlene koji pripadaju određenim domenskim grupama. Ova metoda je u praksi najčešća i omogućava korisniku da pre arhiviranja napravi selekciju i obriše e-maileve koje ne želi da arhivira.

Ručno arhiviranje elektronske pošte isključuje opciju automatskog arhiviranja i zahteva od samog korisnika da na neki način označi e-maileve koje želi da arhivira. Ova metoda se najčešće koristi u slučaju nedostatka prostora za arhiviranje ili u slučaju da pojedini e-mailovi treba da se arhiviraju po posebnoj polisi.

Tri navedena načina arhiviranja e-mailova mogu da se međusobno kombinuju primenom odgovarajućih uslova arhiviranja. Na primer, moguće je konfigurisati politu tako da se sva elektronska prepiska koja stiže sa adrese „@nbs.rs“ arhivira po metodu journaling, sva prepiska koja stiže sa adrese „@kombank.com“ arhivira istorijski, a svaki drugi e-mail može da se arhivira ručno.



Slika 3 – Statistika arhiviranih e-mailova

##### Implementacija

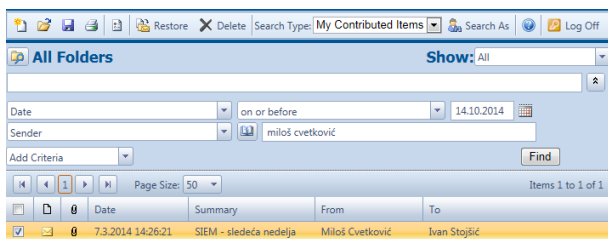
Implementirano rešenje za arhiviranje elektronske pošte koristi kombinaciju istorijskog i ručnog arhiviranja, a sve se arhivira na EMC Centera storage uređaju.

Prvobitna namera je bila da se uključi arhiviranje metodom journaling, ali nakon testiranja ove

funkcionalnosti na reprezentativnom uzorku, ispostavilo se da bi se kompletan dodeljeni storage prostor prepunio u roku od godinu dana. Zbog toga se odustalo od ove opcije i implementirano je istorijsko arhiviranje, ali samo za oko dve stotine zaposlenih koji pripadaju menadžmentu. Period čuvanja ovih email-ova u arhivi je podešen na tri godine, a svi zaposleni imaju mogućnost ručnog arhiviranja sa istim vremenom čuvanja.

Sektor pravnih poslova u Banci je imao zahtev da deo njihove elektronske korespondencije treba da se čuva i deset godina, definisana je polisa čije vreme čuvanja je deset godina, a namenjena je isključivo za ručno arhiviranje.

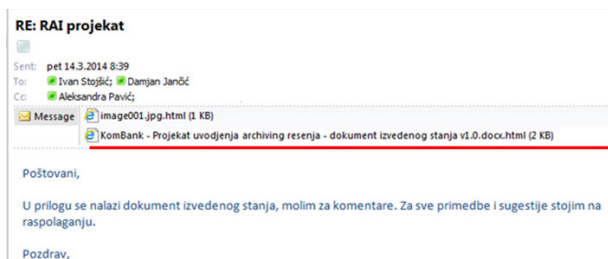
Implementirano rešenje za arhiviranje elektronske pošte omogućava pristup arhiviranim e-mailovima preko odgovarajućeg web interfejsa.



Slika 4 – Korisnički interfejs

Korisnički interfejs omogućava pretragu arhivirane elektronske pošte po svim mogućim kriterijumima, a najčešći su: vreme, pošiljalac, subject itd.

Postoji i mogućnost delimične integracije arhiviranih e-mailova sa MS Outlookom, na način da se umesto brisanja e-maila sa mail servera, izvrši uklanjanje priloga e-maila i zamena odgovarajućim linkom ka arhivskoj lokaciji. Svrha delimične integracije je ušteda prostora na mail serveru sa zadržavanjem osnovnih informacija u telu maila.



Slika 5 – Prilog zamenjen linkom na arhivsku lokaciju

Svaki e-mail koji postoji u arhivi moguće je otvoriti iz Outlook-a, ali je moguće i izvršiti „restore“, odnosno u potpunosti ga vratiti na mail server. Vraćeni e-mailovi će se ponovo automatski obrisati sa mail servera kada se pokrene redovna automatska aktivnost arhiviranja i brisanja.

## 5. ARHIVIRANJE DOKUMENATA

### Uvod

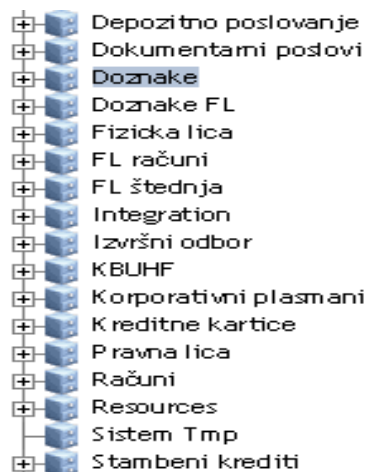
U Komercijalnoj banci je u toku 2010. godine realizovan projekat za upravljanje dokumentima (skraćeno DMS), EMC Documentum (Enterprise Content Management platform) koji omogućava kompletno upravljanje informacijama u toku njihovog životnog ciklusa. Platforma podržava veliki broj operativnih sistema, baza podataka i aplikativnih servera i pruža jedinstveno rešenje za analizu sadržaja, pretragu, centralizovanu administraciju, sigurnost informacija, usklađenost sa zakonskim regulativama i višjezičku podršku.

Imajući u vidu veliku količinu informacija koja se svakodnevno generiše (oko 20GB podataka tj oko 50.000 dokumentata), odlučeno je da se platforma proširi i uvede dodatni sistem za arhiviranje podataka, koji bi garantovao autentičnost informacija, visoku dostupnost, redundantnost i jednostavnost pristupa.

Izazov je bio rešenje za backup/restore proceduru za celokupno okruženje u kome samo server na kome se smeštaju podaci (Content server)ima oko 33 miliona dokumenata (oko 4.35TB podataka). Paralelno sa ovim, postojao je i zahtev poslovne strane i regulatornih organa da svaki dokument mora bit klasifikovan sa aspekta tajnosti podataka (interno, poverljivo i strogo poverljivo). Ovo je predstavljalo dodatni izazov na koji je DMS tim trebalo da odgovori.

### Implementacija

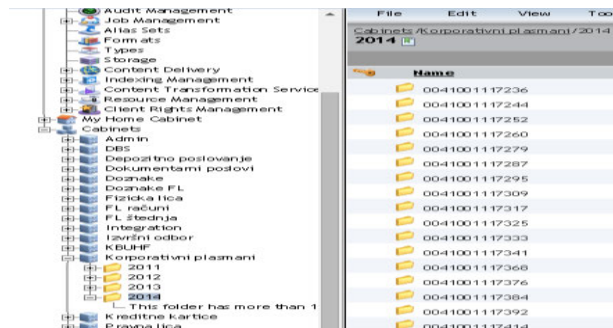
Četrnaest poslovnih procesa koristi usluge DMS-a (Document Management System). Dokumenti mogu biti proizvod samog procesa ili ulaz u proces. Sadržaj je smešten na diskovima na content serveru (file server). Sav sadržaj je smešten u logičke celine koje se u Documentum terminologije nazivaju kabineti. To su logičke celine najvišeg hijerarhijskog nivoa. Nazivi su definisani na osnovu naziva poslovnog procesa kom su pridruženi. U DMS-u Komercijalne banke egzistiraju sledeći kabineti (slika 6):



Slika 6- Kabineti



Unutar svakog kabineta su definisane logičke celine nižeg hijerarhijskog nivoa koje se odnose na poslovnu godinu. Unutar njih su definisane logičke celine čiji nazivi zavise od specifičnosti poslovnog procesa. Primer prikazan na slici 7 u nastavku se odnosi na poslovni proces „Korporativni plasmani“ (Kreditni pravnih lica)



Slika 7- Logičke celine

Količina dnevno generisanih dokumenata uslovljavala je proširenje prostora za smeštanje dokumenata na svaka 3-4 meseca. Kada se uzme u obzir raznolikost tipova podataka u poslovnim procesima i njihovih životnih ciklusa bilo je veoma teško definisati pravila i uslove za arhiviranje podataka na EMC Centera uređaj. Izabran je scenario u kome DMS sistem (preko odgovarajućih API-a) kontroliše životni vek podataka, čime je postignuto optimalnije iskorišćenje prostora na Centeru. Sve aktivnosti su realizovane u intezivnoj saradnji sa partnerom. Pri određivanju strategije prebacivanja sadržaja na Centeru značajno je učestvovala i poslovna strana, naročito sa aspekta definisanja sadržaja koji treba da bude migriran. Prvi predlog je bio da se na Centeru prebace sve partije kredita pravnih lica koje su ugašene. Nakon završetka migracije ugašenih kreditnih partija pravnih lica zaključeno je da je efekat minimalan. Migrirano je oko 200GB što je predstavljalo vrlo mali procenat. Sledeći kandidati su bile loro i nostro doznake fizičkih i pravnih lica. Pošto njihov životni ciklus traje od 3 do 5 dana, zaključeno je da predstavljaju zadovoljavajuće kandidate, ali ni ovim nije postignut efekat sa aspekta količine oslobođenog prostora. Nakon detaljne analize veličina i broja dokumenata u zavisnosti od tipa, odlučeno je da se kao kandidati za migraciju definišu svi dosije/partije u kojima se nalaze dokumenta koja su veća od 500kb i koji nisu pregledani ili modifikovani u poslednjih 30 dana, bez obzira na poslovni proces kome pripadaju. Kao testni uzorak je uzet set od 10 partija kredita fizičkih lica. Rezultati testa su bili pozitivni.

Jedan od zahteva poslovne strane i regulatornih organa, na početku DMS projekta, je bio da se čuva revizorski trag svakog dokumenta. Drugačije rečeno, neophodno je čuvati sve verzije jednog dokumenta u sistemu. Sistem je tako projektovan, da se prilikom bilo kakve izmene dokumenta, generiše nova (aktuelna ili current) verzija, ali se prethodna ne briše, već se čuva u sistemu. Sve prethodne verzije dokumenta, se u DMS terminologiji, nazivaju non-current verzije i upravo one su bile odlični kandidati za migraciju. Definisana je proces koji

svakodnevno vrši prebacivanje non-current verzija dokumenata na Centeru, nezavisno od poslovnog procesa.

Dodatni izazov je predstavljao i zahtev poslovne strane i regulatornih organa da svaki dokument mora biti klasifikovan sa aspekta tajnosti podataka oznakama interno, poverljivo i strogo poverljivo. To je podrazumevalo umetanje vizuelne oznake na svu nova dokumenta. Servisi za klasifikaciju vrše umetanje adekvatne vizuelne oznake ali zbog mogućeg oštećenja dokumenta pri umetanju vizuelne oznake pravi skrivena kopija, kako bi u slučaju oštećenja imali originalni dokument. Paralelno sa ovim se odvijao i proces klasifikacije dokumenata koji su već bili u DMS sistemu. Zbog velikog broja dokumenata (oko 28 miliona) izvršena je klasifikacija na nivou atributa dokumenata za interni tip, a oko 2 miliona dokumenata je klasifikovano ubacivanjem vizuelne oznake tipa poverljivo i strogo poverljivo. Posledica ovakvog načina klasifikacije dokumenata je bio uvećanje količine generisanih dokumenata za duplo, čime se dodatno opterećuju diskovi (dokument veličine 10MB zauzme prostor na disku od 20MB). Klasifikacija je dodatno unapređena implementacijom procesa koji briše skrivene kopije dokumenata koje su starije od 5 dana. Procenjeno je da je to dovoljan period za verifikaciju i eventualnu reklamaciju u slučaju oštećenja dokumenta prilikom klasifikacije. Na ovaj način je sprečeno trajno uvećanje ukupne količine podataka na sistemu.

Koristeći prethodno navedene uslove za migraciju, oslobođena je značajna količina prostora na diskovima i postignuto je, da se na dnevnom nivou, više dokumenata (i po broju i po veličini) migrira na EMC Centera uređaj, u odnosu na dokumenta koja se generišu. Značajno je napomenuti da korisnici ne primećuju razliku u brzini prilikom pristupanja dokumentima (nezavisno od lokacije, disk ili EMC Centera).

## 6. ZAKLJUČAK

Kao zaključak, može se reći da je arhiviranje informacija jedan permanentan proces kojim se omogućava potpuna dostupnost podataka uz neizmenjene performanse produkcionih sistema. Podaci mogu da se čuvaju neograničeno na jeftinijim medijima, slabijih performansi, a da su ipak lako dostupni produkcionim sistemima.

Tokom realizacije predstavljenih aktivnosti, kao što se moglo i očekivati, javljali su se tehnički problemi koji su uspešno prevaziđeni tako da na kraju imamo uspešnu realizaciju rešenja za arhiviranje informacija. Sve urađene aktivnosti su doprinele uspostavljanju jedinstvenog sistema za arhiviranje informacija, u kome su podaci uvek dostupni bilo za potrebe klijenata Banke, bilo za potrebe realizacije zahteva interne ili eksterne revizije, što vodi ka većem poverenju klijenata u Komercijalnu banku.

## 7. REFERENCE

- [1] Tehničko rešenje za arhiviranje informacija u IS-u Komercijalne banke
- [2] Dokumentacija izvedenog stanja rešenja za arhiviranje informacija u IS-u Komercijalne banke



# REALIZACIJA SISTEMA ZA DISTRIBUCIJU TAČNOG VREMENA NA ŽELEZNIČKOJ INFRASTRUKTURI PD TENT

## IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR DISTRIBUTION ACCURATE TIME ON RAILWAY INFRASTRUCTURE TENT

RADOSLAV KORLAT, GORAN STOJADINOVIĆ  
TERMOELEKTRANE "NIKOLA TESLA"

**Kratak sadržaj** — Prikazivanje tačnog vremena na objektima Železničkog transporta TENT nije postojalo, već se ono manualno podešavalo. Ovo je dovelo do neizbežne greške u prikazivanju, pa se u ukazala potreba za sinhronizacijom vremena svih uređaja koji su od vitalnog značaja za nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja.

Rad se bavi sinhronizacijom časovnika realnog vremena na lokomotivama serije 441 proizvodnje „Rade Končar“ kao i NTP vremenskog servera pomoću Garmin GPS 18x LVC prijemnika. Na NTP server su povezani digitalni sat i registrofonski uređaj (uređaj za snimanje govora).

**Ključne reči** —sistemska vreme uređaja, NTP protokol, GPS prijemnik, TENT, Železnički transport TENT.

**Abstract**— Displaying the accurate time on the railway transport facilities didn't exist and it is manually adjusted. This led to inevitable errors in the displaying, and the necessity for time synchronization of all devices that are vital for the smooth and safe traffic.

This paper deals with the real-time clock synchronization on the 441 locomotive manufacturing "Rade Koncar" and the NTP time server using GPS 18xLVC receivers. Digital clock and digital device to

record conversations by phone or radio station are connected on the NTP server.

**Key words** — equipment system time, NTP protocol, GPS receiver, TENT, Railway transport TENT.

### 1 UVOD

U ovom radu je prikazana realizacija sinhronizacije vremena u ŽT TENT korišćenjem GPS prijemnika. Najpre je dat opis GPS 18x LVC prijemnika [3] i navedene rečenice koje se prenose prilikom komunikacije sa satelitom [4]. Zatim su date osnovne funkcije elektronskog brzinoera EB-96 [1] i njegovo korišćenje u svrhu sinhronizacije vremena na lokomotivama serije 441[7]. Na kraju su date osnovne karakteristike NTP vremenskog servera koji radi na Linux operativnom sistemu [5], i povezivanje digitalnog sata [8] i registrofonskog uređaja [9] na server.

### 2 GPS 18x LVC PRIJEMNIK

GPS 18x LVC ima ugrađen prijemnik i antenu (izgled prikazan na slici 1). Ovaj prijemnik traži više satelita u vremenu podržavajući *fast time-to-first fix* tj. precizno navigaciono ažuriranje satelita. Kod ovog modela se prozivanje satelita vrši jednom u sekundi. Odlikuje se malom potrošnjom energije i podržava WAAS (*Wide Area Augmentation System*).

Ovaj prijemnik omogućava prijem signala sa satelita koji se nalaze na polusinhronim orbitama (oko 20200 km iznad Zemlje) i običu Zemlju tačno dva puta u toku jednog dana. Kada je poruka poslata informacije koje prijemnik dobija su, između ostalih, orbitalna pozicija satelita i precizno vreme (u svakom satelitu je atomski časovnik). Na osnovu ovih podataka sa najmanje 4 satelita moguće je precizno odrediti poziciju i apsolutno vreme na mestu prijemnika. U ŽT TENT je prijemnik iskorišćen isključivo za određivanje tačnog vremena.



Slika 1 Izgled GPS 18x LVC prijemnika

Ovaj uređaj je dizajniran da izdrži neravnomerne uslove rada i vodootporan je po IEC 60529 IPX7 standardu. Potrebno mu je obezbediti izvor za napajanje i jasan pregled GPS satelita. Interna *flash* memorija koja se nalazi unutar GPS prijemnika omogućava pamćenje kritičnih parametara kao što su orbita satelita, poslednja poznata pozicija, datum i vreme.

Protokol koji je dizajniran za GPS 18x LVC baziran je na *National Marine Electronics Association's*, NMEA 0183 ASCII specifikacija, i potpuno definisan u Version 2.30. Rečenice koje su primljene preko GPS senzora moraju se završavati sa <CR><LF>, tj. ASCII znakovi za *carriage return* (povratni prenos, 0D hex) i *line feed* (linija za napajanje, 0A hex). *Checksum* \*hh je parametar koji se koristi za proveru parnosti podatka i njegovo korišćenje nije obavezno (ne zahteva se u normalnim PC okruženjima), ali se preporučuje u okruženjima sa visokim elektromagnetskim uticajima. Parametar *checksum* se koristi prilikom sinhronizacije vremena u Železničkom transportu TENT-a, jer su GPS prijemnici izloženi elektromagnetskom zračenju napajanja lokomotiva iz kontaktne mreže.

Dostupne *NMEA 0183* rečenice koje se prenose preko GPS 18x LVC su GPALM, GPGGA, GPGSA, GPGSV, GPRMC, GPVTG, GPGLL, PGRME, PGRMF, PGRMM, PGRMT, PGRMV i PGRMB.

## 2.1 Merenje impulsnog odziva

Veoma precizan PPS (*One-Pulse-Per-Second*) odziv je predviđen za aplikacije koje zahtevaju precizno merenje vremena. Nakon određivanja početne pozicije, PPS se generiše i nastavlja sve dok postoji napon na uređaju. Uzlazna ivica signala se podešava na početak svake GPS sekunde u trajanju od 1μs (vreme reagovanja senzora) za sve uslove u kojima prijemnik ima prijavljene važeće i tačne pozicije za najmanje 4 prethodno protekle sekunde.

NMEA 0183 rečenice koje prate svaku uzlaznu ivicu GPS signala govore kada i gde smo bili u prethodnoj uzlaznoj ivici PPS signala, počevši sa GPRMC rečenicom kao glavnom rečenicom u svakom konkretnom NMEA zapisu.

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>\*hh<CR><LF>

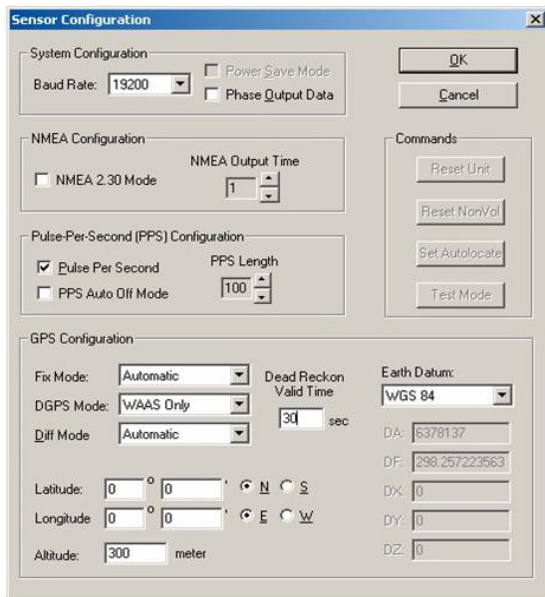
<1>	Određivanje UTC ( <i>Universal Time Coordinated</i> ) vremena u formatu <i>hhmmss</i>
<2>	Status, A= validna pozicija, V= upozorenje NAV prijemnik
<3>	Geografska širina; format <i>ddmm.mmmm</i> (vođeće nule se prenose)
<4>	Geografska širina hemisfere, N ili S
<5>	Geografska dužina; format <i>dddmm.mmmm</i> (vođeće nule se prenose)
<6>	Geografska dužina hemisfere, E ili W
<7>	Brzina preko zemlje, 000.0 to 999.9 knots (vođeće nule se prenose)
<8>	Kurs preko zemlje, 000.0 to 359.9°, tačno (vođeće nule se prenose)
<9>	Određivanje UTC datuma, format <i>ddmmyy</i>
<10>	Magnetna varijacija, 000.0 to 180.0° (vođeće nule se prenose)
<11>	Magnetna varijacija pravca, E ili W (zapadna varijacija se dodaje za tačan kurs)
<12>	Indikator režima ( ovo polje se ne koristi ako je aktivna <i>NMEA 0183 version 2.30</i> ) A= autonomni, D= diferencijalni, E= proračunati (procenjeni), N= podaci ne važe

## 2.2 Softver za konfiguraciju senzora

SNSRCFG (*The Garmin Sensor Configuration Software*) je softver za konfigurisanje GPS senzora na bazi *user-selected* parametara. Ovaj softver je moguće preuzeti na [www.garmin.com/oem](http://www.garmin.com/oem).

Prilikom konfiguracije senzora, polja koja se najčešće popunjavaju su nova geografska širina, dužina i visina za senzor. Ovo je posebno važno kada se programira senzor za upotrebu na određenoj

geografskoj lokaciji. Mnoga od polja, koja su prikazana na slici 2, treba da ostanu prazna. *Reset Unit* vrši resetovanje uređaja, dok *Reset NonVol* vrši resetovanje *Non-Volatile Memory*, gde se brišu svi podaci iz iste.



Slika 2 Konfigurisanje senzora

### 3 ELEKTRONSKI BRZINOMER EB – 96

Elektronski brzinomer je uređaj koji omogućava:

- precizno merenje i beleženje brzine kretanja lokomotive
- praćenje i beleženje stanja digitalnih ulaznih signala (sa autostop uređaja, sa uređaja budnosti, sa kočnica, sa glavnog prekidača, sa sirene...)
- praćenje i beleženje stanja analognih ulaznih signala
- generisanje digitalnih izlaznih signala (za autostop uređaj, za rad kočnica, za uključenje uređaja budnosti, za mazanje venaca bandaža i za blokiranje rada lokomotive)
- prikaz brzine kretanja lokomotive, tačnog vremena i parcijalnog pređenog puta, i
- unos i beleženje podataka o mašinovođi, vozu i lokomotivi.

Ovaj uređaj je ugrađen u lokomotive serije 441 proizvodnje "Rade Končar". U eksploataciji u Železničkom transportu TENT-a je od 2007. godine i pokazao se kao vrlo pouzdan uređaj. U toku njegove eksploatacije ukazala se potreba za sinhronizacijom vremena sa uređajima koji registruju i zapisuju vitalne događaje u Železničkom transportu.

Elektronski brzinomer EB-96 se sastoji od centralne jedinice sa ulazno-izlaznim signalima, dve monitororske jedinice (slika 3), *flash* memorijskih modula i davača broja obrtaja (slika 3).



Monitorska jedinica



Slika 3

Davač broja obrtaja

### 3.1 Sinhronizacija časovnika realnog vremena na lokomotivi serije 441

GPS prijemnik je postavljen u A upravljačnicu lokomotive, gde se nalazi i EB-96. Brzinomer je sa prijemnikom povezan preko standardne serijske komunikacione linije. Prilikom izrade sistemskog programa dodati su odgovarajući moduli koji omogućavaju sinhronizaciju časovnika realnog vremena na vreme koje prima GPS prijemnik (UTC vreme), kao i algoritam za promenu zimskog u letnje vreme, odnosno DST (*Daylight Saving Time*) algoritam.

Vreme je moguće podesiti na dva načina: automatski i ručno.

Vreme se automatski postavlja po prijemu \$GPRMC poruke, svaki put kada su ispunjeni sledeći uslovi: potrebno je da lokomotiva stoji, odnosno da njena brzina bude nula; da mašinovođa nije prijavljen; potrebno je da se primi ispravna \$GPRMC poruka od strane GPS prijemnika, sa ispravnom sintaksom i *checksum*-om; status aktivnosti u \$GPRMC komandi treba da je A, odnosno validna pozicija.

Neophodno je napomenuti da sinhronizaciju vremena nije moguće raditi u toku vožnje. Ovo bi dovelo do narušavanja podataka tekuće vožnje. Na primer, ako bi se vožnja odvijala u vremenu prelaska sa letnjeg na zimsko vreme (poslednja nedelja oktobra u 3h vreme se pomera na 2h) na zapisima *flash* memorije brzinoera EB-96, pojavili bi se podaci sa istim vremenom i datumom! Sinhronizacijom vremena kada lokomotiva stoji, izbegnuta je konfuzija prilikom analize snimljenih podataka. Čim se završi tekuća vožnja, automatski se postavlja novo vreme.

Ručno podešavanje vremena omogućeno je isključivo mašinovođi koji je prijavljen pod svojom servisnom šifrom.

Monitor brzinoera ima u sebi lokalni sat. Na centralnu jedinicu brzinoera dolazi vreme sa GPS prijemnika, sa nje se šalje monitoru radi sinhronizacije

i prikaza, po prijavi i odjavi mašinovođe, kao i kada je prijavljen u toku vožnje na svakih 5 min.

GPS algoritam se sastoji od dva dela. Prvi deo je u delu za serijsku komunikaciju. Ovde se prima \$GPRMC poruka od GPS prijemnika, ali zbog brzine se proverava samo jedan deo sintakse (\$GPRMC string, dovoljan broj zareza i *checksum* na kraju). Drugi deo se obavlja u funkciji analiza\_poruke, i to ako je dobijena sintaksno ispravna poruka iz prvog dela i sa ispravnim *checksum*-om. Analizira se dobijeni deo poruke za datum, vreme i status GPS pozicije (proverava se da li je status u redu; „A“ – validna pozicija).

Ako je nakon provera sve u redu, dobijeno je UTC vreme kao *string*. Ovo vreme se najpre konvertuje u datumsku strukturu (dan, mesec, godina, sati, minute, sekunde), pa u *timestamp* – broj sekundi od 2000. godine. Zatim se vrši poređenje sa dva DST *timestamp*-a, pa se posle dodavanja 3600 (zimsko vreme) ili 7200 (letnje vreme) sekundi konvertuje nazad u datumsku strukturu, i postavlja datum i vreme na monitoru brzinomera.

Ukupno kašnjenje pri prijemu poruke, celokupnoj analizi, izračunavanju i postavljanju vremena, ne prelazi 10 ms.

#### 4 NTP VREMENSKI BAZIRANI SERVER

PC računar koji je povezan sa izvorom tačnog vremena čini u datoj mreži vremenski server. Njegov zadatak je da održava tačno vreme tako što sinhroniše svoj lokalni takt sa standardnim referentnim izvorom (u ovom slučaju GPS prijemnik) koji daje UTC vreme korišćenjem NTP (*Network Time Protocol*) protokola.

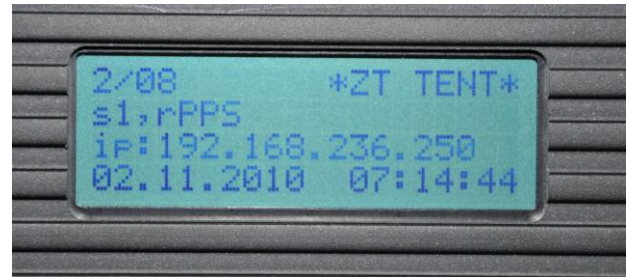
Računar je baziran na Intelovom Atom procesoru na kojem je podignut operativni sistem Linux pri čemu se koristi distribucija CentOS verzija 5. Ovaj operativni sistem je uzet zbog izuzetne pouzdanosti i malih resursa koje zahteva za rad.

Da bi se NTP mogao koristiti za sinhronizaciju, tj. da bi obezbeđivao tačno i pouzdano vreme, potrebno je podesiti glavnu konfiguracionu datoteku poznatu pod nazivom *ntp.conf*, koja će specificirati servere i eksterne prijemnike, koji se koriste na datom uređaju. Podrazumevano, program NTPD (*Network Time Protocol daemon*) čita ovu konfiguracionu datoteku, kako bi odredio sinhronizacione izvore i operacioni mod.

NTPD program postavlja i održava sistemsko vreme u sinhronizmu sa internet serverima za standardno vreme. NTPD može da radi u kontinualnom modu, *one-time* modu, *broadcast/multicast* modu, i ima mogućnost postavljanja vremena samo jedanput. U ŽT TENT se vreme postavlja samo jedanput pomoću *ntpdate -q*, a potom se preko kron sistema periodično startuje program NTPDATE u željenim intervalima.

Program GPSD je monitorski demon koji skuplja informacije sa GPS uređaja, i može da postavlja upite preko standardnog NMEA protokola, proširenog NMEA protokola ili PPS protokola. Startovanje GPSD programa ako je GPS priključen na serijski port COM1 (kao što je u ŽT TENT slučaj) se vrši *gpsd /dev/ttyS0*. Alat koji se koristi za povezivanje na GPSD je program GPSPipe, kao i za prikazivanje na ekran primljenih sekvenci sa GPS uređaja.

Displej koji se nalazi na serveru izgleda kao na slici 5.



Slika 5 Izgled displeja NTP servera

Linija 1 na displeju pokazuje status GPS *daemon*-a i logo. Moguće vrednosti za status *gpsd*-a su:

!GPSD – nije uspostavljena komunikacija sa *gpsd*; najverovatnije još nije podignit

!GPSD(data) – komunikacija sa *gpsd* je uspostavljena, ali ništa ne stiže kroz serijsku vezu (otkačen je GPS prijemnik)

x/yy – komunikacija uspostavljena sa *gpsd*-om, gde je x – status GPSfix-a, odnosno, broj satelita sa kojih se preuzimaju podaci, a yy – broj uhvaćenih satelita

Linija 2 prikazuje status NTP *daemon*-a. Moguće vrednosti su:

!NTPD – nije uspostavljena komunikacija sa *ntpd*, najverovatnije još nije podignit

sx, rSTATUS – stratum (trebalo bi da je uvek stratum 1, ako se koristi *gps* vreme) i refid NTP servera. Neke od vrednosti refid-a su:

- 1) rINIT – NTP *daemon* je u fazi inicijalizacije
- 2) rSTEP – NTP *daemon* je u fazi inicijalizacije zbog pomeranja vremena
- 3) rNMEA – NTP *daemon* koristi NMEA podatke GPS-a za utvrđivanje vremena

- 4) rPPS – NTP *daemon* koristi impulse GPS-a za utvrđivanje vremena
- 5) IP adresa ili naziv – koristi se neki predefinisani spoljašnji NTP server

Linija 3 pokazuje trenutno dodeljenu IP adresu. Moguće vrednosti su:

- ip: not set – trenutno nije dodeljena IP adresa
- ip: a.b.c.d – NTP server koristi adresu a.b.c.d

Linija 4 pokazuje trenutni datum i vreme u formatu dd.mm.gggg hh:mm:ss (dan.mesec.godina; sat:minuti:sekunde).

Sadržaj displeja se osvežava svaka dva minuta pozivom Perl skripta iz *krona /usr/local/scripts/display4.pl*, sa izuzetkom vremena koje se ispisuje svake sekunde kroz sam drajver za displej. Ovaj skript prikazuje logo, IP adresu, broj satelita, stanje PPS signala i tačno vreme.

#### 4.1 Povezivanje digitalnog sata i registrofonskog uređaja na NTP vremenski server

Digitalni sat SAT-100-6-ETH i registrofonski uređaj Atis Uher VC-MDx MT4 su sa NTP serverom povezani preko *Cisco Switch*-a 2950, na kojem je izolovan poseban VLAN za ovu namenu.

Da bi se uopšte moglo sinhronizovati vreme na registrofonu, potreban je odgovarajući program koji će prozivati NTP vremenski server i dobijati podatke o tačnom vremenu. Ovo nam omogućava *NetTime* program koji je baziran na SNTP (*Simple Network Time Protocol*) protokolu. Za podešavanje mrežnih parametara digitalnog sata koristi se *Network Device Toolkit*, a mogu se podesiti i korišćenjem komande *ping* iz *MSDOS*-a.

## 5 ZAKLJUČAK

Rad je imao za cilj da pokaže da je prikazivanje tačnog vremena na uređajima od vitalnog značaja za kvalitet i bezbednost saobraćaja na prugama TENT-a. Jedinstven sistem pokazivanja tačnog vremena nije postojao na objekata kao što su Centar daljinskog upravljanja, lokomotive na pruzi i uređaj za snimanje govora. Pomoću sistema za distribuciju tačnog vremena na pomenutim objektima imamo jedinstveno pokazivanje vremena.

Tačno vreme je veoma bitno kod eventualnih vanrednih događaja, jer se na taj način lakše, brže i sa sigurnošću može utvrditi faktor koji je prouzrokovao nastanak istih. Nažalost, ma koliko se trudili da povećamo bezbednost rada, ljudski faktor je najveći uzročnik svih vanrednih događaja koji su se desili na prugama TENT-a.

## 6 LITERATURA

- [1] Institut Mihajlo Pupin, “Glavni projekat ugradnje elektronskog brzinomera EB-96 na električnoj lokomotivi serije 441-07”, 2007.
- [2] [www.intel.com](http://www.intel.com)
- [3] [www.garmin.com](http://www.garmin.com)
- [4] Roger E. Beehler, Michael A. Lombardi, “National Institute of Standards and Technology Special Publication 432 (Revised 1990)”
- [5] <http://linux.die.net/man/>
- [6] <http://man.gnussquad.org/gpspipe/section-1/en/>
- [7] Institut Mihajlo Pupin, “Projekat izvedenog stanja sinhronizacije časovnika realnog vremena na elektronskom brzinomeru EB-96 pomoću GPS prijemnika”, oktobar 2010.
- [8] [www.dmv.rs](http://www.dmv.rs)
- [9] Michael Süßenguth, “Technical manual VC-MDx”, february 2007.

## Sveobuhvatnim Time Reporting-om ka preciznijem izračunavanju troškova i efikasnijem poslovanju

### Extensive Time Reporting to More Precise Cost Calculation and More Efficient Business

Ana Slani, Biljana Mladić, Danijela Pavlović

Telekom Srbija

**Sadržaj** – Definisane cene telekomunikacionog servisa je veoma složena kalkulacija koja u svojoj osnovi ima troškovni model odnosno proračun troškova svih elemenata usluge. Jedna od komponenti koju je najteže odrediti je učešće troškova zaposlenih. Upravo s ciljem što realnijeg izračunavanja ovog troška u Telekomu Srbija kreirana je aplikacija Time Reporting u koju zaposleni unose svoje vremensko angažovanje opredeljujući ga na konkretne projekte i aktivnosti odnosno podaktivnosti iz troškovnog modela. Uneto angažovanje prolazi kontrolu i verifikaciju supervizora i preko ključeva za alokaciju raspoređuje se kao trošak na konkretnu telekomunikacionu uslugu. Ključevi za alokaciju ili drajveri su modeli koji u sebi sadrže veze aktivnosti i podaktivnosti sa konkretnom uslugom.

U radu će biti ukratko opisane funkcionalnosti Time Reporting aplikacije, arhitektura rešenja i veze sa ostalim aplikacijama. Takođe će biti prezentovan definisani okvir Time Reporting Sistema i konkretna implementacija.

**Abstract**– Defining price for telecommunication service represents a very complex calculation based on a cost model, i.e. calculation of all service components. One of the most difficult to define is the inclusion of personnel cost. Aiming to achieve the most relevant calculation of this cost, Telekom Srbija has created the application Time Reporting, where our employees insert their time engagement by specific projects and activities/sub-activities from the cost model. An inserted engagement is then checked and verified by supervisors and allocated as a cost to a specific telecommunication service through allocation keys. Allocation keys, or drivers, are models containing relations of activities and sub-activities with a specific service.

This work will give a short description of functionalities of the application Time Reporting, its architecture and relations with other applications. It will also present the defined frame of Time Reporting system and its implementation.

#### 1. UVOD

Mnoge kompanije imaju u svojoj poslovnoj praksi uveden neki od sistema praćenja radnog angažovanja zaposlenih. Pomenuti sistemi ne moraju biti aplikativno podržani, odnosno zaposleni mogu pisati izveštaje o svom angažovanju i slati ih putem e-mail-a i u ovakvim slučajevima govorimo o jednostavnom sistemu izveštavanja radi uvida i kontrole angažovanosti zaposlenog na određenim poslovima i projektima. Jasno je da u ovakvim sistemima nema prostora za bilo kakvu ozbiljnu obradu ovih podataka i njihovo korišćenje za analize. Zato se u kompanije koje žele ove podatke iskoristiti na pravi način uvodi aplikativna podrška odnosno softversko rešenje koje može da podrži evidenciju i obradu pomenutih podataka.

Kada govorimo o upotrebi podatka koji se evidentiraju u aplikacijama za evidenciju angažovanja u prvom redu se misli na analize koje daju odgovore na razna poslovna pitanja koja utiču na povećanje efikasnosti poslovanja. Kroz ove analize stiče se jasnija slika o angažovanju zaposlenih na redovnim aktivnostima ili projektima, realan uvid o angažovanju na projektnim i vanprojektnim aktivnostima, zatim o lokaciji angažovanja (rad na random mestu, rad od kuće, terenski rad) itd. Pored ovih analiza u telekomunikacionim kompanijama ovi podaci imaju još veću upotrebnu vrednost jer se koriste i u svrhu pripreme troškovnog modela. Naime, u oblasti telekomunikacija u Srbiji postoji zakonski definisana obaveza kalkulacije troškovnog modela s ciljem kontrole cena na tržištu telekomunikacija, a od strane Agencije za elektronske komunikacije - Ratel.

Upravo iz gore navedenih razloga Telekom Srbija je 2010. godine u saradnji sa Microsoftom i IT kompanijom FUSION razvio softversko rešenje za Time Reporting. Ovo rešenje je integrisano sa ostatkom IS Telekom. Ulaz u aplikaciju Time Reporting su podaci iz HR aplikacija, a izlaz iz aplikacije su podaci koji se već nekoliko godina koriste u rešenjima za Troškovni model, a od prošle godine u aktuelnom Cost Perform rešenju.

U ovom radu biće predstavljeno na koji način funkcioniše aplikacija Time Reporting u kompaniji Telekom Srbija, koje vrste analiza se korišćenjem podataka mogu dobiti i kako je olakšano izračunavanje troškovnog modela.



## 2. DEFINISANJE OKVIRA TIME REPORTING SISTEMA

Pokretač za izradu Time Reporting aplikacije je bila obaveza Telekoma da dva puta godišnje Agenciji za elektronske komunikacije - Ratelu dostavlja Izveštaj o troškovima i prihodima za sve telekomunikacione usluge pod regulativom. To je suštinski značilo da Telekom treba da uspostavi troškovni model i da sve svoje troškove i prihode alocira na telekomunikacione usluge koje pruža krajnjim korisnicima. Cilj regulatornog izveštavanja je bio onemogućiti diskriminaciju ostalih operatora i omogućiti liberalizaciju tržišta telekomunikacija.

Obzirom da su troškovi za zaposlene značajan deo ukupnih troškova kompanije bilo je vrlo značajno da se obezbedi pravi kriterijum za raspodelu ovog troška na odgovarajuće telekomunikacione usluge. Za tu namenu je korišćena troškovna metodologija Activity Based Costing, koja podrazumeva:

- definisanje svih aktivnosti u kompaniji
- alokaciju angažovanja zaposlenih na te aktivnosti
- izračunavanje kriterijuma za raspodelu troškova za zaposlene na TK usluge kompanije.

Da bi se na osnovu prikupljenih podataka o angažovanjima definisao kriterijum za raspodelu troškova za zaposlene na telekomunikacione usluge, kao smernica za definisanje aktivnosti korišćen je NGOSS framework (tačnije eTOM) koji najbolje definiše poslovne procese telekomunikacionih operatora.

Izrada aplikacije koja omogućava evidentiranje angažovanja zaposlenih na aktivnostima je bila od ključnog značaja za uspostavljanje Activity Based Costing metodologije.

Uz snažnu podršku menadžmenta IT-a, koji je osim značaja ovakve aplikacije za potrebe Troškovnog modela sagledao i benefite koje IT može da ima, dizajnirana, razvijena i implementirana je Time Reporting aplikacija.

Sa ciljem da zadovoljimo zahteve svih stakeholdera (kompanijski Troškovni tim, IT menadžment itd.) pri dizajniranju ove aplikacije definisali smo dve dimenzije:

- jedna dimenzija je Time Reporting u službi Troškovnog modela. Kroz ovu dimenziju definišu se aktivnosti i podaktivnosti na koje zaposleni alocira svoje angažovanje i obradom ovih podataka zadovoljava se zahtev Troškovnog tima i omogućava praćenje angažovanja po eTOM aktivnostima.
- druga dimenzija je Time Reporting u službi efikasnijeg upravljanja poslovanjem. Kroz ovu dimenziju definišu se projekti i još jedan nivo ispod aktivnosti i podaktivnosti, nivo zadataka. Dakle, zaposleni alociraju svog angažovanje i na ove dimenzije, in a taj način se omogućava obrada ovih podataka i za potrebe menadžmenta

konkretnih direkcija (domena poslovanja). Tako npr. Direkcija za tehniku koristi ove podatke za dalju analizu aktivnosti na kojima je bio najveći trošak za zaposlene; analizu terenskog rada itd., a sve sa ciljem efikasnijeg upravljanja poslovanjem. S druge strane npr. menadžment IT-a kroz ovu aplikaciju može da prati angažovanja zaposlenih na "business as usual" i projektnim aktivnostima (za sve projekte, ne samo strateške); ili npr. koliko su zaposleni radili prekovremeno na projektima; koliko su radili od kuće itd.

## 3. JEDAN PRISTUP IMPLEMENTACIJI TIME REPORTING APLIKACIJE

S obzirom da aplikaciju za unos radnog angažovanja koriste skoro svi zaposleni kompanije prvi zahtev je da ona bude jednostavna i da ima korisnički intuitivne interfejs koji su jednostavni za unos. U nastavku će biti predstavljena aplikacija Time Reporting koju koriste zaposleni Telekoma Srbija.

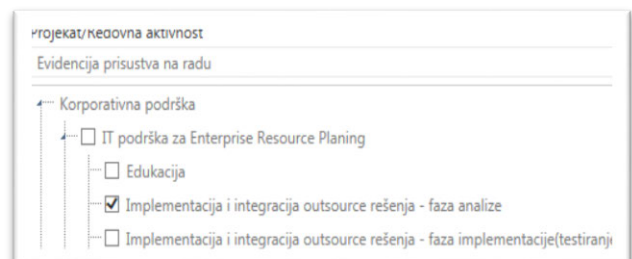
Postoji 5 vrsta praćenja angažovanja zaposlenih:

- **Nedeljni lični unos** – vremensko unošenje angažovanja na dnevnom nivou – osnovni tip
- **Mesečni lični unos** – zaposleni jednom mesečno unosi angažovanja i procentualnu raspodelu
- **Mesečni grupni** – evidentičar jednom mesečno unosi angažovanja i procentualnu raspodelu za sve zaposlene u grupi
- **Lični unos od datuma** – zaposleni unosi angažovanja i procentualnu raspodelu sa datumom početka važenja unosa koji važi sve dok se ne upuni datum prestanka
- **Grupni unos od datuma** - evidentičar zaposleni unosi angažovanja i procentualnu raspodelu sa datumom početka važenja unosa koji važi sve dok se ne upuni datum prestanka

U nastavku će biti prezentovane najčešće korišćene funkcionalnosti aplikacije.

### Nedeljni lični unos

Dodavanje novog angažovanja podrazumeva odabir projekta, aktivnosti, podaktivnosti i zadatka iz stable (slika 1.).



Slika 1. Izbor angažovanja

Nakon izbora se pojavljuje red u ekranu za unos angažovanja (slika 2.). Kolone predstavljaju radne dane u nedelji i ukoliko je radnik odsutan kolona za taj dan je obeležena drugom bojom. U donjem desnom uglu ekrana se nalazi planiran broj sati za datu nedelju preuzet iz Evidencije prisustva na radu.

Aktivnost	Ponedjeljak 19.01.	Utorak 20.01.	Sreda 21.01.
<b>Projekat: Hyperion EPM</b> Organizacija Izrada i praćenje realizacije biznis plana i budžeta	X 02:00		
<b>Projekat: Oracle HRMS Core</b> Korporativna podrška IT podrška za Human Resource Management Implementacija i integracija outsource rešenja - faza modelovanja		X 04:00	X 04:00
<b>Projekat: Poreske prijave</b> Organizacija Rukovođenje poslovanjem	X 05:30		X 02:00
<b>Projekat: Rekonstrukcija ROS</b> Organizacija Priprema i podrška poslovanju		X 02:00	
<b>Korporativna podrška</b> IT podrška za Human Resource Management Edukacija		X 02:00	
<b>Organizacija</b> Rukovođenje poslovanjem			X 02:00
<b>Pauza</b> Pauza	X 00:30		
<b>Ukupno</b>	<b>08:00</b>	<b>08:00</b>	<b>08:00</b>

Slika 2. Unos angažovanja

Izborom ćelije koja je određena danom i zadatkom otvara se ekran za unos detalja angažovanja, utrošeno vreme i kategoriju rada – na radnom mestu, rad od kuće ili terenski rad (slika 3.).

**Detalji angažovanja**

Datum Ponedjeljak, 19.01.2015.

Aktivnost **Projekat: Hyperion EPM**  
Organizacija  
Izrada i praćenje realizacije biznis plana i budžeta

Opis  
Priprema izveštaja o ukupnoj vrednosti investicije.

Rad na radnom mestu  Rad od kuće  Terenski rad

Utrošeno vreme

Ukupno utrošeno vreme 02:00

Slika 3. Unos detalja angažovanja

Radnici koji su na nedeljnom ličnom unosu dobijaju email obaveštenja ukoliko nisu popunili svoja angažovanja za tekuću nedelju. Angažovanja za prethodnu nedelju moguće je popuniti do ponedeljka u 14h. Takođe, presek se pravi na nivou meseca zbog čega presek može biti i u toku nedelje tako što je angažovanje moguće uneti najkasnije do 14h prvog u mesecu za aktuelnu nedelju prethodnog meseca. Email obaveštenja i stižu zaposlenima i pred zatvaranje meseca, kao podsetnik da nisu popunili angažovanje za mesec koji se zatvara.

Supervizorima je omogućen pregled angažovanja svih radnika pod njihovom supervizijom kako za tekuću nedelju tako i sistemski arhiviranih podataka za period koji žele da vide. Oni mogu zatražiti ispravku unetog angažovanja nekog radnika, o čemu radnik dobija email poruku da je potrebno korigovati opis ili vreme angažovanja. Ako je supervizor saglasan sa unosom on odobrava uneto angažovanje.

Dan pred istek roka za unos angažovanja supervizori dobijaju obaveštenje sa spiskom radnika koji nisu uneli svoja angažovanja kako bi mogli da ih podsete na njihovu obavezu. Nakon isteka mogućnosti unosa, supervisor dobija spisak radnika čiji je unos manji od planiranog fonda sati (slika 4.).

**From:** [it.timereporting@telekom.rs](mailto:it.timereporting@telekom.rs) [mailto:it.timereporting@telekom.rs]  
**Sent:** Monday, December 22, 2014 12:11 PM  
**To:** Srdjan Bojicic  
**Subject:** Nepotpun unos angažovanja  
**Importance:** High

Sledeći radnici nisu popunili angažovanja za aktuelnu radnu nedelju:

- NENAD ZDOLŠEK (2503961710234)
- MILOŠ JEVIĆ (0307984710257)
- DRAGANA PLAVLJENIĆ (2207981345046)
- NIKOLA ĐORĐEVIĆ (1906991710135)
- IVAN RAJČIĆ (1411977914691)

Slika 4. Spisak radnika koji nisu uneli angažovanje

Supervizori dobijaju i obaveštenje ukoliko postoje angažovanja njihovih radnika koja nisu overena.

### Mesečni unos

Unos procentualne raspodele na angažovanjima počinje 25. u mesecu i traje do 3. u narednom mesecu. Proces započinje unosom angažovanja - izborom iz hijerarhijskog stabla. Svakom izabranom angažovanju se dodeljuje procenat vremenskog angažovanja. Suma procentualnih angažovanja mora biti 100% (slika 5.).

Način nastanka raspodele:

- Inicijalna raspodela
- Unosom radnika/zamenika
- Na osnovu prethodnog meseca – automatski prepis ako radnik nije ispunio svoju obavezu u roku
- Unosom evidentičara/zamenika evidentičara
- Na osnovu promene grupe – promena u period kad je unos raspodele zaključan.

Ako zaposleni na mesečnom ličnom načinu unošenja ne unese procentualnu raspodelu za koju ima obavezu da unese od 25. u tekućem mesecu do 3. u narednom mesecu dobijaće email obaveštenja poslednja dva dana u mesecu kao i prva dva u sledećem odnosno sve dok ne ispuni obavezu. Ukoliko zaposleni i pored obaveštenja ne unese

raspodelu u roku, 4. dana će dobiti poruku da svoju obavezu nije na vreme ispunio i da je mesečna raspodela sistemski popunjena na osnovu podataka iz prethodnog meseca.

Aktivnost	Procenti
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Fiksna - Govorne usluge	7
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Internet	19
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Konvergentne usluge	10
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Mobilna - Internet	3
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Mobilna - Prepaid	3
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Mobilna - Standardni postpaid	47
Upravljanje podacima o privatnim korisnicima Multimedija	11
<b>Ukupno</b>	<b>100</b>

Slika 5. Unos detalja angažovanja

### Administracija pravima i podacima

Administratorska prava u aplikaciji podeljena su u dve grupe: master administrator i administratori funkcija. Master administratori imaju prava nad svim grupama i zaposlenima u aplikaciji dok su administrator funkcija odgovorni za grupe i zaposlene iz organizacione celine (funkcije) kojima i sami pripadaju.

Administratori su uključeni u distributivne grupe preko kojih im se zaposleni obraćaju za pomoć i na koje im se šalju email notifikacije.

Automatske poruke administratorima su:

- Promena organizacione celine radnika – ovo obaveštenje dobijaju i stari i novi administrator ako je radnik menjao funkciju kao i bivši i sadašnji supervizori
- Kod nedeljnog ličnog unosa administratori dobijaju spisak zaposlenih koji nisu popunili angažovanja na nedeljnom nivou
- Za mesečnu raspodelu dobijaju spisak radnika koji nisu uneli procentualnu raspodelu na angažovanjima.

Administratori su u obavezi da održavanju podatke vezane za projekate, radnike, grupe, aktivnosti, podaktivnosti, poslovne segmente, drajvere, zadatke kao i veze između grupa i organizacionih celina i/ili radnika, i grupa sa podaktivnostima.

### Arhitektura rešenja

Što se arhitekture ovog rešenja tiče postoje tri sloja:

- Front-end: Time Reporting interfejsi (.NET C#)
- Integracioni sloj: DB link

- Back-end: Time Reporting DB i HR poslovne aplikacije (HRMS Core i Evidencija prisustva na radu).

Aplikacija preuzima podatke o organizacionoj strukturi Preduzeća, ugovorima radnika, email adresi radnika i supervizorskoj hijerarhiji iz kadrovske baze, a prisutnost po danima sa planiranim fondom sati za svaki dan i odsustvovanja radnika se preuzimaju iz aplikacije Evidencija prisustva na radu. Preuzimanje podataka se vrši jednom dnevno osvežavanjem podataka u privremenim tabelama. Ovo rešenje je izabrano zbog brzine pristupa podacima i ispunjenju uslova vezanih za brzinu odziva aplikacije, a s obzirom na veliki broj korisnika koji mogu istovremeno ažurirati podatke.

## 4. ZAKLJUČAK

Poslovanje telekom operatora je pored svoje kompleksnosti dodatno izloženo čestim i detaljnim kontrolama i konstantno usmereno na ispunjenje zahteva regulatornih organa i revizora. Troškovni model je jedna od najčešće kontrolisanih tačaka i zato je predmet stalnih unapređenja sa ciljem preciznijeg izračunavanja troškova telekomunikacionih servisa. Upravo je jedan od najvećih izazova bio kako što tačnije odrediti trošak ljudskih resursa u ukupnom trošku servisa. Pre uspostavljanja Time Reporting aplikacije u Telekomu Srbija trošak zaposlenih je bio alocirani na telekomunikacione usluge na osnovu godišnje procene angažovanja zaposlenih na aktivnostima. Sa uvođenjem ove aplikacije godišnja procena angažovanja zamenjena je sa tačnim podacima o dnevnom, nedeljnom i mesečnom angažovanju zaposlenih koje unose sami zaposleni ili njihovi supervizori. Pored toga ovi podaci služe i za efikasnije upravljanje poslovanjem pojedinih organizacionih celina (IT, tehnika itd.) u kojima se pored evidencije podataka o angažovanju na aktivnostima iz troškovnog modela, unose i podaci o angažovanju na projektima, odnosno na projektnim i vanprojektnim aktivnostima, kao i podaci o lokaciji sa koje je zaposleni obavljao svoj posao.

Izazov implementacije jednog ovakvog sistema bio je i moguć potencijalni otpor zaposlenih u kompaniji koji sa ovim dobijaju još jednu obavezu u svakodnevnom radu. Zato je jako važno zaposlenima na pravi način objasniti svrhu evidentiranja njihovog angažovanja i potrebu za transparentnom informacijom o angažovanju. Zato su dva ključna rizika na projektu bila dobro osmisliti model – okvir Time Reporting aplikacije i dobro edukovati zaposlene o potrebi i načinu unosa, jer od ove dve komponente direktno zavisi kvalitet podataka i upotrebnost vrednost ovog sistema.

Posebna pažnja se mora posvetiti sastavljanju tima koji će učestovati na implementaciji jednog ovakvog rešenja. Članovi tog tima moraju biti i zaposleni koji su zaduženi za definisanje troškovnog modela, ali i menadžeri koji žele dobiti odgovore na pitanja vezana za angažovanje ljudskih resursa u organizacionim celinama kojima rukovode. Pored toga u timu moraju biti i iskusni IT softver inženjeri

koji će napraviti jedan jednostavan, korisnički intuitivan sistem. Obavezne komponente sistema koje olakšavaju rad korisnika su mail notifikacije, administrativni alati za biznis administratore, alati za izveštavanje itd.

I na kraju s obzirom da je Telekom Srbija kompanija sa blizu 10.000 zaposlenih, izazov je bio i kako organizovati korisničku podršku za ovakav sistem. Rešenje je bilo da se za svaki poslovni domen – funkcije, definiše administratorska grupa (administrator funkcija) koja predstavlja prvi nivo podrške. Drugi nivo podrške je IT podrška kojoj se prosleđuju incidenti i problemi u radu sa aplikacijom.

**Literatura:** Model raspodele troškova u Telekomu Srbija, Arthur D. Little GmbH

# INFORMACIONI SISTEM ZA UPRAVLJANJE DOBROVOLJNIM VATROGASNIM DRUŠTVOM

## INFORMATION SYSTEM FOR MANAGEMENT OF VOLUNTARY FIREFIGHTING SOCIETY

Marko Mišić<sup>1</sup>, Branislav Petrović<sup>1</sup>, Dražen Drašković<sup>1</sup>, Mirko Ilić<sup>2</sup>, Boško Nikolić<sup>1</sup>  
*Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet<sup>1</sup>*  
*Dobrovoljno vatrogasno društvo Kovin<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Savremene internet i veb tehnologije se sve više upotrebljavaju poslednjih godina kao podrška poslovanju, upravljanju i predstavljanju kompanija i različitih udruženja građana. Dobrovoljna vatrogasna društva imaju dugogodišnju tradiciju organizovanja ljudi u cilju zaštite od požara i drugih akcidenata. Pored glavnih ciljeva, dobrovoljni vatrogasci i na druge načine učestvuju u životu svojih zajednica, kroz vatrogasna takmičenja, učešće u humanitarnim i drugim manifestacijama i edukaciji iz oblasti zaštite. U ovom radu je prikazano jedno rešenje veb informacionog sistema za upravljanje radom i prezentovanje dobrovoljnog vatrogasnog društva. Informacioni sistem je realizovan na savremenim osnovama, kao sistem za upravljanje sadržajem, a u radu su detaljno opisane funkcionalna specifikacija sistema, tehnologije korišćene za implementaciju i testiranje sistema i način njegovog korišćenja.

**Abstract** – Modern internet and web technologies have been rapidly used in recent years to support business processes, management, and presentation of companies and civil societies. Voluntary firefighting societies have a long lasting tradition in organizing people and fire protection activities. Also, voluntary firefighters actively participate in their local communities through firemen competitions, different manifestations, and education related activities. In this paper, we present web information system for management and presentation of voluntary firefighting society, which is implemented as a modern content management system. We described functional specification of the system, technologies used for implementation and testing, and typical use cases.

### 1. UVOD

Dinamičan razvoj interneta i internet tehnologija otvorio je nove mogućnosti na poljima poslovanja i komunikacija. Veb aplikacije korisnicima pružaju promociju, brz protok informacija, koordinaciju aktivnosti, zabavu kao i mnogo drugih mogućnosti. U današnje vreme, aktivno poslovanje se teško može zamisliti bez dobre informatičke podrške. U tom smislu, kompanije, kao i druge organizacije, koriste i razvijaju informacione sisteme za podršku svom poslovanju. Kvalitetno rešenje informacionog sistema koje može da isprati dinamiku života i poslovanja, mora da bude fleksibilno kako bi se lako moglo proširiti i prilagoditi novim potrebama korisnika. Stoga se primenjuju arhitekturna rešenja kao što je MVC (*Model View Controller*) projektni uzorak, kako bi se kreirala

modularna rešenja, bez čvrstih veza među komponentama, koje se lako mogu održavati i testirati.

Pored kompanija, organizacije civilnog društva i udruženja građana takođe koriste nove tehnologije za svoju promociju i podršku svojim aktivnostima. U tom smislu, prema njihovim potrebama i u skladu sa delatnošću i organizacijom, razvijaju se odgovarajući informacioni sistemi. Ovaj rad prezentuje primenu savremenih internet tehnologija i dobrih programerskih praksi na primeru projektovanja i izrade veb informacionog sistema jednog dobrovoljnog vatrogasnog društva (DVD). Sistem korisnicima treba da pruži pomoć u organizaciji i koordinaciji aktivnosti, da omogući bolju informisanost i komunikaciju članova, kao i da obezbedi promociju samog vatrogasnog društva na internetu. Tipično, informacioni sistemi su mnogo više zastupljeni u radu profesionalnih vatrogasno-spasilačkih službi, kao podrška upravljanju rizicima i nesrećama, kao što se može videti u [1] i [2]. Ovaj rad se prvenstveno bavi dobrovoljnim vatrogastvom, a projektovani informacioni sistem je prilagođen potrebama dobrovoljnih vatrogasnih društava [3].

U radu je data detaljna specifikacija informacionog sistema sa pregledom željenih funkcionalnosti koje sistem treba da pruži, kao i detalji arhitekture i tehničke realizacije sistema. Sistem je razvijen u ASP.NET MVC 5 veb tehnologiji [4], uz korišćenje SQL Server 2012 baze podataka. Najveći deo sistema napisan je u programskom jeziku C#, dok su za prezentacioni deo aplikacije korišćeni veb jezici HTML, JavaScript i CSS. Uporedo sa izradom sistema, za određene funkcionalnosti su kreirani i jedinični testovi (*unit tests*), kojima je potvrđena ispravnost u radu aplikacije i stvorena dobra osnova za dalje održavanje i nadogradnju. Za podršku automatskom jediničnom testiranju su korišćene *Moq* [5] i *Ninject* [6] biblioteke.

Rad je podeljen na nekoliko sekcija. U drugom poglavlju je detaljno opisana funkcionalna specifikacija sistema, uz kratak osvrt na poslovne procese u okviru jednog dobrovoljnog vatrogasnog društva. Treće poglavlje sadrži kratak opis rada sistema. Četvrto poglavlje daje pregled korišćenih tehnologija, dok su u petom poglavlju opisani arhitektura i detalji realizacije sistema. U šestom poglavlju su prikazani neki detalji u vezi sa automatskim testiranjem sistema. Finalno poglavlje daje kratak zaključak i pravce daljeg unapređenja sistema.

## 2. FUNKCIONALNA SPECIFIKACIJA

Dobrovoljna vatrogasna društva su udruženja građana sa tradicijom dugom više od stotinu godina. U početku proizašla iz potrebe za zaštitom ljudi i imovine od požara i drugih akcidentnih situacija, danas su to udruženja koja aktivno učestvuju u svojim lokalnim zajednicama kako na polju zaštite od požara, prevencije i edukacije, tako i u različitim manifestacijama. Takođe, neka društva pružaju i određene komercijalne usluge iz svog domena delovanja. Za razliku od klasičnih organizacija civilnog društva, dobrovoljna vatrogasna društva poseduju izvesnu hijerarhiju – organizacionu strukturu, proisteklu iz potrebe za efikasnim delovanjem kod gašenja požara i u sličnim akcijama. Članovi društava najčešće poseduju određeni vatrogasni čin, a organizovani su u jedinice i ekipe koje poseduju komandnu hijerarhiju.

U okviru svog delokruga rada, dobrovoljna vatrogasna društva obavljaju različite aktivnosti. Osnovne aktivnosti se odnose na zaštitu od požara i učešće u akcijama gašenja, ali članovi društava aktivno učestvuju na vatrogasnim takmičenjima, organizuju se predavanja, tribine, kursevi i skupštine. DVD-ovi takođe učestvuju i na drugim internim i eksternim manifestacijama koje spadaju u njihov delokrug rada. U tom smislu, članovi se često dele u formalne ekipe za takmičenja i neformalne timove za učešće na drugim manifestacijama.

Osnovna ideja prilikom projektovanja veb informacionog sistema dobrovoljnog vatrogasnog društva je bila da omogući jednostavno upravljanje društvom i njegovim poslovima, uvažavajući specifičnosti dobrovoljnog vatrogastva i potreba za njegovim predstavljanjem na internetu. Veb informacioni sistem je zamišljen kao internet portal koji treba da omogući predstavljanje samog društva, njegove organizacione strukture i članstva, kao i njegovih aktivnosti, poput takmičenja, obuka, aktivnostima na gašenju požara, predavanja i tribina, humanitarnih akcija, galerija slika i slično.

Stoga je portal podeljen na nekoliko celina: a) osnovnu stranicu sa vestima i arhivom vesti, b) podacima o društvu (istorijat, oprema, organizacija, članstvo, ekipe), c) informacijama o bitnim događajima (takmičenja, intervencije, manifestacije), d) izabranim člancima, e) uslugama koje DVD nudi, f) galerijom slika, g) eksternim linkovima i h) kontakt podacima (osnovne informacije, mapa). Portal treba da se sastoji od otvorenog dela za obične korisnike i administrativnog dela za privilegovane korisnike koji mogu da vrše izmene, dodavanje i brisanje sadržaja sa portala i pristupaju određenim zatvorenim segmentima koji se ne prikazuju na otvorenom delu.

Svaki događaj treba da bude označen naslovom, vremenom održavanja, mestom i opisom. Uz događaj je potrebno omogućiti dodavanje slika i linkovanje ka internom ili eksternom sadržaju. Takmičenja su specifični događaji koji se održavaju periodično i njih treba zasebno organizovati u posebnu sekciju sajta, organizovano po godinama. U okviru jedne godine, ekipe DVD-a mogu učestvovati na više takmičenja. Takođe, posebno treba

izdvojiti intervencije i druge manifestacije (požari, humanitarne akcije i slično).

Na portalu treba omogućiti objavljivanje kratkih vesti i članaka. U jednom trenutku treba da bude objavljeno najviše pet aktivnih vesti, dok se ostale automatski prebacuju u arhivu. Objavljivanje vesti na sajtu sa omogućenim linkovanjem ka nekoj stranici u okviru sajta ili spolja. Članci mogu biti proizvoljne dužine i mogu sadržati više slika. U sekciji za linkove treba omogućiti dodavanje novih linkova. Za svaki link, pored fizičkog linka ka stranici, treba omogućiti zadavanje naslova i sličice.

Informacioni sistem treba da omogući manipulisanje i upravljanje članstvom DVD-a. Tipično, o članstvu se vodi račun kroz knjige članova koje sadrže osnovne lične podatke o članovima, ali i specifične podatke poput vatrogasnog čina, funkcije u društvu i slično. Kako su vatrogasni činovi određeni dokumentima nacionalnog vatrogasnog saveza i podložni promenama, treba omogućiti dodavanje novih vatrogasnih činova i izmenu postojećih. Osim činova, treba omogućiti dodavanje i ažuriranje funkcija u vatrogasnom društvu, kao što su funkcija predsednika, sekretara, komandira i drugih rukovodilaca.

Na portalu je potrebno prikazati osnovne informacije iz baze - ime, prezime, godinu rođenja, vatrogasni čin i sliku. Za privilegovane korisnike je potrebno omogućiti prikaz svih podataka i mogućnost snimanja iz baze u CSV format. Potrebno je omogućiti pretragu članstva po ovim kriterijumima i prikazivanje podataka.

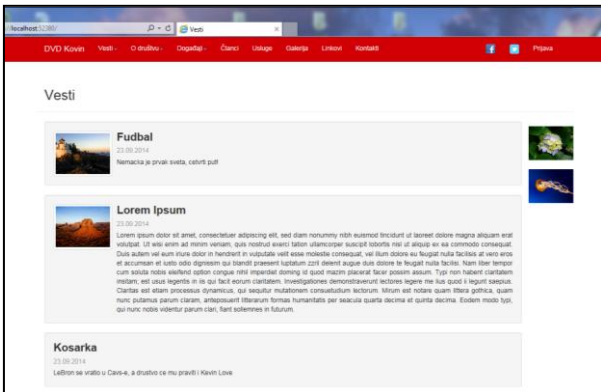
Svaki član može biti i deo neke ekipe vatrogasnog društva. Ekipe se sastoje od tačno deset članova, gde devetoro aktivno učestvuje na takmičenju, a jedan član je rezerva. Članovi mogu zauzimati jednu od unapred definisanih pozicija u ekipi. Svaki član može biti učestvovati u radu više različitih ekipa.

## 3. OPIS RADA SISTEMA

Opisana funkcionalna specifikacija jasno ukazuje da je informacioni sistem bilo potrebno realizovati kao sistem za upravljanje sadržajem (eng. *content management system*). Korisnici sistema (bilo obični ili privilegovani) često nisu računarski eksperti i treba im omogućiti što jednostavnije pregledanje i menjanje sadržaja portala. Stoga se sistem sastoji se od prezentacionog dela portala koji je dostupan svim eksternim i internim korisnicima i od administrativnog dela dostupnog samo privilegovanim korisnicima, odakle je moguće uređivati njegov sadržaj.

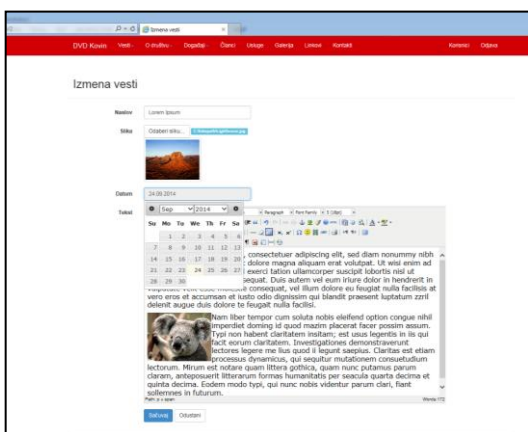
Javno dostupni deo informacionog sistema sastoji se od sekcija koje promovišu rad i organizaciju vatrogasnog društva. Naslovnu stranicu portala čini sekcija sa vestima, kao što se vidi na Slici 1. Stranica sa vestima korisnicima pruža uvid u pet aktuelnih vesti kao i vreme kad je vest kreirana. Kako bi vest bila što upečatljivija, postoji mogućnost postavljanja slike uz svaku vest. Svim ostalim stranicama se pristupa kroz menije na vrhu stranice, a

sadržaj se prikazuje u središnjem delu stranice. Sa desne strane je ostavljen prostor za banere koji se mogu dinamički menjati u administrativnom delu portala. Ostale stranice prikazuju sadržaj koji se ne menja previše često i odnosi se na podatke o samom vatrogasnom društvu i njegovoj organizaciji, članstvu, ekipama, događajima, uslugama koje društvo pruža i slično.



Slika 1. Glavna stranica portala sa vestima

Sadržaj internet portala dostupan posetiocima, podlozan je izmenama od strane privilegovanih korisnika kroz administrativni deo informacionog sistema. Privilegovani korisnici, takođe mogu pristupiti informacijama koje nisu javno dostupne, a mogu kreirati i nove privilegovane korisnike. Za svaku sekciju u javno dostupnom delu sistema, kreiran je skup stranica koje administratorima pružaju mogućnost uređivanja. Kao i kod javno dostupnog dela portala, navigacija se obavlja putem meni linije koja se nalazi pri vrhu svake stranice. Privilegovani korisnici kroz tabelarni prikaz mogu videti grupisane elemente određene sekcije portala. Odatle po potrebi mogu trajno obrisati deo sadržaja ili pristupiti stranicama za dodavanje novih, odnosno ažuriranje postojećih vesti, članaka, događaja i drugih informacija dostupnih u sistemu.



Slika 2. Stranica za uređivanje sadržaja

Kompletno uređivanje vesti i članaka omogućeno je kroz tekst editor komponentu, poput onih koje su često zastupljene na internet forumima. Tekst editor raspolaže svim osnovnim funkcionalnostima koji zadovoljavaju potrebe uređivanja sadržaja, a sadrži i neke napredne opcije poput ubacivanja multimedijalnog sadržaja (slika i video zapisa), kao što se može videti na Slici 2.

Baza članova je poseban deo informacionog sistema koji omogućava vođenje kompletne evidencije o članstvu dobrovoljnog vatrogasnog društva, od kojih se samo manji deo prikazuje na javnim stranicama. Baza članova sadrži podatke o njihovim ličnim podacima, ali i vatrogasnim činovima, funkciji u društvu. Za svakog člana je moguće dodati i sliku. Takođe, podaci iz baze članova se koriste prilikom raspoređivanja članova u ekipe za takmičenja. Bazu članova je moguće izvesti u CSV format radi eksternog korišćenja.

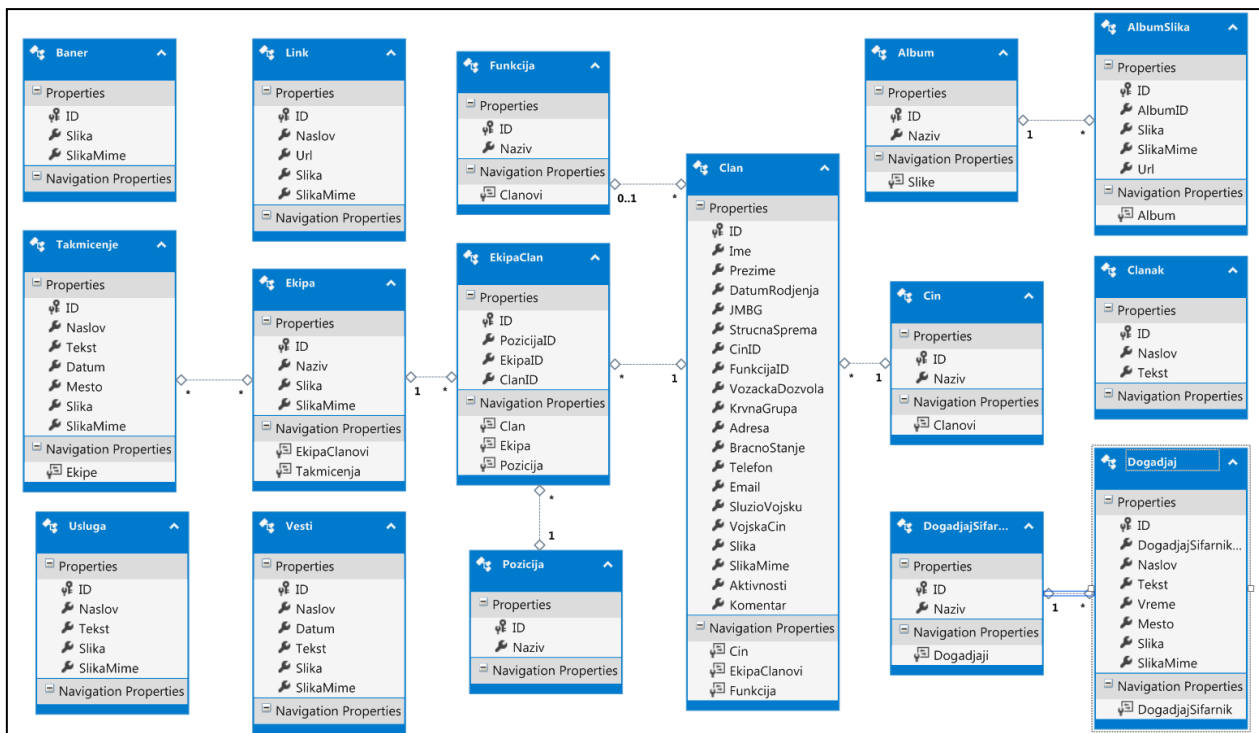
#### 4. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

Tokom analize specifikacije projekta, razmatrane su i potencijalne tehnologije u kojima bi sistem mogao biti realizovan. Iako postoje specijalizovani alati za kreiranje internet portala, poput WordPress ili Joomla, odlučeno je da se koristi Microsoft .NET platforma, odnosno ASP.NET MVC 5 veb tehnologija. Ona je pogodna kako za projekte manjeg obima, tako i za razvoj *enterprise* rešenja, a prati je odlična podrška i alati za razvoj.

ASP.NET MVC platforma veoma dobro koristi sve prednosti MVC arhitekture i na taj način omogućava jasnu podelu arhitekturnih slojeva aplikacije, kao i korišćenih jezika i tehnologija. Ceo *framework* je dosta fleksibilan u radu, tako da je moguće predefinisane klase proširiti ili pak potpuno zameniti svojom implementacijom. Ovaj framework je u potpunosti izgrađen na temeljima ASP.NET tehnologije i pruža programerima širok skup mogućnosti, uz punu podršku za pisanje testova. ASP.NET MVC platforma je praktično izgrađena sa namerom da se omogući što efikasnije kreiranje kako jediničnih testova, tako i velikih integracionih testova.

Prezentacioni sloj portala je građen u jeziku HTML, uz korišćenje JavaScript za implementaciju responzivnog dizajna i CSS za stilizovanje sadržaja. Radi dobijanja što boljih vizuelnih karakteristika korišćena je biblioteka *Bootstrap* [7]. Jedna od glavnih karakteristika ove biblioteke je što omogućava dinamičko prilagođavanje izgleda internet stranice veličini ekrana uređaja na kome je otvorena. Na ovaj način moguće je kreirati stranice koje će istovremeno imati privlačan izgled na velikim računarskim monitorima i mobilnim uređajima poput mobilnih telefona i tablet uređaja.

Za smeštanje baze podataka je korišćen je Microsoft SQL Server 2012. Komunikacija aplikacije i baze podataka, predstavlja jedan od ključnih segmenata realizovanog sistema, a ona je ostvarena Microsoft *Entity* framework za objektno-relaciono mapiranje. Ovaj alat pruža visok nivo apstrakcije u radu sa bazom podataka, omogućavajući efikasno mapiranje tabela i procedura iz baze podataka u domenski specifične objekte korišćene od strane aplikacije. Pošto je za realizaciju sistema bilo potrebno napraviti potpuno nov model baze podataka relativno male kompleksnosti, shema baze podataka je generisana na osnovu domenskih objekata i klase konteksta, za šta *Entity* framework ima dobru podršku.



Slika 3. Model podataka informacionog sistema dobrovoljnog vatrogasnog društva

## 5. ARHITEKTURA I REALIZACIJA SISTEMA

Informacioni sistem dobrovoljnog vatrogasnog društva realizovan je sa arhitekturnom postavkom po uzoru na MVC projektni uzorak. Ovakva postavka arhitekture, rešenje čini veoma fleksibilnim, sa jasno odvojenim logičkim celinama (*Model-View-Controller*), pa samim tim omogućava lakše održavanje i nadogradnju sistema. Još jedna od prednosti kreiranja rešenja sa slabom međusobnom povezanošću gradivnih komponenta je i lakše kreiranje jediničnih i integracionih testova.

### Implementacija MVC arhitekture

Kontroler je komponenta unutar internet aplikacije koja je zadužena za prihvatanje komandi koje inicira korisnik. Ove komande su realizovane u vidu HTTP GET i POST zahteva, a poštovana je konvencija W3C organizacije da se GET metode koriste samo za zahteve za nekim resursom, a da se POST metodom šalju podaci na obradu. U zavisnosti od pristiglog zahteva kontroler će ažurirati određeni model podataka, odnosno *view* komponentu.

Pogled (*view*), predstavlja prezentacioni sloj aplikacije i odnosi se na sadržaj internet stranice koji je kreiran putem HTML, CSS i JavaScript jezika nakon zahteva upućenog kontroleru. Pogled tipično koristi klasu modela iz koje izvlači potrebne podatke za prikaz, a korisnik dobija povratnu informaciju o akciji koju je sproveo. Izrada pogleda u okviru ASP.NET MVC 5 aplikacije u mnogome je olakšana primenom *Razor View Engine-a*, sintakse koja omogućava laku integraciju koda pisanog u nekom od .NET jezika poput C#, sa HTML kodom.

Sve informacije koje se prikazuju korisniku sadržane su u modelu. Model je komponenta koja treba da bude

nezavisna i od kontrolera i od pogleda. Model je nosilac određenog skupa podataka i ne treba da ima informaciju o tome koje komponente mu pristupaju. Stoga je u izradi informacionog sistema DVD-a model podataka izdvojen u zaseban projekat u okviru rešenja. Model sačinjavaju klase objekata (entiteti) koje pružaju informacije u skladu sa specifikacijom zahteva. Model podataka informacionog sistema dobrovoljnog vatrogasnog društva je prikazan na Slici 3.

### Model podataka

Prilikom projektovanja sistema, najpre su identifikovani svi neophodni podaci koji treba da budu pohranjeni u sistemu i utvrđene su međusobne relacije koje postoje između određenih tipova podataka. Na osnovu ovih informacija o svakom podatku, doneta je odluka o načinu arhiviranja svakog od njih. Pre svega uočeno je da je većina podataka repetitivna, odnosno da može postojati više podataka istog tipa, poput vesti, članova, takmičenja itd. Za skladištenje ovakvih informacija, baza podataka je idealno rešenje. Tokom analize prepoznato je i nekoliko podataka koji su unikatni i ne zahtevaju da budu čuvani u tabelama. Radi optimalnog iskorišćenja baze podataka, odlučeno je da se podaci poput informacija o istorijatu društva, njegovoj organizaciji i kontakt informacijama skladište u XML fajlovima.

Podaci kao što su vesti, članci, linkovi, usluge i baneri ne poseduju neke relacije sa ostalim podacima, pa su tako na modelu podataka na Slici 3. prikazani kao individualni entiteti. Svaki od ovih podataka poseduje polje ID koje ujedno čini i primarni ključ i globalno ga jednoznačno identifikuje. Osim identifikatora, u zavisnosti od tipa podatka svaki entitet nosi informacije kao što su naslovi, tekstualni opisi, slike, datumi i ostali podaci.



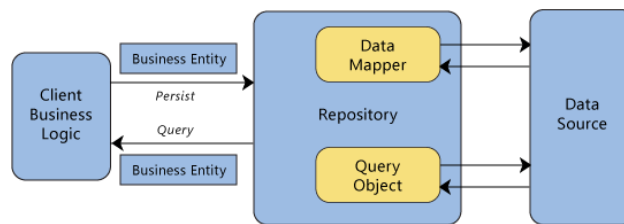
Galerija slika predstavlja jednu od karakterističnih celina u kojoj postoji relacija među podacima. Korisnici u sistemu mogu kreirati albume za slike koji će nositi neki naslov, a unutar svakog albuma učitavače različite fotografije. Za potrebe skladištenja ovih podataka kreirane su dve tabele, *Album* i *AlbumSlika* koje su u relaciji  $1:n$ . Ovakvom postavkom obezbeđeno je da svaki album može sadržati više različitih slika, dok svaka slika mora biti deo jednog albuma. Zanimljive relacije u modelu imaju i članovi. Da bi neko mogao da postane član vatrogasnog društva, neophodno je da ima određeni vatrogasni čin, a kako više članova u društvu može imati isti čin, u ovoj situaciji ponovo postoji relacija  $1:n$ . Situacija je malo drugačija sa funkcijama u društvu. Kao i kod činova, više članova može vršiti istu funkciju, ali neki članovi ne moraju vršiti ni jednu. Iz ovoga proističe da je relacija članova i funkcija tipa  $0..1:n$ .

U specifikaciji zahteva je naznačeno da članovi društva mogu biti u sastavu neke ekipe učestvujući u radu na određenoj poziciji, a da svaka ekipa može učestvovati na vatrogasnim takmičenjima. Ovde postoji situacija da član može biti u sastavu jedne ekipe, a u ekipi može učestvovati više članova svaki na različitoj poziciji. Kako bi ova situacija bila rešena, kreirana je jedna vezna tabela *EkipaClan*, koja ima relaciju  $1:n$  sa članovima, takođe  $1:n$  sa ekipama i  $1:n$  sa pozicijama u ekipi. Preostala relacija među ekipama i takmičenjima je  $n:n$ , jer svaka ekipa može učestvovati na više različitih takmičenja, a na svakom takmičenju može učestvovati više ekipa.

### Međusloj za pristup podacima

Rad sa podacima jeste osnovna namena informacionog sistema, pa u skladu s tim treba obezbediti što efikasniji način pristupa podacima iz same aplikacije. U zavisnosti od platforme na kojoj se sistem realizuje, postoje različite tehnologije koje omogućavaju kreiranje međusloja sistema koji će biti zadužen za obavljanje CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) operacija. Kao što je već napomenuto podaci se u kreiranom informacionom sistemu čuvaju u dva različita tipa skladišta: u bazi podataka i u XML fajlovima, pa je bilo neophodno osmisliti odgovarajući način za komunikaciju internet aplikacije i ovih skladišta informacija.

U posebno odvojenom delu sistema namenjenom za realizaciju modela podataka, kreirana je kompletna infrastruktura koja za cilj ima mapiranje svih podataka iz baze i XML fajlova u klase entiteta. Cilj je bio da se ostatku sistema omogući što apstraktniji način pristupa podacima, praktično predstavljajući ceo model podataka u vidu zbirke POCO (*Plain Old CLR Object*) klasa. Ostatku sistema bi trebalo da bude potpuno irelevantno na koji način i gde se smeštaju podaci, bitno je jedino da su oni dostupni u vidu objekata koji nose potrebne informacije. Izdvajanje međusloja sistema za komunikaciju sa skladištima podataka, veoma često se realizuje primenom *Repository pattern*-a čiji se dijagram može videti na Slici 4.



Slika 4. Diagram *Repository pattern*-a (izvor: Microsoft MSDN)

## 6. AUTOMATSKO TESTIRANJE SISTEMA

Verifikacija ispravnosti rada nekog sistema obično se dobija testiranjem što većeg broja kreiranih funkcionalnosti, kako bi se predupredili potencijalni problemi pre nego što sistem uđe u eksploataciju. Iako se programer može staviti u ulogu korisnika i simulirati njegov način rada kako bi se ustanovila ispravnost sistema, ovakav način testiranja nije najpogodniji. Pre svega, takav test zahteva da dobar deo sistema već bude realizovan, komponente kreirane i test podaci spremni. Svi resursi moraju biti dostupni, a veze među komponentama moraju biti oformljene, što otežava testiranje u ranijim fazama projekta i zahteva obimne pripreme.

Stoga se uporedo sa izradom sistema za određene funkcionalnosti kreiraju jedinični testovi, kojima se potvrđuje ispravnost u radu aplikacije i stvara dobra osnova za dalje održavanje i nadogradnju. Ovakvi testovi se izvršavaju velikom brzinom, momentalno pružajući izveštaj o tome da li neka od celina funkcioniše na pravi način ili ne. Izazov kod pisanja jediničnih testova predstavlja činjenica da klase u sistemu ne smeju biti u tesnoj vezi jedna sa drugom, odnosno da ne trebaju da zavise od drugih klasa. Ovakav stil programiranja zahteva dosta znanja i ovladavanje različitim tehnikama, ali sistem čini veoma fleksibilnim i lakim za testiranje, pošto se ceo proces može automatizovati. Automatsko testiranje u današnje vreme predstavlja imperativ za stvaranje pouzdanog i fleksibilnog informacionog sistema, a inicijalni dodatni napor i vreme uloženi za pisanje testova, u daljem životnom ciklusu aplikacije predstavljaju višestruku dobit za razvojni tim.

Da bi se sprovodilo jedinično testiranje, potrebno je držati se određenih pravila. Jedno od osnovnih pravila zahteva da objekti ne zavise od konkretne implementacije nekog tipa, već isključivo od interfejsa. Ukoliko je taj zahtev ispoštovan, onda se interfejsi od kojih zavisi objekat klase koja se testira mogu implementirati kao jednostavne klase koje vraćaju unapred definisane vrednosti implementiranih metoda interfejsa. Ovaj postupak se naziva mokovanje (*mocking*), a jednostavne klase koje implementiraju odgovarajuće interfejs se nazivaju *mock-ovi* [8].

Druga važna tehnika za kreiranje i sprovođenje jediničnih testova je ubavicanje zavisnosti (*dependency injection*). Tehnika sugerise da nove instance određenih objekata ne treba kreirati unutar klase koja obavlja neku logiku, već

sve objekte od kojih ta klasa zavisi ubacivati putem *setter* metoda ili parametara konstruktora. Instanciranje objekata se izmešta u neku drugu komponentu koja će biti specijalizovana za ovaj posao, praktično zamenjujući nadležnosti, pa se tehnika ponekad naziva *Inversion of Control (IoC)*. Ova tehnika omogućava kontrolisano ubacivanje *mock* objekata u komponentu koja se testira.

Za Microsoft .NET platformu postoji mnoštvo biblioteka i koji omogućavaju automatsko jedinično testiranje korišćenjem *mock* komponenti i tehnike ubacivanja zavisnosti. Prilikom izrade projekta su korišćeni *Moq* framework za kreiranje *mock* objekata [5] i *Ninject* framework [6] za ubacivanje zavisnosti. *Ninject* je *dependency injection* framework koji omogućava instanciranje objekata zadatih tipova i njihovo ubacivanje putem parametrizovanih funkcija ili konstruktora u druge objekte. Najveća moć *Ninject*-a je u tome što se vrlo lako integriše sa ASP.NET MVC platformom i pruža mogućnost prebacivanja odgovornosti instanciranja objekata na samu platformu.

U MVC arhitekturi, svi kontroleri su izvedeni iz klase *Controller*, a za njihovo instanciranje zadužena je ASP.NET MVC platforma. Ovu činjenicu *Ninject* koristi da sugeriše koji objekat bi trebao biti kreiran i ubačen u kontroler prilikom njegovog instanciranja i na taj način oslobađajući kontroler odgovornosti za instanciranje objekata. Kontroleri su implementirani tako da zavise samo od nekog interfejsa, a ne od konkretne implementacije. U projektu, svaki kontroler je kreiran tako da zavisi samo od interfejsa repozitorijuma, dok je preko određenih metoda kreira set pravila po kom će tačno određena implementacija repozitorijuma biti prosleđena kontroleru.

Pošto su kontroleri nezavisni od konkretne implementacije repozitorijuma, on se u testovima može mokovati kako bi jedinični testovi bili nezavisni od modela podataka. U testovima su za potrebu mokovanja koristiti pomenuti *Moq* framework, pomoću koga se na osnovu interfejsa može kreirati jednostavna implementacija klase tačno specificirajući šta će od podataka određena metoda ili polje vratiti.

## 7. ZAKLJUČAK

Informacioni sistemi u današnje vreme predstavljaju kičmu poslovanja svake organizacije. Digitalizacija sadržaja i poslovnih procesa čine rad optimalnijim i efikasnijim za svakog pojedinca i organizaciju. Cilj izrade ovog projekta je upravo bilo omogućavanje lakše komunikacije i organizacije unutar jednog dobrovoljnog vatrogasnog društva, uz mogućnost predstavljanja i promocije organizacije na internetu.

Tokom izrade projekta mnogo vremena i pažnje je posvećeno kvalitetnom postavljaju arhitekture samog sistema, poštujući dobre programerske prakse i preporuke.

Informacioni sistem je kreiran sa izdvojenim slojem podataka, domenom podataka, u kome je rešen problem pristupa fizičkim podacima pohranjenim u različitom tipu skladišta podataka. Sama arhitektura internet aplikacije postavljena je po principima MVC projektnog uzorka, uz jasno razdvajanje logičkih celina modela, pogleda i kontrolera.

Glavni pravci daljeg razvoja ovog informacionog sistema se pre svega odnose na unapređenja korisničkog interfejsa, najviše u administrativnom delu. U tom smislu, trebalo bi implementirati „*drag and drop*“ funkcionalnosti u radu sa članovima i ekipama, sortiranje i filtriranje određenih sekcija portala. Takođe, moguće je uraditi i optimizaciju pretraživanja (*search engine optimization*), kako bi se poboljšala vidljivost portala na internetu. Treći pravac razvoja bi išao ka izradi aplikacije optimizovane za mobilne uređaje koja bi omogućila pristup sadržaju informacionog sistema sa mobilnih telefona, tableta i drugih prenosnih uređaja.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti broj III44009 i TR32047). Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

## LITERATURA

- [1] Turoff, M., Chumer, M., Van de Walle, B. and Yao, X., “The design of a dynamic emergency response management information system (DERMIS)”, *Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA)* Vol. 5, No. 4, pp 1-35, 2004.
- [2] Meissner, A., Luckenbach, T., Risse, T., Kirste, T., & Kirchner, H., “Design challenges for an integrated disaster management communication and information system”, *The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks (DIREN 2002)*, Vol. 24, 2002.
- [3] Petrović, B., “Realizacija veb informacionog sistema za upravljanje dobrovoljnim vatrogasnim društvom“, master rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, septembar 2014.
- [4] ASP.NET MVC: The Official Microsoft ASP.NET Site, <http://www.asp.net/mvc>, pristupano 28.01.2015.
- [5] Moq: an enjoyable mocking library, <https://github.com/Moq/moq4>, pristupano 28.01.2015.
- [6] Ninject - Open source dependency injector for .NET, <http://www.ninject.org/>, pristupano 28.01.2015.
- [7] Bootstrap project, <http://getbootstrap.com/>, pristupano 28.01.2015.
- [8] Osherove, R., “Interaction testing with mock objects”, *The art of unit testing*, Manning, 2009.

# RAZLIČITI PRISTUPI U SPEKTRALNOJ ANALIZI PERIODIČNIH SIGNALA THE DIFFERENT APPROACHES IN SPECTRAL ANALYSIS OF PERIODIC SIGNALS

Jovan Mihajlović, Boban Bondžulić, Boban Pavlović, Goran Stanković  
*Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija*

**Sadržaj** - U radu su opisani teorijski, softverski i hardverski pristup u spektralnoj analizi periodičnih signala za obrazovne svrhe. Softverska realizacija je omogućena pomoću koda napisanog u programskom paketu Matlab. Hardverska realizacija sprovedena je na dva načina, kroz spektralnu analizu periodičnog signala pomoću analizatora spektra i kroz analizu izobličenja signala usled ograničenja propusnog opsega sistema. Softverska i hardverska realizacija omogućavaju bolje razumevanje teorijskih razmatranja. Navedeni pristupi su realizovani za potrebe laboratorijskih vežbi iz predmeta Telekomunikacije 1 na Vojnoj akademiji u Beogradu.

**Abstract** - In this paper we present theoretical, software and hardware approaches in spectral analysis of periodic signals for educational purposes. Software realization has been performed through Matlab code. Hardware realization has been conducted in two different ways, through spectral analysis of periodic signal using spectrum analyzer and through signal distortion analysis owing to limited system (filter) bandwidth. Software and hardware realizations enable better understanding of theoretical considerations. These approaches are implemented for Telecommunications 1 subject - laboratory tutorials, in Military academy in Belgrade.

## 1. UVOD

Najveći broj domaćih i svetskih fakulteta uvod u oblast telekomunikacija počinje sa spektralnom analizom periodičnih signala. Dualnost posmatranja signala u vremenskom i spektralnom domenu je veoma bitna za inženjere u oblasti elektronike i elektrotehnike, kao i u drugim oblastima inženjerstva. Reprerentacije signala u jednom ili drugom domenu imaju svoje prednosti (mane) koje je potrebno poznavati kako bi se što bolje iskoristile (odnosno zaobišle) [1].

Furijeova transformacija povezuje oba domena i ona se široko koristi u analizi i sintezi kola, projektovanju filtara, obradi signala, u elektromagnetici, modelovanju propagacije radio signala i sl. Studentima se Furijeova transformacija predstavlja kroz teorijska razmatranja koja su im veoma teška za razumevanje. U najvećem broju slučajeva se Furijeova transformacija (FT) signala shvata kao crna kutija koja povezuje vremenski i spektralni domen, čime su njihova znanja površna [2]. Zbog toga su, polazeći od teorijskih razmatranja, za potrebe razumevanja spektralne analize signala realizovani softverski i hardverski pristupi koji potvrđuju i omogućavaju bolje razumevanje teorijskih postavki.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom delu rada su opisane najbitnije teorijske postavke u spektralnoj analizi periodičnih signala. Spektralna analiza ilustrovana je na primeru unipolarne povorke pravougaonih impulsa jednakog trajanja impulsa i pauze. U trećem delu rada opisana je laboratorijska vežba kroz koju se korišćenjem merne opreme (generator signala, osciloskop, analizator spektra, filter) potvrđuju teorijska razmatranja. Rezultati merenja su prikazani zajedno sa očekivanjima, generisanim u programskom paketu Matlab. Najbitniji zaključci i pravci daljeg rada dati su u poslednjem, četvrtom, delu rada.

## 2. TEORIJSKA RAZMATRANJA

Periodičan signal  $f(t)$  periode  $T$  za koji je ispunjen Dirichletov uslov može se predstaviti Furijeovim redom u kompleksnom obliku kao [3,4]:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega_0 t} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |F_n| e^{jn\omega_0 t + j\theta_n} \quad (1)$$

gde je  $\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi/T$  osnovna kružna učestanost periodičnog signala  $f(t)$ . Veličina  $F_n$  predstavlja kompleksni spektar signala  $f(t)$  koji je dat izrazom:

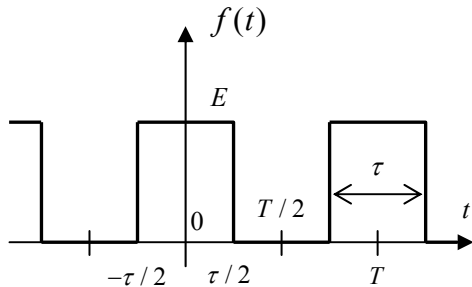
$$F_n = |F_n| e^{j\theta_n} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

i u literaturi se može naći i pod nazivom Furijeova transformacija periodične funkcije. Moduo kompleksnog spektra,  $|F_n|$ , naziva se amplitudskim spektrom a faza  $\theta_n$  faznim spektrom periodičnog signala  $f(t)$ .

Prema tome, periodičan signal  $f(t)$  predstavljen je zbirom beskonačno mnogo prostoperiodičnih komponenti čije su amplitude  $|F_n|$ , faze  $\theta_n$  a učestanosti  $n\omega_0$ , gde je  $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$  Prostoperiodične komponente nazivaju se harmonicima signala  $f(t)$ . Time je složen talasni oblik signala rastavljen na proste oblike. Na osnovu izraza (2) proizilazi da je spektar periodičnog signala diskretan (linijski).

Talasni oblik od interesa je prikazan na slici 1 i on predstavlja periodičnu povorku pravougaonih impulsa periode  $T$ , amplitude  $E$  i trajanja impulsa  $\tau$ . On se na intervalu jedne periode može definisati sledećim izrazom:

$$f(t) = \begin{cases} 0, & -\frac{T}{2} < t < -\frac{\tau}{2} \\ E, & -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2} \\ 0, & \frac{\tau}{2} < t \leq \frac{T}{2} \end{cases} \quad (3)$$



Slika 1. Periodična povorka pravougaonih impulsa periode  $T$ , amplitude  $E$  i trajanja impulsa  $\tau$ .

Saglasno izrazu (2) kompleksni spektar ovog signala dat je izrazom [5,6]:

$$F_n = \frac{E\tau \sin(n\omega_0\tau/2)}{T n\omega_0\tau/2}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4)$$

Ako se dodatno usvoji da je faktor popune (režima)  $\alpha = \tau/T = 1/2$ , kompleksni spektar se svodi na:

$$F_n = \frac{E}{2} \frac{\sin(n\pi/2)}{n\pi/2}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (5)$$

Faktor popune od 1/2 (50%) govori da impuls i pauza u periodičnoj povorki imaju isto trajanje. Amplitudski spektar signala  $f(t)$  tada je dat izrazom:

$$|F_n| = \frac{E}{2} \left| \frac{\sin(n\pi/2)}{n\pi/2} \right|, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (6)$$

Polazeći od kompleksnog spektra (4) i razvoja u Furijeov red datog izrazom (1), signal od interesa  $f(t)$  se može predstaviti u obliku:

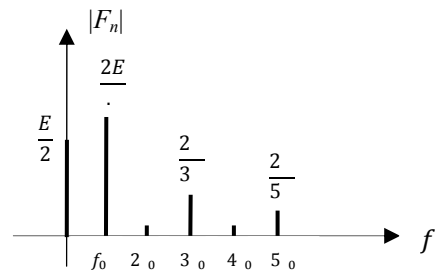
$$f(t) = \frac{E}{2} + 2E \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{(2k+1)\pi} \cos((2k+1)2\pi f_0 t) \quad (7)$$

tj. funkcija  $f(t)$  ima samo neparne harmonike učestanosti  $f_0, 3f_0, 5f_0, \dots$ . Prvi član ( $E/2$ ) u izrazu (7) predstavlja srednju vrednost signala  $f(t)$ .

Jednostrani amplitudski spektar periodične povorke pravougaonih impulsa sa slike 1 prikazan je na slici 2. Uočava se da se nule amplitudskog spektra nalaze se na učestanostima:

$$f = \frac{1}{\tau} k = 2f_0 k, \quad k = \pm 1, \pm 2 \dots \quad (8)$$

Takođe, može se uočiti i da se sa povećanjem reda harmonika njegove amplitude (značaj) smanjuju. Harmonik učestanosti  $f_0$  ima najveću amplitudu, i u odnosu na nju amplitude neparnih harmonika su manje tri, pet, sedam puta itd.



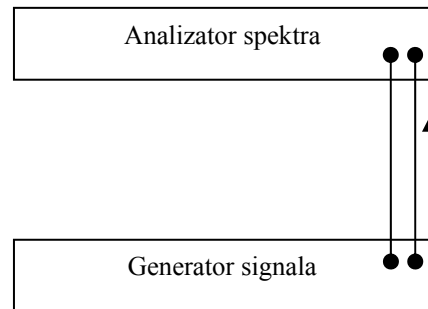
Slika 2. Jednostrani amplitudski spektar periodične povorke pravougaonih impulsa sa slike 1.

### 3. OPIS LABORATORIJSKE VEŽBE

Vežba je podeljena na tri dela. U prvom delu vežbe analizira se spektralni sadržaj periodične povorke pravougaonih impulsa dok se u preostala dva dela vežbe analiziraju izobličenja signala pri prolasku kroz sistem propusnik niskih učestanosti i sistem propusnik opsega učestanosti.

#### A. Analiza spektralnog sadržaja periodične povorke pravougaonih impulsa

Uređaji potrebni za rad povezani su na način prikazan na slici 3(a), dok je izgled mernog mesta prikazan na slici 3(b). Od uređaja se koriste generator signala i analizator spektra. Na generatoru signala izabrana je povorka pravougaonih impulsa učestanosti 1 kHz (faktor popune 50%) i amplitude  $E=5$  V, dok se na analizatoru spektra posmatra amplitudski spektar izvornog signala.



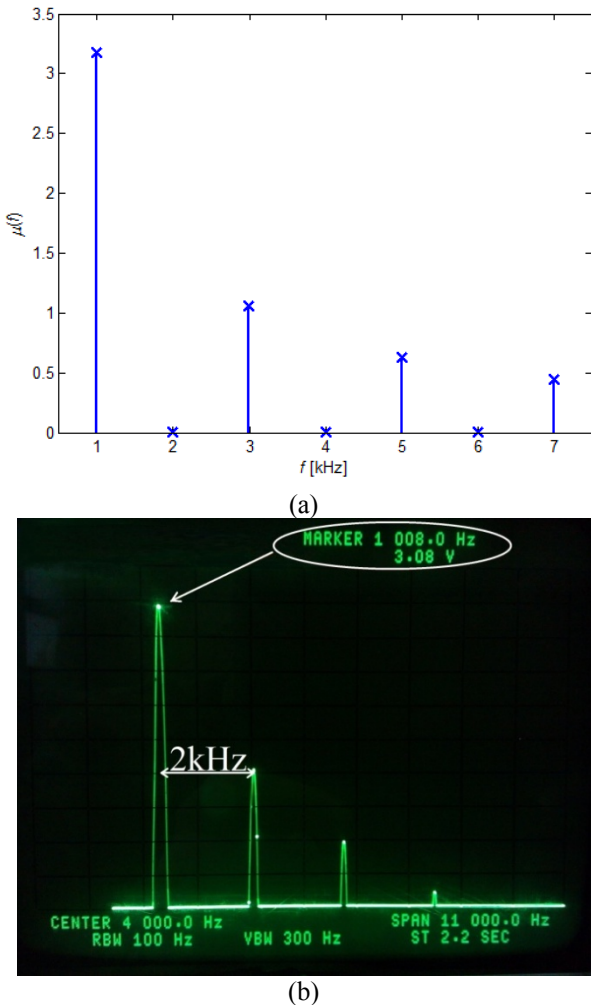
(a)



(b)

Slika 3. (a) blok-šema povezivanja uređaja, (b) izgled mernog mesta.

Na slici 4 prikazane su amplitude harmonika (amplitudski spektri) periodične povorke pravougaonih impulsa dobijene u programskom paketu Matlab (slika 4(a)) i kroz merenja na analizatoru spektra (slika 4(b)).



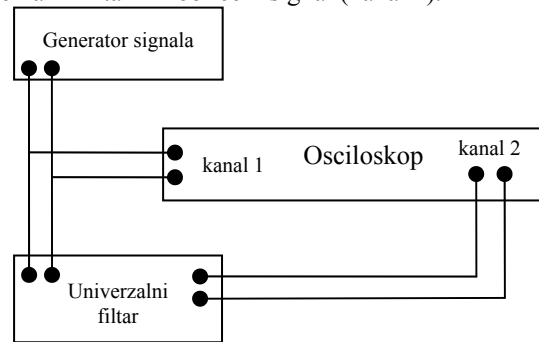
Slika 4. Amplitudski spektrar periodične povorke pravougaonih impulsa: (a) dobijen pomoću programskog paketa Matlab i (b) dobijen merenjem (izgled ekrana analizatora spektra).

Sa slike 4(a) se vidi da amplituda osnovnog harmonika učestanosti 1 kHz iznosi 3.18 V ( $2E/\pi$ ), dok je amplituda dobijena merenjem 3.08 V (slika 4(b)). Takođe, može se uočiti da se sa povećanjem reda harmonika amplitude (značaj) smanjuju, a što je u skladu sa teoretskim razmatranjima. U spektru, kao što je ranije naglašeno, postoje samo neparni harmonici.

#### B. Ispitivanje izobličenja signala pri prolasku kroz sistem propusnik niskih učestanosti

U ovom delu vežbe ispituju se izobličenja signala pri prolasku kroz sistem propusnik niskih učestanosti. Uređaji potrebni za rad povezani su na način prikazan na slici 5(a), dok je izgled mernog mesta prikazan na slici 5(b). Od uređaja se koriste generator signala, univerzalni filter i osciloskop [7]. Dvokanalni osciloskop omogućava da se istovremeno posmatraju talasni oblici izvornog

signala (kanal 1) i signala nakon prolaska kroz univerzalni filter – izobličeni signal (kanal 2).



(a)



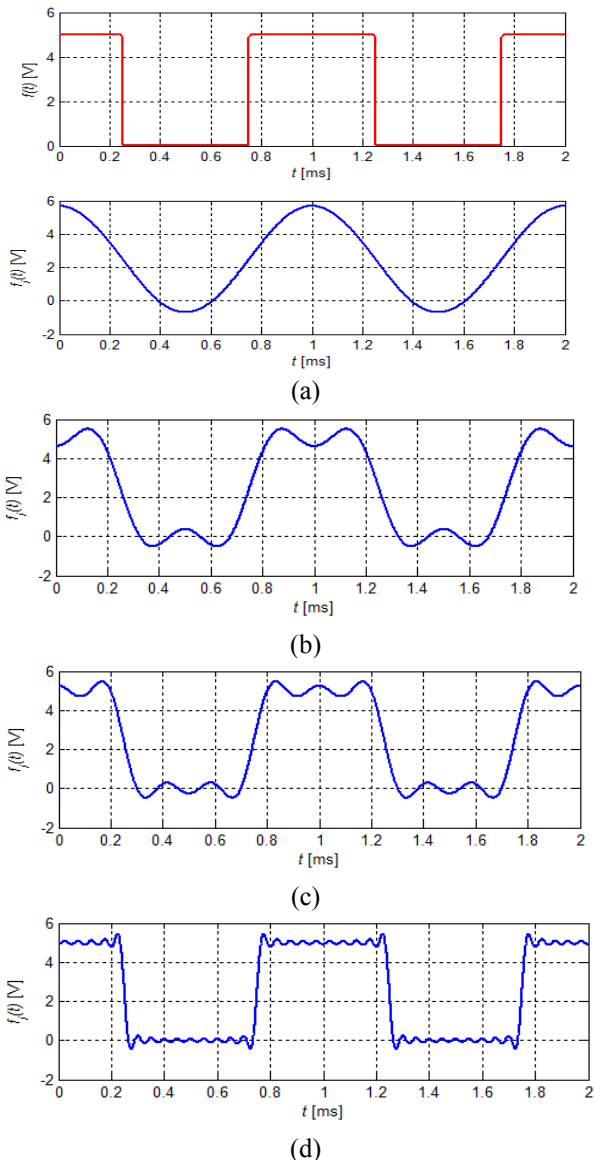
(b)

Slika 5. (a) blok-šema povezivanja uređaja, (b) izgled mernog mesta.

Na generatoru signala izabrana je povorka pravougaonih impulsa učestanosti 1 kHz (faktor popune 50%) i amplitude  $E=5$  V. Na univerzalnom filteru potrebno je izabrati filter propusnik niskih učestanosti (LP – low pass). Talasni oblici sa izlaza generatora signala i filtra propusnika niskih učestanosti posmatraju se na osciloskopu. Kroz promenu granične učestanosti LP filtra,  $f_g$ , ispituju se izobličenja signala.

Slike 6 i 7 ilustruju izobličenja signala za različite granične učestanosti LP filtra. Na slici 6 prikazana su izobličenja koja se dobijaju u programskom paketu Matlab, dok su na slici 7 prikazana izobličenja koja su dobijena merenjima.

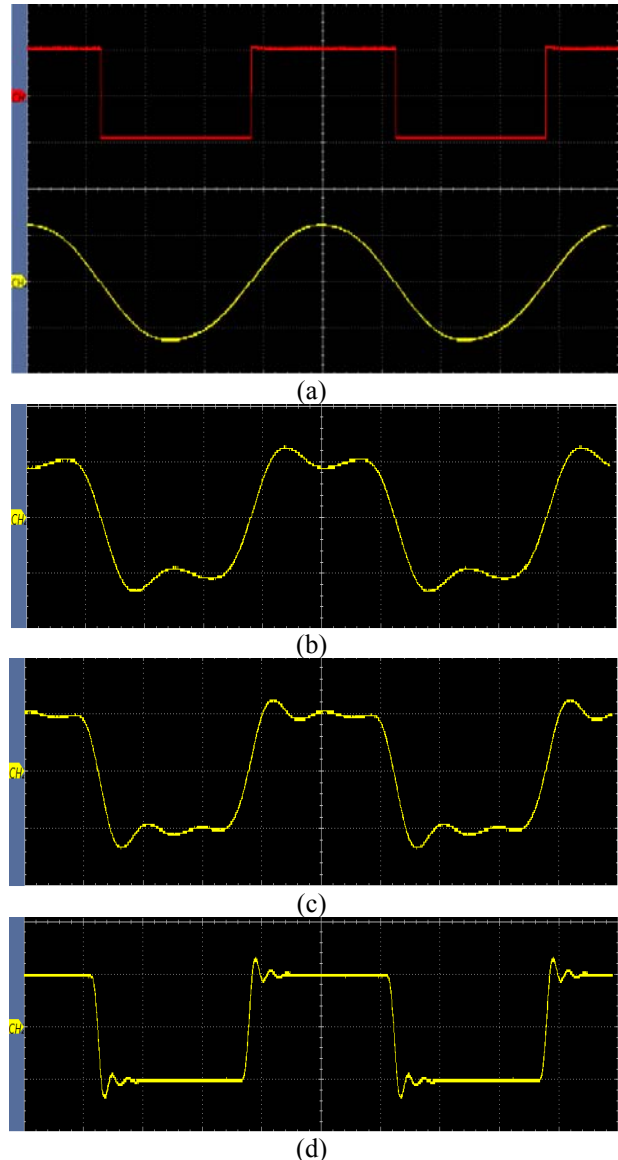
Sa slike 6 i 7 se uočava da se sa povećanjem granične učestanosti filtra propusnika niskih učestanosti smanjuju izobličenja izvornog signala. Za graničnu učestanost filtra od  $f_g=2$  kHz na njegovom izlazu se nalazi prostoperiodična komponenta učestanosti 1 kHz (slike 6(a) i 7(a)). Za granične učestanosti od 4 kHz i 6 kHz signal na izlazu filtra predstavlja zbir jednosmerne komponente i dva, odnosno tri, prostoperiodična signala – harmonika. Ukoliko je granična učestanost filtra  $f_g=20$  kHz, signal na izlazu je složenog talasnog oblika koji predstavlja zbir jednosmerne komponente i deset prostoperiodičnih komponenti – harmonika učestanosti 1 kHz, 3 kHz, 5 kHz, ... i 19 kHz. Takođe, merenja prikazana na slici 7 se slažu sa talasnim oblicima prikazanim na slici 6, dobijenim u programskom paketu Matlab.



Slika 6. Ilustracija izobličenja signala pri prolasku kroz filter propusnik niskih učestanosti korišćenjem programskog paketa Matlab: (a) talasni oblici izvornog signala i signala sa izlaza filtra za  $f_g=2$  kHz, (b) (c) i (d) talasni oblici signala sa izlaza filtra za granične učestanosti  $f_g=4$  kHz,  $f_g=6$  kHz i  $f_g=20$  kHz, respektivno.

### C. Ispitivanje izobličenja signala pri prolasku kroz sistem propusnik opsega učestanosti

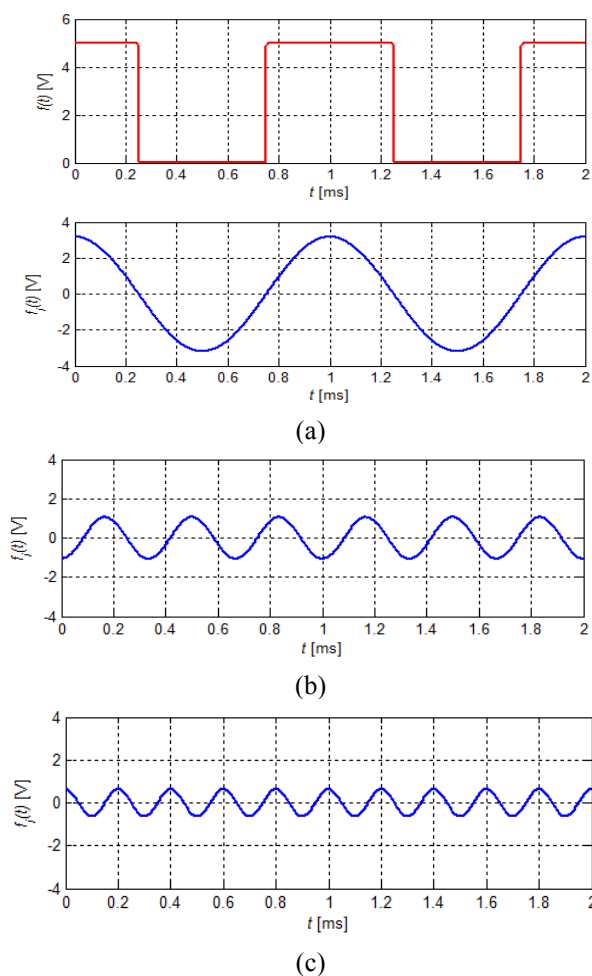
U ovom delu vežbe ispituju se izobličenja signala pri prolasku kroz sistem propusnik opsega učestanosti. Uređaji potrebni za rad povezani su na način prikazan na slici 5, pri čemu je na univerzalnom filteru potrebno izabrati filter propusnik opsega učestanosti (BP – band pass). Na generatoru signala izabrana je povorka pravougaonih impulsa učestanosti 1 kHz (faktor popune 50%) i amplitude  $E=5$  V. Talasni oblici sa izlaza generatora signala i filtra propusnika niskih učestanosti posmatraju se na osciloskopu. Kroz promenu graničnih učestanosti BP filtra,  $f_d$  i  $f_g$ , vrši se izdvajanje željenih harmonika izvornog signala.



Slika 7. Ispitivanje izobličenja signala pri prolasku kroz filter propusnik niskih učestanosti korišćenjem uređaja sa slike 5: (a) talasni oblici izvornog signala i signala sa izlaza filtra za  $f_g=2$  kHz, (b) (c) i (d) talasni oblici signala sa izlaza filtra za granične učestanosti  $f_g=4$  kHz,  $f_g=6$  kHz i  $f_g=20$  kHz, respektivno (Time/Div: 200 $\mu$ s i Volt/Div: 2,5V).

Sa slika 8 i 9 se uočava izdvajanje harmonika periodične povorka pravougaonih impulsa. Učestanosti harmonika su 1 kHz, 3 kHz i 5 kHz. Takođe, može se uočiti da se amplituda harmonika smanjuje sa povećanjem njegovog reda. Merjenja prikazana na slici 9 se slažu sa očekivanjima, prikazanim na slici 8.

Amplitude oscilacija koje se javljaju na izlazu iz filtra propusnika opsega i njihovi odnosi dati su u Tabeli 1. Odnosi amplituda se slažu sa odnosima koji se očekuju na osnovu teoretskih razmatranja (1/3 i 1/5).

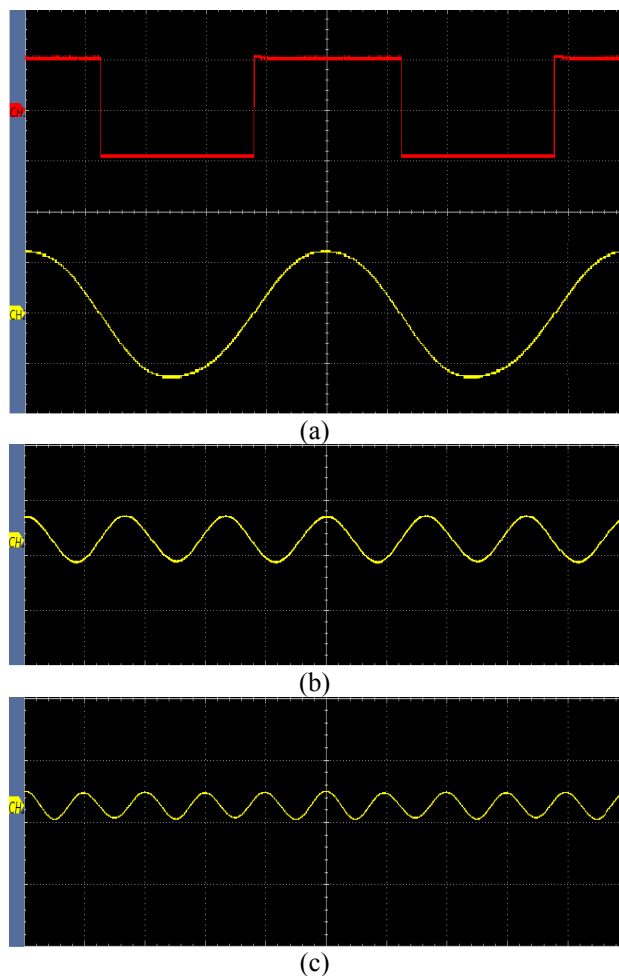


Slika 8. Ilustracija izobličenja signala pri prolasku kroz filter propusnik opsega učestanosti korišćenjem programskog paketa Matlab: (a) talasni oblici izvornog signala i signala sa izlaza filtra za  $f_d=0,5$  kHz i  $f_g=1,5$  kHz; (b) i (c) talasni oblici signala sa izlaza filtra za granične učestanosti  $f_d=2,5$  kHz i  $f_g=3,5$  kHz;  $f_d=4,5$  kHz i  $f_g=5,5$  kHz, respektivno.

Tabela 1. Rezultati merenja amplituda signala na izlazu filtra propusnika opsega učestanosti.

Granične učestanosti filtra $f_d$ i $f_g$ [kHz]	0,5÷1,5	2,5÷3,5	4,5÷5,5
Učestanost signala [kHz]	1	3	5
Red harmonika	1	3	5
Amplituda signala [V]	3,08	1,03	0,616
Odnos prema najvećoj amplitudi	1	≈1/3	≈1/5

Ispitivanje izobličenja signala usled ograničenja propusnog opsega ilustrovano je korišćenjem filtra propusnika niskih učestanosti i filtra propusnika opsega. Kroz promenu granične/graničnih učestanosti analiziran je efekat izdvajanja harmonika izvornog signala. Slična zapažanja mogu se izvesti i ukoliko se granične učestanosti filtra ne menjaju a menja se osnovna učestanost periodične povorke pravougaonih impulsa.



Slika 9. Ispitivanje izobličenja signala pri prolasku kroz filter propusnik opsega učestanosti korišćenjem uređaja sa slike 5: (a) talasni oblici izvornog signala i signala sa izlaza filtra za  $f_d=0,5$  kHz i  $f_g=1,5$  kHz; (b) i (c) talasni oblici signala sa izlaza filtra za granične učestanosti  $f_d=2,5$  kHz i  $f_g=3,5$  kHz;  $f_d=4,5$  kHz i  $f_g=5,5$  kHz, respektivno (Time/Div: 200μs i Volt/Div: 2,5V).

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu su opisani različiti pristupi spektralnoj analizi periodičnih signala. Softverska i hardverska realizacija spektralne analize potvrdila je teorijska razmatranja i omogućila bolje razumevanje Furijeove transformacije kao jedne od korišćenih tehnika spektralne analize. U daljem radu planira se implementacija kombinovanog, softversko-hardverskog pristupa pomoću zvučne kartice računara i korisničkog grafičkog okruženja u Matlabu. Dodatno se planira implementacija spektralne analize signala u Matlab/Simulink okruženju.

#### LITERATURA

- [1] J.A. Morente, A. Salinas, S. Toledo-Redondo, J. Fornieles-Callejon, A. Mendez, J. Porti, A new experimental-based way to introduce Fourier Transform and time domain-frequency domain duality, IEEE Transactions on Education, Vol. 56, No. 4, pp. 400-406, November 2013.

[2] S. Marinković, A. Zeković, M. Štimac, Različiti pristupi u praktičnoj nastavi u oblasti spektralne analize, Konferencija INFOTEH, Jahorina, Zbornik radova, str. 523-526, 2014.

[3] I.S. Stojanović, Osnovi telekomunikacija, Građevinska knjiga, Beograd, 1973.

[4] M.L. Dukić, Principi telekomunikacija, Akademska misao, Beograd, 2008.

[5] Z. Stojanović, M. Dukić, Z. Petrović, Z. Dobrosavljević, Osnovi telekomunikacija - Zbornik rešenih problema, Nauka, Beograd, 1995.

[6] M.L. Dukić, G. Marković, D. Vujić, Principi telekomunikacija – Zbornik rešenih problema, Akademska misao, Beograd, 2009.

[7] M.L. Dukić, D.S. Vujić, Đ. Sarač, M.D. Bjelica, G.B. Marković, J.D. Čertić, Osnovi telekomunikacija – Praktikum za laboratorijske vežbe, ETF Beograd, 2008.



# SOFTVER "ODRŽAVANJE" PROCESA SISTEMA ODRŽAVANJA POMOĆNE MEHANIZACIJE NA POVŠINSKOM KOPU UGLJA „MAINTENANCE" SOFTWARE FOR AUXILIARY MACHINERY MAINTENANCE SYSTEM PROCESS

Miloš Ivanović<sup>1</sup>, Branko Stefanović<sup>1</sup>, Nikola Todorović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>2</sup>Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu

**Sadržaj** – Zadatak pomoćne mehanizacije (rudarske mašina, vozila) na površinskom kopu uglja je da obezbedi rad osnovne mehanizacije (bageri za otkopavanje jalovine i uglja). Sistem održavanja utiče na gotovost i raspoloživost pomoćne mehanizacije-PM. U cilju unapređenja sistema održavanja, a time i povišenje raspoloživosti i gotovosti PM razvijen je, projektovan i implementiran softver "Održavanje". Softver "održavanje", obezbedjenje podataka i informacija za upravljanje sistemom održavanja u realnom vremenu. U radu je prikazan poslovni proces i softver "Održavanje".

**Abstract** - Auxiliary machinery task (mining machines, vehicles) on open pit is to assure the work of main machinery (bulldozer for digging rock waste and coal). Maintenance system effects on readiness and availability of auxiliary machinery – AM. In order to improve system maintenance, and thereby the elevation of AM readiness and availability, it has been developed and implemented „Maintenance" software and service. „Maintenance" software provides data and information for maintenance system management in real time, which has been described in paper.

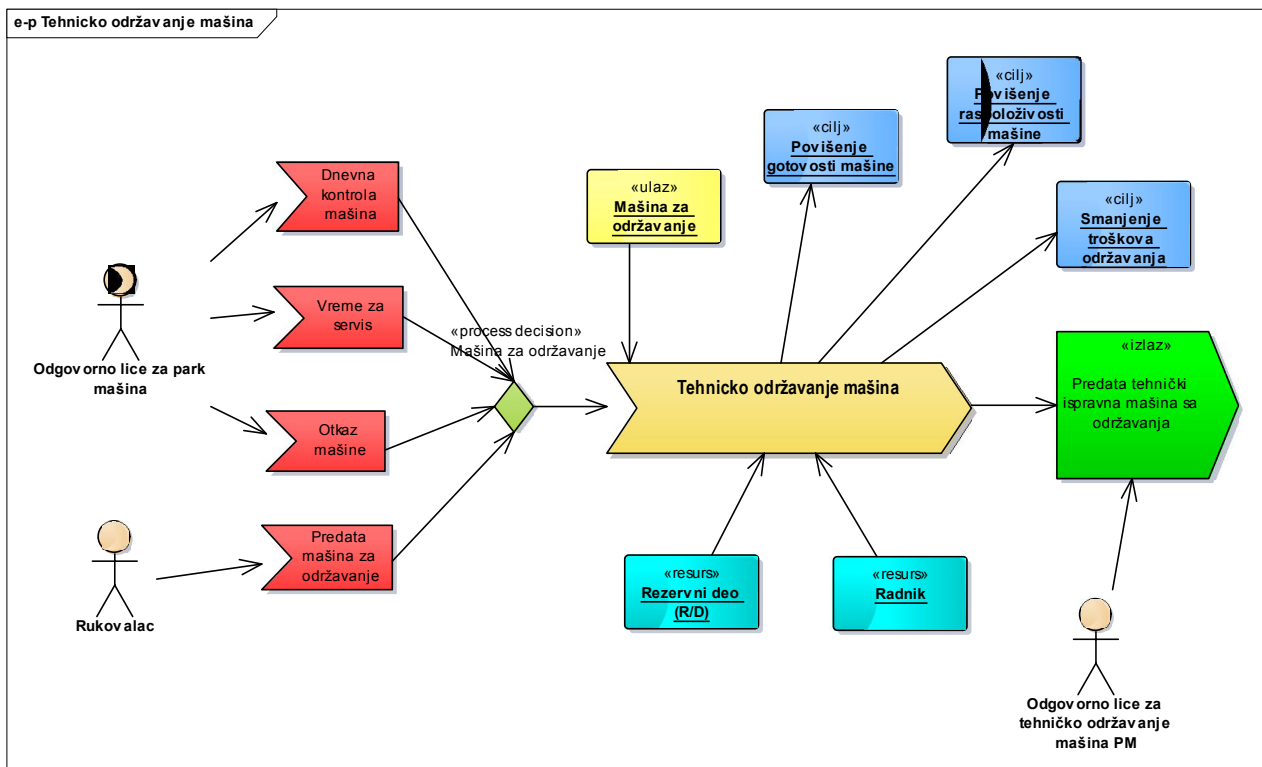
## 1. UVOD

Razvoj, projektovanje i implementacija unapređenog sistema upravljanja održavanjem mašina/vozila pomoćne mehanizacije zasnovan je na:

- organizaciji (uloge-nosioci odgovornosti su odgovorna lica PM – odgovorno lice za park mašina i odgovorno lice za tehničko održavanje mašina, a proces je pokriven „od-kraja-do-kraja“),
- tehnologiji (primenjen je isti/prošireni skup podataka i dokumenata, kao za Održavanje mašina (interni korisnici). Ključni podaci su o Mašini, Radniku, Rezervnom delu koji su sadržani u objektnom modelu informacionog sistema PD termoelektrane i kopovi Kostolac, nadalje-TE-KO Kostolac, u čijem sastavu je i sektor IT sa FIS-om, odnosno Finansijskim IS.

Poslovni proces *Održavanje mašina i vozila pomoćne mehanizacije-PM* (rudarske mašine, vozila) obuhvata podprocese:

- preventivno, (servisi, održavanje prema stanju, održavanje na bazi pouzdanosti)
- korektivno i
- kombinovano.



Sl. 1. Poslovni proces "Tehničko održavanje mašina i vozila"

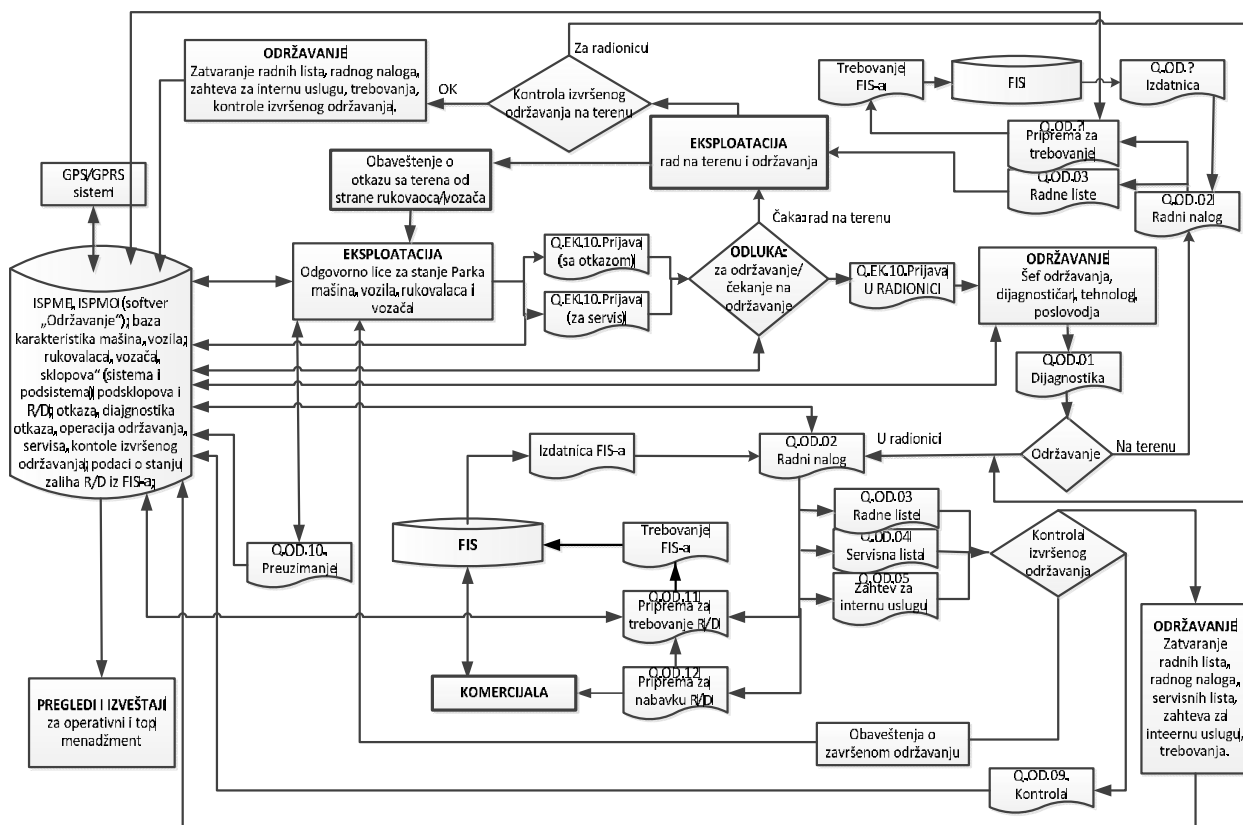
Na površinskom kopu uglja navedena koncepcija održavanja se sprovodi u radionicama pomoćne mehanizacije i u spoljnim servisima (van radionica PM).

Obuhvaćene aktivnosti unapredjenog poslovnog procesa Tehničko održavanja mašina/vozila, sl. 1, su: od prijave za održavanje do predaje ispravne mašine/vozila sa održavanja, sa korišćenjem potrebnih resursa (radionice, kvalifikovano osoblje, rezervni delovi, uređaji za ispitivanje motora i mašine, tehnička dokumentacija, informacijski sistem za upravljanje sistemom održavanja), radi realizacije ciljeva: povišenje gotovosti i raspoloživosti, uz smanjenje troškova održavanja.

Poslovni proces "Tehničko održavanja mašina/vozila" podržan je razvijenim, projektovanim i implementiranim aplikativnim softverom "Održavanje" na površinskom kopu uglja Drmno, TE-KO-a.

## 2. SOFTVER "ODRŽAVANJE"

Poslovni proces sistema održavanja predstavlja osnovu za razvoj, projektovanje i implementaciju aplikativnog softvera "Održavanje". Na sl. 2. su prikazani tokovi podataka, informacija i dokumenta "Održavanja" koji su u daljem tekstu prikazane sa ekranskim formama.



Sl. 2. Tokovi podataka i dokumenata u softveru "Održavanje" procesa sistema održavanja PM

Proces, i rad sa softvrom započinje u eksploataciji, sl. 3, prijavom otkaza/ servisa putem "Prijave Q,EX.10", sl. 4.

The screenshot shows a software window titled 'TE KO Kustobas - Pomoćna mehanizacija'. It contains a form for reporting a breakdown ('PRIJAVA br. za radionicu'). The form includes fields for 'Vrsta (Model)/Tip', 'Mesto rada mašine', 'Status', 'Servis', and 'Ostaje radna funkcija'. There are also sections for 'Prijava motora/ostale dijagnostike' and 'Ostali podaci i napomena'. The interface is in a standard Windows-style layout with buttons and text boxes.

Sl. 3. Prijava za održavanje "Nove prijave"

Sl. 4. Prijava Q.EX.10 otkaza/servisa mašine/vozila

Po prijavi otkaza donosi se odluka, da li je mašina/vozilo za održavanje ili za dalji rad na kopu (jer, određeni pomoćni radovi moraju da se obave u realnom vremenu da ne bi došlo do zastoja osnovne mehanizacije, i ako

mašina radi sa otkazom, ali otkazom koji ne ugrožava rukovalaca). Po donošenju odluke da mašina/vozilo "ide" na održavanje ista se "upćuje" na održavanje, sl. 5.

TE KO Kostolac - Pomoćna mehanizacija

Home [Potvrda prijavljenih otkaza](#)

Radionica

**Pregled prijavljenih otkaza / servisa - Šef službe**

R.br.	Mašina	Broj prijave	Pozicija	Otkaz / Servis	Šef eksploatacije	Šef službe	Razmotrio prijavu	
							Za održavanje	Na čekanju
1.	Buldozer A/A2 / TD40 / C	4/14	IBTO	Diferencijal - Cunt ulije	09-09-2014 15:15 - BaneMF		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	Buldozer B / B08 / TD25 / MEHTRA	7/14	IV BTO	Hidrauličko upravlja - Ne radi šenkanje gusenica	29-09-2014 09:38 - BaneMF		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				Alternator - Ne puni alternator.	29-09-2014 09:38 - BaneMF		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				ms4	29-09-2014 09:38 - BaneMF		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sl. 5. Pregled i potvrda prijavljenih otkaza



TE KO Kostolac - Pomoćna mehanizacija

Sl. 7. Glavni meni

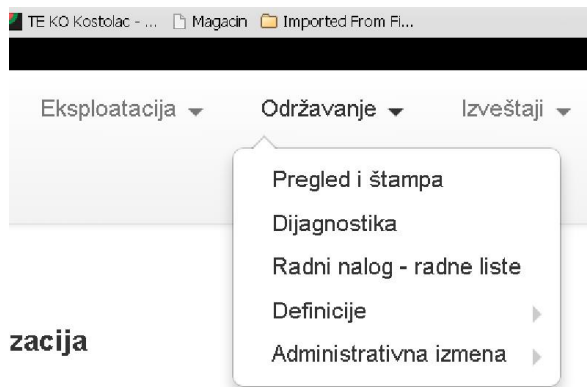
Pregled o stanju mašina/vozila na održavanju i štampa (prijave, dijagnostike, radnog naloga, radnih lista) se može videti iz glavnog menija, sl. 6, aktiviranjem opcije "Održavanje", sl. 7, pa klikom na opciju "Pregledi i štampa", sl. 8. Ilustracije radi na sl. 9 je prikazana ekranska forma Radnih lista koja može i da se štampa.

Sledeći korak, u skladu sa procesom održavanja, je dijagnostika. Klikom na opciju "Dijagnostika", sl. 7, otvara se forma za unošenje podataka o stvarnom otkazu-dijagnosticiranom otkazu od starne dijagnostičara (jer, prijavljeni otkaz u prijavi od starne eksploatacije, može, ali i ne mora da bude stvarni otkaz), sl. 10. Otkazi u prijavi podrazumevaju:

- otkaze koji su se dogodili pri radu mašine/vozila: za korektivno održavanje,
- otkrivene otkaze dijagnostičkim uredjanima "prema stanju": za održavanje prema stanju,
- redovne servise za mašine/vozila: za preventivno održavanje.

Po aktiviranju menija "Održavanje", sl. 7, aktivira se "Radni nalog-radne liste", sl. 11. Zatim se otvara ekranska forma "Radni nalog-radne liste" sa unetim stavkama "otkazi dijagnostike" koji podrazumevaju:

- definisanje operacije održavanja za "otkaz dijagnostike": za korektivno održavanje,



zacija

Sl. 7. Podmeni "Održavanje"

TE KO Kostolac - Pomoćna mehanizacija

Home [Pregled Prijava](#)

Izvoz

[Pretraga](#)

Zapisa 1 za 9 od 9

Br. prijave	Datum prijave	Za radionicu	Int.broj	Vrsta/Model i tip	Pozicija				
9/14	22.10.2014 08:43:09	Rad_PM VOZILA	UA250	Vozilo putničko-31519-315195-051	2000/1/B-1	<input type="button" value="Pr. Prijava - Stavke(2)"/>	<input type="button" value="Pr. Dijagnostike(7)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnog naloga(9)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnih listi(9)"/>
8/14	30.09.2014 13:58:40	Autotransp	A1	Buldozer A-TD40-C		<input type="button" value="Pr. Prijava - Stavke(2)"/>	<input type="button" value="Pr. Dijagnostike(0)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnog naloga(0)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnih listi(0)"/>
7/14	29.09.2014 09:38:22	Autotransp	B08	Buldozer B-TD25-M EHTRA	1300 (B3)	<input type="button" value="Pr. Prijava - Stavke(3)"/>	<input type="button" value="Pr. Dijagnostike(0)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnog naloga(0)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnih listi(0)"/>
6/14	22.09.2014 11:41:12	Autotransp	A1	Buldozer A-TD40-C	1300 (B3)	<input type="button" value="Pr. Prijava - Stavke(2)"/>	<input type="button" value="Pr. Dijagnostike(0)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnog naloga(0)"/>	<input type="button" value="Pr. Radnih listi(0)"/>

Sl. 8. Pregled stanja održavanja mašina/vozila i štampa (izvoz)

PO "TE-KO" Kostolac POMOĆNA MEHANIZACIJA		RADNA LISTA 9/14 Od 22.10.2014 08:43:09 - Radionica: Rad_PM VOZILA				Q.OD.03 08.12.2014 07:55:23 Gratis			
Pozicija	Int.br.	Vrsta, model, tip		VIN	Br. motora				
20001/B-1	UAZ58	Vozilo putničko-31519-315195-051		-	ZMZ 40904				
Stanje brojila				Stanje goriva					
- mič 432 km				245252 L -%					
#	Lokacija rada	Objekat	Sifra	Operacija	Početak	Završeno	Radnik - Overa	Norma [Cas]	
1.	Rad_PM MAŠINE	04 Anlaser	-	Zamena četkica	28.11.2014 22:36:55	01.12.2014 (Da)	Acic Aleksandar	2,00	0,00
2.	Rad_PM MAŠINE	03 Alternator	-	Zamena četkica	27.11.2014 13:58:17	01.12.2014 (Ne)	Acic Aleksandar	2,00	0,00
3.	SS Radulović	41 Mašina	-	Testavljan	-	- (-)		1,00	0,00
4.	SS Radulović	41 Mašina	-	Servis SVM	-	- (-)		3,00	0,00
5.	Rad_PM VOZILA	03 Alternator	-	Zamena četkica	02.12.2014 11:47:54	- (-)	Antonijević Djordje	3,00	0,00
6.	Rad_PM MAŠINE	09 Diferencijal	-	zamena zaprtke 23	02.12.2014 11:49:30	03.12.2014 (-)	Antonijević Djordje	445,00	0,00
7.	Centar	03 Alternator	-	Zamena novim	02.12.2014 09:08:55	- (-)	Acic Aleksandar	3,00	0,00
8.	Rad_PM MAŠINE	41 Mašina	-	Testavljan	28.11.2014 22:28:35	- (-)	Antonijević Djordje	1,00	0,00
9.	Rad_PM MAŠINE	03 Alternator	-	Pregled i opnka	27.11.2014 13:58:17	- (-)	Adamović Draško	2,00	0,00
Ukupno:								462,00	.00
#	Otvorio		Kontrolisao		Zatvorio				
	Datum	Ime i prezime	Datum	Ime i prezime	Datum	Ime i prezime			
1	28.11.2014 22:37:00	BaneMF	30.11.2014 20:54:22	BaneMF	-	-			
Komentar: -									
2	28.11.2014 11:39:02	BaneMF	30.11.2014 20:54:22	BaneMF	-	-			

Sl. 9. Radne liste za rad radnika u održavanju

## TE KO Kostolac - Pomoćna mehanizacija

[Home](#) / [Pregled Prijava](#) / [Pr.Dijagnostike](#)

IZVOZ ▾

Br prijave	Datum prijave	Za radionicu	Int broj	Vrsta/Model i tip	Pozicija
9/14	22.10.2014 08:43:09	Rad_PM VOZILA	UAZ58	Vozilo putničko-31519-315195-051	20001/B-1

Pretraga

Zapisa 1 za 7 od 7

Br prijave	Mesto održavanja	Vrsta	Objekat	Dijagnostika otkaza	Zav.	Otv.datum	Otkaz po prijavi
9/14	SS Radulović, Servis Radulović	Korektivno	Mašina	Servis SVM	Da	02.12.2014 12:07:55	-
9/14	Rad_PM MAŠINE, Radionica pom. meh. NOVA	Korektivno	Mašina	Servis SVM	Da	27.11.2014 13:57:14	-
9/14	Rad_PM MAŠINE, Radionica pom. meh. NOVA	Korektivno	Alternator	Četkice dotrajale	Da	02.12.2014 09:07:21	-

Sl. 10. Dijagnostika

- definisanje operacije održavanja za "održavanje prema stanju za otkrivene otkaze dijagnostičkim uredjanima "prema stanju": za održavanje prema stanju,
- skup operacija održavanja redovnih servisa za mašine/vozila: za preventivno održavnje.

Po aktiviranju "klikom" bilo koje stavke u redu "otkazi dijagnostike", sl. 10, aktivira se za izabrana stavka iz "Dijagnostike" za stavku operacije održavanja., sl. 11. Zatim klikom na opciju "dodaj" aktivira se opcija-red gde će se operacija održavanja obaviti (u predmetnoj radionici, ili na terenu: u skaldu sa pozicijom iz GPS/GPRS sistema) sa normom za održavnje. Zatim se unosi "zadata" norma operacije održavanja" (počev od prve zadate za određenu operaciju održavanja, koj se pamti u bazi "Operacije i norme"). Opcija priznata norma se unosi po završenoj operaciji održavanja.

**Radne liste.** Po definisanju "operacije održavanja i norme" za određenu stavku, a za odabrane "radnike" vrši

se izbor radnika za izvršenje ove operacije održavanja iz padajućeg menija: "Radne grupe", pa "Radnik" iz radne grupe, sl. 11.

**Napomena:** Za jednu stavku "otkaz dijagnostike" moguće je otvoriti više stavki "operacija održavanja"; Dopuna radnih naloga je moguća sve dok se ne izvrši kontrola izvršenih radova u održavanju. Ova opcija je predviđena jer nije uvek mog će sve tačno dijagnosticirati dok se neki "sklop" ne demontira i utvrdi stvni otkaz, a zatim i operacije održavnja, pa i radnika u održavanju.

**Kontrola.** Po izvršenim operacijama održavanja od strane radnika vrši se "kontola" izvršenog održavanja i funkcionalnosti. Klikom na kvadrat "Kontrola" overava se da je održavanje pozitivno izvršeno, sl. 11.

**Zatvaranje.** Ako je kontrola pozitivna klikom na opciju "Zatvaranje" zatvaraju se radne liste, a zatim i radni

nalog, sl.11. Ovim se automatski obaveštava eksploatacija da je održavanje mašine/vozila završeno, i da mašina "postaje" raspoloživa.

**Preuzimanje.** Po obaveštenja eksploatacije da je završeno održavanje mašin/vozila vrši se primopredaja dokumentom "Preuzimanje" u el. i papirnom obliku.

TE KO Kostolac - Pomoćna mehanizacija

Home / Pregled Dijagnostike za Radni nalog / Radni nalog

Izvoz ▾

Br.prijeve	Interni broj	Mesto održavanja	Održavanje	Objekat rada	Dijagnostike otkaza	Red. servis	Datum	Komentar
2/15	A5	PR radovi	Korektivno	Diferencijal za sankanje	bhyk ul		04.02.2015 09:34:51	
2/15	A5	Rad.P.M	Preventivno	Mašina	Servis	ms1	04.02.2015 09:33:22	

Pretraga

Zapisa 1 za 1 od 1 30

Dulaj ▾ Izmenis uzračerih zapisa

TR	Broj	Objekat rada	Operacija čas	Zad(C)	Priz(C)	R.grupa	Radnik	Početak (dan/sat)	Završetak (dan/sat)	izv	Komentar	Konf.	Zalv.
1.	2/15	Mašina	Servis, 1.00	1.00	0.00	Bravar	Antonijević, Djordje, 2525	04.02.2015 09:43:15					
				Ukupno: 1.00	Ukupno: 0.00								

Sl.11. Radni nalog i radne liste

**Rezultati.** Na osnovu podataka u poslovnom procesu pomoćne mehanizacije sa podrškom aplikativnog softvera "Održavanje" i "Eksploatacija" u realnom vremenu, dobijaju se podaci i informacije za upravljanje ovim procesom. Aktiviranjem u glavnom meniju opciju "Izveštaji", sl. 12 moguće je sagledati stanje mašina i vozila na kpu uglja. U tom smislu na sledećim slikama je dat prikaz ključnih podataka potrebnih operativnom i top menadžmentu za upravljanje.

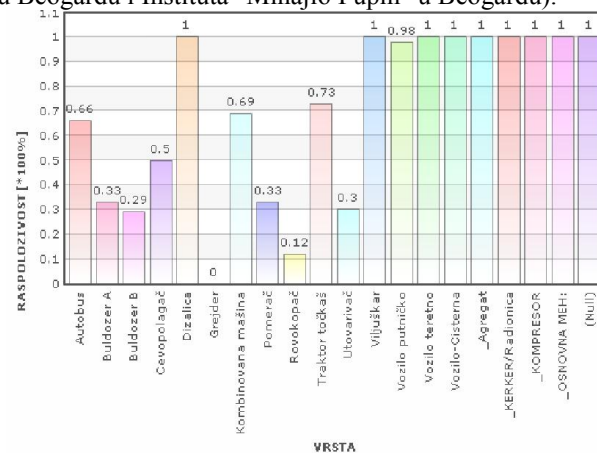
izvršiti procenu kako rada sa istim kapacitetima mašina i vozila, tako i nabavke novih mašina i vozila.

Oba pokazatelja se generišu u realnom vremenu zahvaljujući IS PM za Ekploataciju i IS PM za Održavanje (koji radi u produkcionom okruženje na površinskom kpu uglja, a razvijeni su, projektovani i implementirani od strane Mšinskog fakulteta Univerziteta u Beogardu i Instituta "Mihajlo Pupin" u Beogardu).

Izveštaji ▾ GPS/GPRS ▾ Administracija ▾ Pomoć ▾ O progr

- Raspoloživost, Gotovost
  - Raspoloživost (OZ.EKS.20) ▾
  - Gotovost (OZ.EKS.21) ▾
- Gorivo
- Masti i tehničke tečnosti
- Stanje mašina/vozila
- Radnici i planovi rada
- Raspored mašina i rukovalaca/vozača
- Realizacija-plan
- Pokazatelji rada
- Produženi rad
- Interventni rad

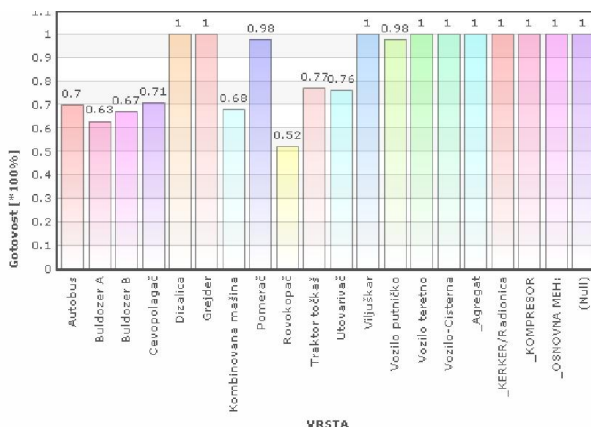
Sl. 12. Podmeni "Izveštaji"



Sl. 13 Histogram raspoloživosti

Na sl. 13 je prikazan histogram raspoloživosti, a na sl. 14 gotovosti mašina i vozila na površinskom kpu uglja.

Ističe se da su, pored drugih pokazatelja, raspoloživost (odnos boja ispravnih prema ukupnom broju istih mašina/vzila) i gotovost (odnos ispravnog stanja i ukupnog kalendarskog vremena, istih mašina/vozila, jer mašine i vozila rade cele godine, svakog dana u tri smene) jedan od glavnih pokazatelja rada i održavanja mašina i vozila, odnosno efektivnosti istih na kpu uglja. Ovi pokazatelji omogućavaju sagledavanje mogućeg izvršavanja dnevnih operativnih poslova na kpu, ali omogućavaju i planiranje budućih operativnih radova imajući u vidu sopstvene kapacitete mašina i vozila, kao i mogućnosti sopstvenog održavanja istih. Takođe na osnovu njih, a imajući u vidu godišnji, mesečni, ili dnevni obim pomoćnih radova na kpu ugljaje je moguće



Sl. 14 Histogram gotovosti

Na sl. 15 dat je prikaz Trenutnog stanja mašina na površinskom kopu uglja sa mašinama koje su i nisu raspoložive za operativna rad, a na sl. 16 sa otkazom sklopa mašine/vozila i brojem dana u otkazu.

Razvijeni, projektovan i implemetiran podprocesi procesa unapredjenog sistema održavanja, kao i aplikativnog softvera "Održavanje" je znatno obimniji nego što je to bilo moguće prikazati u ovom radu zbog prostora.

#### TE KO Kostolac - Pomoćna mehanizacija

Home / **Trenutno stanje mašina (QZ.EKS.22)**

Izvoz ▼

Filteri

PD "TE KO Kostolac" POMOĆNA MEHANIZACIJA		Trenutno stanje mašina							QZ.EKS.22	
									Dokument generisan 05.02.2015 08:35	
Vrsta	Model i Tip	Int.br.	God.pr.	Raspoloživa	Otkaz	Dana	Napomena	Ang.potr.	Ang.tren.	
Buldozer A	TD40C	A1	2003	Ne	Curi ulje iz menjača.	28.44		Kont.Nas		
			2003	Ne	Curi ulje iz hidraulike	19.17		8500(O-5)		
		A2	2003	Da						
Svega za Model i Tip: TD40C (3 zapisa)										
	TD40E	A3	2007	Ne	Dize temperaturu vode	12.43		5500		
		A4	2007	Ne	Otkacila se desna gusenica	17.57		2000/3/B-5		

Sl. 15. Trenutno stanje mašina na površinskom kopu uglja

PD "TE KO Kostolac" POMOĆNA MEHANIZACIJA		Otkaz/Servis-Održavanje mašina							QZ.EKS.24	
									Dokument generisan 05.02.2015 08:36	
Vrsta mašine	Model i Tip	Int.br.	Datum prijave	Br.prijave	Datum prijema	Napomena	Sklop	Otkaz	Dana	
Cevopolagač	SB60	C25	28.01.2015 14:15:44	48/15			Motor	Puko kais od vodene pumpe	7.76	
		C26	29.01.2015 18:17:51	52/15			Motor	Curi ulje iz motora	6.60	
		C27	17.11.2014 15:02:46	488/14	11.12.2014 06:52:37			Šasija	otpalio gaziste ispod rezevoara	79.73
			17.11.2014 15:02:46	488/14	11.12.2014 06:52:37			Elektroinstalacija	ne održuje elektroventil radnih elemenata	79.73
Svega za Model i Tip: SB60 (4 zapisa)										
	TD25CS-3	C21	26.12.2014 11:39:40	587/14	29.12.2014 06:07:03		Komande	neispravna desna komanda za šenkanje	40.87	
			26.12.2014 11:39:40	587/14	29.12.2014 06:07:03		Hidrauličko upravlja	Ne radi šenkanje gusenica	40.87	
		C24	09.10.2014 23:45:06	334/14	14.10.2014 07:25:19		Hodni stroj	potrebna zamena hodnog stroja	118.37	
Svega za Model i Tip: TD25CS-3 (3 zapisa)										
Svega za Vrsta mašina: Cevopolagač (7 zapisa)										
<a href="#">Prva</a> <a href="#">Prethodna</a> <a href="#">1</a> <a href="#">2</a> <a href="#">3</a> <a href="#">4</a> <a href="#">5</a> <a href="#">6</a> <a href="#">7</a> <a href="#">8</a> <a href="#">9</a> <a href="#">Sledeća</a> <a href="#">Poslednja</a> Zapisa 3 do 3 od 9    Grupa po strani 1 ▼										

Sl. 15. Održavanje mašina zbog otkaza i/ili servisa u radionicama PM

Medjutim, značajno je napomenuti da isti funkcionišu u produkcijom okruženju na površinskom kopu uglja "Drmno" PD TE-KO Kostolac, Srbija.

#### ZAHVALNICA

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] Ivanović, G., Pantelić, S. i dr. "Projekat unapredjenja upravljanja sistemom održavanja i rezervnim delovima mašina pomoćne mehanizacije u PD TE-

KO Kostolac" Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, više izvštaja, Beograd, 2014.

[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", Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, više izvštaja, Beograd, 2011-2012.

[3] 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.

## MOBILNI SISTEM ZA KONTROLU SAOBRAĆAJNIH PREKRŠAJA

mr Vojkan Nikolić, MUP RS, vojkan.nikolic@mup.gov.rs  
 dr Predrag Đikanović, MUP RS, predrag.djikanovic@mup.gov.rs  
 Miladin Ivanović, MUP RS, miladin.ivanovic@mup.gov.rs

**Apstrakt:** *Ministarstvo unutrašnjih poslova (MUP) Republike Srbije ima tačno definisanu ulogu u okviru obavljanja poslova vezano za bezbednost saobraćaja u Republici Srbiji. To, pre svega, podrazumeva kontrolu i regulisanje saobraćaja, kao i nadzor na putevima u Republici Srbiji. Radi povećanja sveukupne bezbednosti učesnika u saobraćaju u okviru informaciono-komunikacionog sistema MUP Republike Srbije implementirani su specijalizovani sistemi koji podržavaju i unapređuju rad policijskih službenika na poslovima kontrole i regulisanja saobraćaja i nadzora na putevima. Uočeno je da na mestima gde su postavljene video kamere za kontrolu saobraćajnih prekršaja povećana je bezbednost saobraćaja. S obzirom da ovi, stacionarni sistemi imaju ograničenja u smislu brzog „širenja“, tj. instaliranja kamere, u ovom radu se predlaže realizacija mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja. U tom slučaju bi se specijalizovani radari koji u sebi imaju i kamere, u skladu sa procenom rizika u saobraćaju, privremeno postavljali na određena mesta i preko 3G mreže komunicirali sa centralnim delom mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja.*

**Ključne reči:** *mobilni sistem za kontrolu saobraćajnih prekršaja, radar, video kamere, registarske tablice, ANPR.*

### 1.UVOD

MUP Republike Srbije ima tačno definisanu ulogu u okviru obavljanja poslova vezano za bezbednost saobraćaja u Republici Srbiji. To, pre svega, podrazumeva kontrolu i regulisanje saobraćaja, kao i nadzor na putevima u Republici Srbiji.

„Savremene strategije i perspektive razvoja Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije u oblasti bezbednosti saobraćaja, zasnivaju se na principima zakonitosti i efikasnosti u radu, zaštiti i poštovanju ljudskih prava, odgovornosti i kontroli, kao i na saradnji i partnerskim odnosom sa građanima i drugim subjektima zajednice.“ [1]

Podrška EU strategijama, podrška strategijama i perspektivama razvoja MUP-a Republike Srbije, kao i podrška povećanja sveukupne bezbednosti saobraćaja, u

skladu sa zakonskom regulativom Republike Srbije u MUP Republike Srbije se realizuju primenom najnovijih naučno-tehničkih i tehnoloških dostignuća.

U MUP Republike Srbije informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) se primenjuju od samog njihovog nastajanja sa tendencijom automatizovanja poslovnih procesa za koje je zaduženo ovo ministarstvo, radi povećanja količine i kvaliteta obavljanja posla i većeg zadovoljstva građana.

„Određenim metodološkim postupcima uvedena je servisno orijentisana arhitektura (SOA) informacionog sistema. To je podrazumevalo uvođenje najnovijih tehnologija koje podržavaju servisno orijentisanu arhitekturu (specijalizovani softver i adekvatan hardver). Pored toga, bila je potrebna i nova metodologija za opis poslovnih procesa i servisno orijentisani razvoj aplikacija. Ovaj preduslov je prevaziđen uvođenjem specijalizovanih softverskih alata za razvoj servisno orijentisanih aplikacija.“ [2] SOA MUP Republike Srbije je bazirana na Web servisima.

„Kako bi MUP RS primenio Akcioni plan za sprovođenje aktivnosti definisane Strategijom razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji za period od 2009. do 2013. Godine, bilo je neophodno povezivanje sa MDO i nadgradnja Informacionog sistema (IS) MUP-a RS za eGovernment poslove.

Tako je realizovano rešenje EKSTRANET MUP-a RS koje omogućava povezivanje IS MUP-a RS sa MDO i G2G integraciju poslovnih procesa MUP-a RS i poslovnih procesa drugih državnih organa.

EKSTRANET MUP-a RS je projektovan tako da se u zavisnosti od eGovernment poslova koji se obavljaju biraju načini korišćenja EKSTRANET-a. Postoje realizovana četiri glavna slučaja korišćenja EKSTRANET-a.“ [3].

Pored toga, „Omogućeno je da policijski službenici putem mobilnih uređaja dobijaju podatke na bilo kom mestu gde imaju mogućnost povezivanja sa 3G mrežom Telekomu RS. To predstavlja veliki napredak u obavljanju policijskih poslova jer policijski službenici sada mogu dobiti pravu informaciju kad god im je potrebna na bilo kom mestu.

Kao IKT podrška ovim poslovnim procesima stoji realizacija posebnog rešenja u okviru JIS MUP RS, koji zapravo predstavlja nadogradnju JIS MUP RS, i zove se mobilni JIS (MJIS).

MJIS je rešenje koje podrazumeva zasebnu IKT infrastrukturu u okviru JIS MUP RS i integrisanu sa JIS MUP RS. Pored toga neophodne su i aplikacije na mobilnim uređajima pomoću kojih korisnici komuniciraju sa MJIS. Mobilni telefoni i neki tablet računari koriste Android operativni sistem, dok kolski računari i neki tablet računari koriste Windows operativni sistem pa su u skladu sa tim i razvijene aplikacije za Android i Windows operativne sisteme.“ [4]

„Funkcija sistema video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica je da izvrši automatsko snimanje i prepoznavanje registarskih tablica svih motornih vozila, uključujući vozila sa stranim registarskim oznakama i skupove vozila (motorno vozilo sa priključnim vozilom) i da automatski detektuje i dokumentuje određene saobraćajne prekršaje.

Sam proces prepoznavanja registarskih tablica na osnovu fotografija registarskih tablica obezbeđuje se korišćenjem ANPR tehnologija koje u osnovi imaju optičko prepoznavanje karaktera (Optical Character Recognition - OCR). U MUP-u Republike Srbije je implementirana ANPR tehnologija italijanske firme Innovis OCR.

Sistem video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica motornih vozila koji je implementiran u gradu Beogradu je integrisan pomoću web servisa sa Jedinstvenim informacionim sistemom (JIS) MUP-a Republike Srbije čime je omogućeno da se na osnovu oznake registarske tablice utvrdi vlasnik automobila i izvrši provera da vozilo nije u nekoj od evidencija MUP-a Republike Srbije.“ [5]

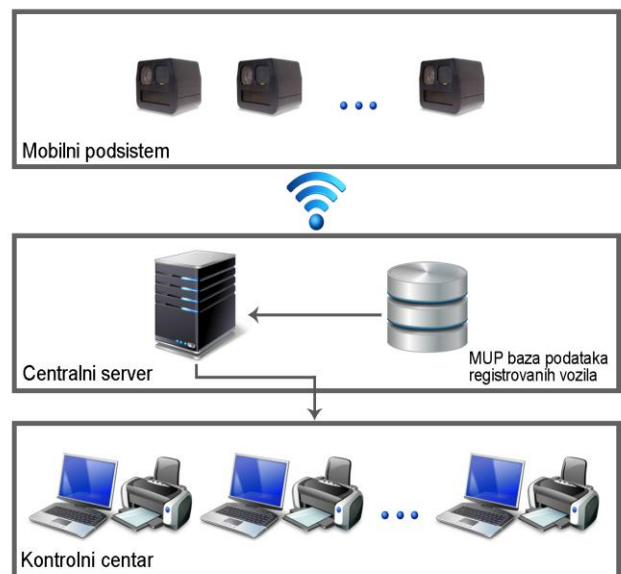
S obzirom da ovi stacionarni sistemi imaju ograničenja u smislu brzog „širenja“, tj. instaliranja kamera, u ovom radu se predlaže realizacija mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja. U tom slučaju bi se specijalizovani radari koji u sebi imaju i kamere, u skladu sa procenom rizika u saobraćaju, privremeno postavljali na određena mesta i preko 3G mreže komunicirali sa centralnim delom mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja.

## 2. Arhitektura mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja

Arhitektura mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja mora biti u skladu sa najvišim IKT standardima, kao i sa najvišim standardima za merenje brzine kretanja vozila. Na slici 1. je prikazana moguća arhitektura mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja.

Ovaj sistem se sastoji od tri logička podsistema:

- Mobilni podsistem (REDFLEXradarcam NK7-LX ili ne formalno REDFLEX DUAL RADARI) [6] ;
- Centralni (serverski) podsistem;
- Podsistem Kontrolni centar.



Slika 1: Mobilni sistem za kontrolu saobraćajnih prekršaja

**Mobilni podsistem** (REDFLEXradarcam NK7-LX) se sastoji od sledećih komponenti:

- Industrijskog PC računara za upravljanje REDFLEXradarcam NK7-LX;
- Dva dopler radara za merenje trenutne brzine vozila;
- Kamera HDX-1000;
- Blic;
- AC/DC konvertor;
- 3G modem;
- Kućište;

Oba dopler radara za merenje trenutne brzine vozila moraju da zadovoljavaju sve uslove predviđene važećim Pravilnikom o metrološkim zahtevima za merila brzine vozila u saobraćaju (“Službeni glasnik RS“, br. 40/2009 od 29. maja 2009. godine).



**Centralni (serverski) podsistem** se sastoji od:

- Servera;
- Storage.

Centralni server mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja bi bio smešten u IKT centru MUP Republike Srbije u ulici Kneza Miloša 101. Na ovom serveru bi se nalazila centralna Oracle 11g baza podataka i aplikacija koja omogućava rad centralnog (serverskog) podsistema, sinhronizuje prenos podataka sa REDFLEXradarcam NK7-LX i sinhronizuje rad radnih stanica podsistema Kontrolni centar.

Storage ovog sistema je namenjen za čuvanje ambijentalnih fotografija vozila u prekršaju. Ovaj storage je pod kontrolom centralnog servera i web aplikacije.

**Podsistem Kontrolni centar** se sastoji od klijentskih radnih stanica i može biti smešten u prostorijama Saobraćajne policije u Ljermontovoj. Pomoću klijentskih radnih stanica na kojima bi se nalazila lokalna aplikacija ovlašćeni službenici Saobraćajne policije bi pristupali podacima koji se nalaze na centralnom (serverskom) podsistemu.

**Komunikaciona infrastruktura** bi se sastojala od:

- 3G mreže koja povezuje REDFLEXradarcam NK7-LX sa centralnim (serverskim) podsistemom.
- Mreže koja povezuje centralni (serverski) podsistem i podsistem Kontrolni centar;
- CICSO 2960 sviča;
- Firewall.

### 3. Mobilni sistem za kontrolu saobraćajnih prekršaja - funkcionalnosti

Funkcionalnosti mobilnog sistema za kontrolu saobraćajnih prekršaja bi se ostvarivale kroz tri aplikacije:

- Lokalna aplikacija na mobilnom podsistemu (REDFLEXradarcam NK7-LX);
- Centralna (serverska) aplikacija;
- Lokalna aplikacija Redflex Smart View Plus na radnim stanicama podsistema Kontrolni centar.

Lokalna aplikacija na mobilnom podsistemu (REDFLEXradarcam NK7-LX) se zove MOBILEspeed ima sledeće funkcionalnosti:

- Kontrola i dokumentovanje saobraćajnih prekršaja prekoračenja dozvoljene brzine kretanja vozila. Jedan sistem istovremeno vrši kontrolu i dokumentovanje prekršaja brzine u do 6 saobraćajnih traka.

- Automatsko prepoznavanje registracionih oznaka vozila koja naprave prekršaj (ANPR).
- Brojanje protoka vozila kroz posmatrani presek, za svaku saobraćajnu traku posebno.
- Video nadzor raskrsnice „uživo“, sem kada je radar na tronošću.
- Skladištenje snimaka prekršaja lokalno u SQL bazu na industrijskom računaru. Po potrebi, lokalno može biti skladišten i 24h video nadzor.
- Prenos podataka u „offline“ i „online“ režimu.
- Kriptovanje dokazanog materijala i postavljanje digitalnog potpisa na fajlove.

Prilikom evidentiranja vozila koje je načinilo saobraćajni prekršaj (prekoračenje brzine), sistem beleži odgovarajući digitalni foto dokazni materijal:

- 2+1 fotografiju u boji, visoke rezolucije 11Mpx (slika 4.).
- Prateći tekstualni podaci u meta fajlu 11Mpx (slika 4.).

Pristup sistemu moguć je lokalno (na licu mesta) i „online“ sa udaljene lokacije. Oba načina pristupa zaštićeni su korisničkim imenom i šifrom za svaki nivo pristupa. Omogućeno je više nivoa pristupa. Najčešće idu tri nivoa:

- Administrator/supervizor – Pristup statusu sistema, izmena podešavanja konfiguracije sistema, izmena pristupnih kodova i šifri, brisanje snimljenog materijala.
- Operater – Pristup preuzimanju snimaka prekršaja, log fajlova i alarm statusa. Nije mu dozvoljeno da menja podešavanja konfiguracije sistema ili modove rada.
- Test – Može da menja sva podešavanja konfiguracije sistema, ali se sistem vraća na svoje početno stanje čim se test pristup okonča. Brisanje fajlova nije moguće.

Snimljeni podaci prenose se na server (ili server sa storage-om, zavisi od predviđene količine snimaka i zadatog vremena čuvanja). Ovim procesom upravlja Centralna (serverska) aplikacija. Moguće su sledeće varijante prenosa podataka:

- Automatski „online“ prenos podataka.
- Manuelni „online“ prenos podataka od strane ovlašćenog operatera.
- „Offline“ preuzimanje podataka sa sistema na terenu pomoću USB diska/laptop računara.

Pristup podacima na bilo koji od navedenih načina zaštićen je korisničkim imenom i šifrom.

Ovlašćeni policijski službenici Saobraćajne policije vrše proveru i verifikaciju snimljenih prekršaja na radnim stanicama na kojima je instalirana aplikacija Redflex Smart View Plus. Ova aplikacija omogućava sledeće:

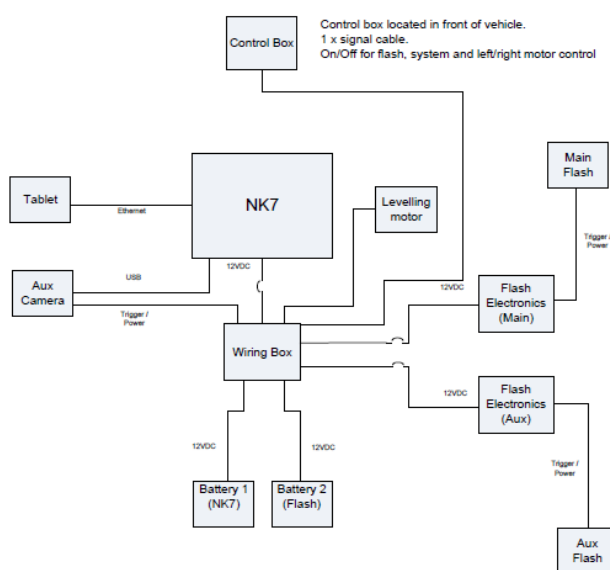
- Automatsko izdavanje fotografija, video zapisa i tekstualnih podataka iz jedinstvenog fajla sa evidentiranim prekršajem.
- Automatsku proveru elektronskog potpisa fajlova.
- Pregled dokaznog materijala od strane operatera.
- Autokorekcija slike.
- Prikaz pratećih podataka uz fotografiju (vreme, datum, ograničenje brzine, itd.).
- Povezivanje sa bazom podataka registrovanih vozila MUP Republike Srbije radi automatskog učitavanja podataka o vozilu koje je načinilo prekršaj.
- Automatsko kreiranje prekršajne prijave na osnovu podataka iz baze registrovanih vozila MUP Republike Srbije.
- Sistematizovanje dokaznog materijala za sud.
- Softver je otvoren za proširenje sistemima drugog proizvođača (moguće je obradivanje zapisa prekršaja sa sistema drugih proizvođača).

#### 4. REDFLEX NK7 DUAL RADAR

REDFLEXradarcam NK7-LX se sastoji od sledećih komponenti:

- Industrijskog PC računara za upravljanje REDFLEXradarcam NK7-LX;
- Dva dopler radara za merenje trenutne brzine vozila;
- Kamera HDX-1000;
- Blic;
- AC/DC konvertor;
- 3G modem;
- Kućište;

Na slici 2. je predstavljena blok šema REDFLEXradarcam NK7-LX.



Slika 2: Blok šema REDFLEXradarcam NK7-LX

Industrijski PC računar za upravljanje REDFLEXradarcam NK7-LX je smešten u kućištu REDFLEXradarcam NK7-LX i on obezbeđuje rad svih komponenti (perifernih uređaja) radara, kao i komunikaciju i prenos podataka između radara i centralnog (serverskog) podsistema. Na industrijskom PC računaru se nalazi lokalna SQL baza podataka i lokalna aplikacija koja obezbeđuje funkcionalnost REDFLEXradarcam NK7-LX.

Dopler radari rade istovremeno na različitim frekvencijama. Prvi radar meri samo brzinu (REDFLEXradar-SR), a drugi pored brzine meri i rastojanje do kontrolisanog vozila (REDFLEXradar-TR), što obezbeđuje razlikovanje saobraćajnih traka sa rezolucijom merenja od 0,75 m. To omogućava veću pouzdanost i tačnost izmerene brzine jer se vrše dva nezavisna merenja koja se međusobno porede i gde je Odstupanje tačnosti izmerene brzine vozila je u granicama  $\pm 2$  km/h. Ukoliko je ovaj kriterijum ispunjen, kao rezultat merenja sistem uzima vrednost sa SR radara.

Ako je dobijena veća ili jednaka vrednosti zadate granične brzine automatski se „okida“ digitalna foto kamera (za rad noću i blic) i snima se fotografija kontrolisanog vozila. Pomoću specijalizovanog softvera podaci o izmerenoj brzini i drugi registrovani podaci se automatski utiskuju na snimljenu fotografiju. Ovako nastala fotografija predstavlja zvaničan (zakonski) dokaz o izvršenom merenju brzine.

Karakteristike radarske jedinice:

Opis	REDFLEXradar-SR	REDFLEXradar-TR
Horizontalna širina snopa	4,5 °	7,5 °
Ugao merenja	22 °	
Frekvencija emitovanog signala	24,1 GHz $\pm$ 50 MHz	

Što se tiče komunikacije i prenosa podataka, REDFLEXradarcam NK7-LX ima sledeće mogućnosti:

- Wireless;
- 3G;
- USB;
- LAN;
- DHCP.

REDFLEXradarcam NK7-LX je moguće lokalno pristupiti pomoću tableta i lap-top računara. Komunikacija se može ostvariti i bežičnim putem.

Aux Camera je pomoćna (dodatna) kamera koja se koristi za izradu fotografija za dokaz o saobraćajnim prekršajima. Ove fotografije služe kao dokazni materijal na sudu gde se vozilo u prekršaju snima i sa prednje i sa zadnje strane.

Wiring box predstavlja razvodnu kutiju.

Battery 1 je baterijsko napajanje za REDFLEXradarcam NK7-LX.

Battery 2 je baterijsko napajanje za blic.

Leveling motor služi sa poravnavanje sistema u odnosu na ravan puta koji se snima.

Flash Electronic (Main) je napajanje za blic.

Flash Electronic (Aux) je napajanje za pomoćni blic (u slučajevima kada se koristi pomoćna kamera).

Main Flash je blic.

Main Flash je pomoćni blic (u slučajevima kada se koristi pomoćna kamera).

Kod varijante radara na tronošcu koriste se sledeće komponente:

- NK7;
- Baterijsko napajanje;
- Tablet PC (ili lap top);
- Tronožac sa XYZ glavom;
- Blic i napajanje za blic (za noćne uslove rada).

## 5. Rezultati i diskusija

Prednost stacionarnih sistema za bezbednost saobraćaja je u tome što neprestano prate sva dešavanja u vezi bezbednosti saobraćaja i na lokaciji nije potrebno prisustvo policijskih službenika. Međutim, samo postavljanje ovakvih sistema na lokaciji i povezivanje sa centralnim (serverskim) podsistemom pomoću kabla vrlo često predstavlja složen posao. Sam proces „širenja“ postojećih sistema, tj. instaliranja kamera je dosta složeno jer zahteva puno složenog posla.

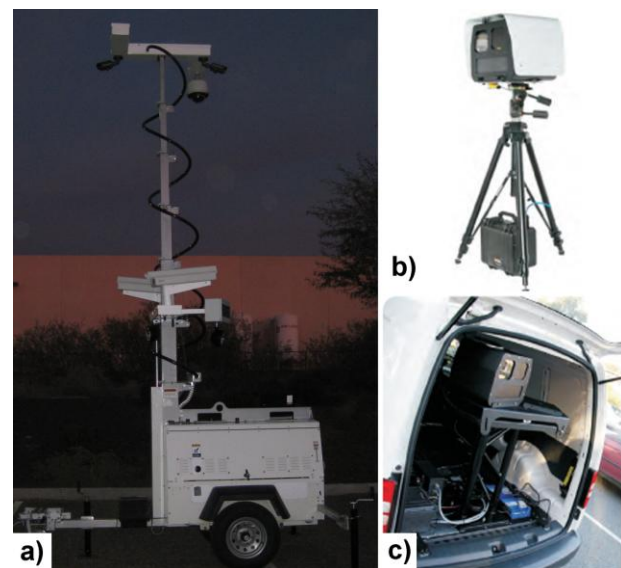
Što se tiče mobilnih sistema situacija je drugačija. Oni se veoma lako postavljaju na lokaciji, ali je zato, najčešće potreban stalni nadzor policijskih službenika.

REDFLEXradarcam NK7-LX se može postaviti na lokaciju na nekoliko načina:

- na pokretnoj prikolici,
- na tronošcu, i
- u automobilu.

Ovaj radar može raditi bez nadzora policijskih službenika ukoliko je postavljen na prikolici i to onoliko koliko traje baterijsko napajanje. U ovom slučaju je moguće koristiti Hibridno Dizel napajanje koje može trajati maksimalno 72h.

Za ostala dva načina postavljanja radara neophodno je stalno prisustvo policijskog službenika.



Slika 3: Načini postavljanja REDFLEXradarcam NK7-LX na lokaciji

Na slici 3. su predstavljena tri načina postavljanja REDFLEXradarcam NK7-LX na lokaciji.

Na Slici 4. je predstavljen primer obaveštenja koje se dostavlja vlasniku vozila kada je vozilom napravljen prekršaj prekoračenje brzine.



Slika 4: Primer obaveštenja koje se dostavlja vlasniku motornog vozila

## 6. ZAKLJUČAK

Uočeno je da na mestima gde su postavljene video kamere za kontrolu saobraćajnih prekršaja povećana je bezbednost saobraćaja. U gradu Beogradu se to odnosi na stacionarne sistema: sistem video nadzora za automatsko prepoznavanje registarskih tablica i sistem za nadzor saobraćaja.

Bezbednost saobraćaja je povećana i na mestima gde se povremeno postavljaju obični radari za merenje brzine vozila koji ne komuniciraju sa IKT MUP Republike Srbije.

Ukoliko bi se, na osnovu statistike učinjenih saobraćajnih prekršaja, odredila grupa lokacija na kojima je ugrožena bezbednost učesnika u saobraćaju i povremeno na tim lokacijama privremeno postavljali radari za merenje brzine vozila koji bi preko 3G mreže komunicirali sa centralnim (serverskim) podsistemom, to bi značajno doprinelo povećanju bezbednosti saobraćaja.

## REFERENCE

[1] <http://prezentacije.mup.gov.rs/usp/Poslovi/>

Poslovi.html.

[2] V. Nikolić, S. Radovanović, INTEGRACIJA WEB SERVISA MUP-a REPUBLIKE SRBIJE SA PORTALOM eUPRAVE, INFOTECH 2012

[3] V.Nikolic, J.Protić, P.Đikanović, G2G integracija MUP-a Republike Srbije sa portalom E-UPRAVA, ETRAN 2013, 2013.

[4] P. Djikanović, S. Radovanović, V. Nikolić MOBILNI JIS MINISTARSTVA UNUTRAŠNJIH POSLOVA REPUBLIKE SRBIJE: POLICIJSKE PRETRAGE, INFOFEST 2014

[5] V. Nikolić, P. Djikanović, N. Jokić, SISTEM VIDEO NADZORA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH TABLICA MOTORNJIH VOZILA, INFOFEST 2013

[6] <http://www.redflex.com>

# PREGLED I PRIMENA SISTEMA ZA OTKRIVANJE PLAGIJATA U PROGRAMSKIM ZADACIMA STUDENATA

## AN OVERVIEW AND USE OF PLAGIARISM DETECTION SYSTEMS IN STUDENT PROGRAMMING ASSIGNMENTS

Marko Mišić<sup>1</sup>, Živojin Šuštranj<sup>1</sup>, Jelica Protić<sup>1</sup>  
*Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Visokoškolska nastava iz oblasti računarstva zahteva intenzivan praktičan rad kroz programske domaće zadatke i projekte. U uslovima povećanih zahteva koji se stavljaju pred studente, neki od njih pribegavaju nedozvoljenim sredstvima i plagiraju tuđa rešenja koristeći određene karakteristične izmene izvornog koda. U svrhu otkrivanja ovakvih plagijata razvijeno je više softverskih rešenja. U ovom radu biće diskutovani sociološki i obrazovni aspekti plagijarizma programskog koda u akademskom okruženju i biće dato poređenje alata za detekciju ove vrste plagijarizma. Kao studija slučaja biće izloženi rezultati poređenja detekcije sličnosti realnih zadataka studenata na predmetu Operativni sistemi 1 na Elektrotehničkom fakultetu, pomoću alata MOSS, JPlag i Sherlock.

**Abstract** - Higher education in the field of computing requires intensive practical training program through programming assignments and projects. In terms of increased demands placed on students, some of them choose illegal means and plagiarize other people's solutions using certain changes to the source code. In order to detect this kind of plagiarism, several software solutions have been developed. In this paper, we discuss social and educational aspects of the program code plagiarism in academic environment and we compare software tools for detecting this kind of plagiarism. As a case study, we present results comparing the detection of similarities between actual programming solutions of students attending the course Operating Systems 1 at the School of Electrical Engineering, using the MOSS, JPlag and Sherlock software tools.

### 1. UVOD

Promene u sistemu studiranja koje je donela Bolonjska deklaracija i Zakon o visokom obrazovanju iz 2005. godine značajno su uticali na strukturu studijskih programa i zahteve koji se postavljaju pred nastavnike i studente. Broj studijskih programa vezanih za oblast računarstva, a posebno računarskog softvera, poslednjih godina je u porastu, a po podacima Komisije za akreditaciju i proveru kvaliteta, u tehničko-tehnološkom polju na ovu vrstu studija u Srbiji svake godine može da se upiše 3016 novih studenata na osnovne akademske studije, a 1669 na master akademske studije. Usled i dalje prisutnog odlaska iz zemlje diplomiranih studenata ove oblasti, kao i manjeg interesovanja za doktorske studije i rad u nastavi prouzrokovanog boljim uslovima u privredi, porast broja mlađeg nastavnog kadra ne uspeva da prati porast broja studenata u oblasti računarstva.

Na primeru Katedre za računarsku tehniku i informatiku Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu može se videti da je broj članova Katedre udvostručen u odnosu na rane devedesete godine prošlog veka, dok je broj studenata po godini, kojima ovi nastavnici predaju, oko četiri puta veći. Studijski programi su bitno izmenjeni, imajući u vidu različite preporuke za visokoškolske programe računarstva (*Computing Curricula*) koje su donele strukovne organizacije IEEE i ACM 2005. godine [1], a nova izdanja za oblast Softverskog inženjerstva iz 2009. i Računarskih nauka iz 2013. pokazuju rapidno širenje ovih oblasti. Na Elektrotehničkom fakultetu broj striktno računarskih predmeta porastao je sa 27, koliko ih je bilo u programu iz 1993. godine, na 52, koliko ih ima po programu osnovnih akademskih studija iz 2013. godine.

Osim što su se povećale obaveze nastavnika, promenili su se i zahtevi koji se postavljaju pred studente računarstva. Zahteva se kontinuirani rad tokom godine, koji se iskazuje obavezom da se bar 30% poena mora steći kroz predispitne obaveze, mahom kroz praktične, najčešće programerske zadatke i projekte, koje studenti treba da realizuju samostalno. Ovi zadaci se obično brane u računarskim laboratorijama, pred asistentima i demonstratorima, sa ciljem da se utvrdi da li su studenti samostalno rešavali zadatke i da li su u stanju da izvrše zadate modifikacije koda. Na osnovu ispitivanja i inspekcije koda, događa se da ispitivači uoče veliku sličnost u zadacima različitih studenata. Ipak, s obzirom na to da veći broj ispitivača paralelno radi sa studentima, potreban je sistematičniji, automatizovan pristup otkrivanju sličnih programskih zadataka, odnosno programskih plagijata.

Problem plagiranja studentskih programa može se rešavati pomoću javno dostupnih softverskih alata. Pregled metoda plagiranja, poređenje ovih alata i rezultati njihove primene biće opisani u nastavku ovog rada. Rad je podeljen u nekoliko poglavlja. U drugom poglavlju su diskutovani problemi plagijarizma sa edukacionog i sociološkog aspekta i dat pregled otvorene literature. U trećem poglavlju su izložene metode kojima se studenti služe da prikriju plagijarizam, a u četvrtom poglavlju su dati detalji o načinima za detekciju sličnosti u programskom kodu i pregled dostupnih alata. Peto poglavlje prikazuje studiju slučaja na primeru kursa Operativni sistemi 1 poređenjem rezultata tri alata za detekciju sličnosti u programskom kodu. U finalnom poglavlju su dati zaključak i mogućnosti za dalja istraživanja.

## 2. O PROBLEMIMA PLAGIJARIZMA U ZADACIMA STUDENATA

O problemu plagijarizma programskog koda u akademskom okruženju je u proteklom periodu urađen veći broj različitih studija. Ovom problemu se pristupa kako sa edukacionog i sociološkog aspekta, tako i sa stručnog aspekta. Razvijen je veći broj algoritama za pronalaženje plagijarizma u programskom kodu, koji koriste različite ideje za detekciju sličnosti, a neki od alata su ušli i u širu upotrebu.

U radu [2] prikazano je istraživanje na temu plagijarizma programskog koda u akademskoj sredini na univerzitetima u Velikoj Britaniji. Kroz skup pitanja, autori su pokušali da dođu do opšte prihvaćene definicije šta sve obuhvata plagijarizam, a koje prakse se mogu smatrati dozvoljenim. Autori smatraju da plagijarizam u programskom zadatku predstavlja svaka namerna ili nenamerna upotreba programskog koda koji je napisao neko drugi, a koja nije adekvatno citirana od strane onoga ko predaje programski kod kao svoj rad. U radu se diskutuju i prakse kao što su ponovna upotreba koda (*code reuse*), autoplagijarizam, dozvoljena i nedozvoljena saradnja među studentima.

U drugoj studiji koja je sprovedena u Slovačkoj, autori su prezentovali poglede nastavnog kadra i studenata na probleme softverskog plagijarizma [3]. Podaci su dobijeni kroz anketu u kojoj je učestvovalo 313 studenata i 25 nastavnika, a obuhvaćene su teme kao što su ciljevi, odgovornost, načini detekcije, disciplinska politika za prekršioce, moralni aspekti i sl. Studija je pokazala da se pogledi studenata i nastavnog kadra u vezi ove pojave značajno razlikuju, a da studenti generalno imaju "mekše" poglede na ovu negativnu praksu. Više od 30% studenata je priznalo da je bar jednom tokom studija počinilo akt plagijarizma i predalo tuđ rad kao svoj, a više od 60% studenata je potvrdilo da je dalo svoj rad drugima. Dato je i izdvojeno mišljenje jednog od autora-studenta koji objašnjava osnovne motive koji podstiču studente da plagiraju tuđa rešenja i kako pogrešan pristup nastavnog osoblja može doprineti ovoj pojavi.

Postoje različiti razlozi zbog kojih se studenti odlučuju da plagiraju tuđ rad. Oni uključuju kratke vremenske rokove, neinteresantne kurseve [3], [4], loše predznanje studenata, želju za boljom ocenom [5], nezainteresovan stav nastavnika. Kao čest problem se navodi i nedovoljna dostupnost materijala za izradu zadataka, nedovoljno jasna i precizna specifikacija, preobimni i preteški zadaci, blag stav nastavnika prema slučajevima plagijarizma, kao i preopterećenost studenata velikim brojem domaćih zadataka i projekata koje treba da reše.

Studenti koriste najrazličitije strategije da se izbore sa teškim i obimnim zadacima. U radu [6] su izloženi neki načini za prevazilaženje problema teških zadataka i etički problemi sa kojima se pri tome studenti susreću. Autori su problem sagledali iz tri različita ugla: strategija koje studenti koriste da prevaziđu problem, načina na koji studenti reaguju kada neko od njih zatraži pomoć i strane koju podržavaju u mogućoj konfliktnoj situaciji.

Tipično studenti koriste sedam strategija da reše teške zadatke: pitaju nastavnika za pomoć, rešavaju problem u saradnji sa kolegom, postavljaju pitanja na internetu, traže rešenja sličnih zadataka na internetu, kopiraju i modifikuju zadatak od kolege, dele posao međusobno i traže odlaganje roka pod različitim (medicinskim) izgovorima. Većina ovih strategija je u koliziji sa onim što nastavnici smatraju etičkim praksama pri rešavanju zadataka [2]. Sa druge strane, studenti sami imaju različite načine da odgovore na zahtev za pomoć. Određeni studenti jednostavno ignorišu zahtev, dok drugi ukazuju na pravi put u rešavanju zadataka, dopuštaju kolegici da pogleda njihovo rešenje, dopuštaju kopiranje sopstvenog rešenja, prijavljuju takve slučajeve nastavnicima, ili daju pogrešne savete kako bi poboljšali svoje šanse da dobiju dobru ocenu, što se može smatrati visoko neetičnom praksom.

Istraživanje je pokazalo da studenti češće traže pomoć prijatelja ili pretražuju dostupne baze znanja na internetu, nego što traže pomoć od nastavnika. U odnosu sa svojim kolegama, studenti su više otvoreni ka saradnji u obliku diskusije i ukazivanja na put do rešenja nego deljenju i kopiranju sopstvenog zadataka. U konfliktnim situacijama, studenti su lojalniji svojim kolegama, nego nastavnicima i univerzitetkim pravilima. To pokazuje da nastavnici nisu visoko na lestvici prioriteta studenata kada traže pomoć i ostavlja prostor za moguće probleme plagijarizma ukoliko studenti nisu dovoljno informisani šta je dozvoljeno ponašanje, a šta ne.

Načini i oblici (ne)dozvoljene saradnje među studentima su analizirani i sa sociološkog aspekta [7]. Detekcija plagijata je korišćena kao alat za otkrivanje socijalnih relacija između studenata koji razmenjuju programski kod. Autori tvrde da, u situacijama kada se rešenja zadataka ne mogu pribaviti na spoljnim repozitorijumima (internetu i sl.), studenti traže rešenja od svojih kolega sa kojima imaju prijateljske odnose, poverenje ili imaju dobro stručno mišljenje o njima. Podaci o relacijama među studentima su pribavljeni pomoću ankete, a za upoređivanje programskog koda je korišćena Latent Semantic Indexing (LSI) metoda, poznata kod poređenja tekstova. Ovi podaci su zatim međusobno korelisani. Autori sugerišu da se poznavanje socijalnih odnosa može upotrebiti od strane nastavnika tokom procesa učenja kako bi se uspostavili pravilni obrasci ponašanja i sprečila pojava plagijata.

Loša informisanost studenata o tome šta predstavlja plagijarizam u programskom kodu se pokazala kao jedan od značajnih faktora za njegov nastanak i sprečavanje [2], [3]. Iako se svi slažu da kopiranje kompletnog koda predstavlja akt plagijarizma, ne postoji slaganje oko toga da li kopiranje bloka koda (ili jedne metode) ili jedne jedine linije predstavlja plagijarizam ili ne [8]. Takođe, svest studenata o primeni određenih alata za detekciju sličnosti programskog koda [8] značajno utiče na njihove aktivnosti. Pokazalo se da određeni studenti izbegavaju aktivnosti koje se mogu oceniti kao plagijarizam ukoliko znaju da se primenjuju određena sredstva detekcije. Sa druge strane, svest o mogućoj detekciji usmerava druge studente ka sofisticiranim metodama plagiranja.

U nekoliko studija kao što je [9], praćeno je ponašanje i postignuće studenata na programskim zadacima u situacijama kada imaju dostupan kostur rešenja i kada ga nemaju. Autori su kroz namenski dodatak za razvojno okruženje Eclipse pratili rad studenata i zaključili da studenti iz grupe koja je imala dostupno rešenje postižu bolje rezultate, ali pritom mnogo manje vremena posvećuju razvoju programa, debugovanju i drugim aktivnostima koje čine jezgro programerskih veština.

### 3. MODIFIKACIJE PROGRAMSKOG KODA

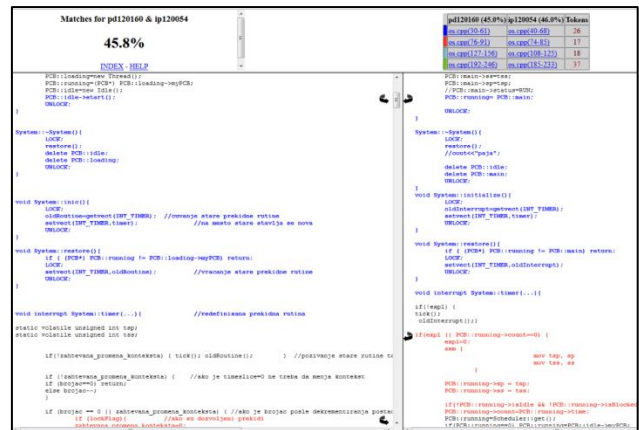
Studenti se koriste najrazličitijim metodama kako bi prikriili sličnosti u prepisanom programskom kodu, a zadržali osnovnu funkcionalnost. Te metode se grubo mogu podeliti na leksičke i strukturalne izmene [5], [10]. Neke izmene su direktno zavisne od programskog jezika i paradigme programiranja (proceduralno ili objektno-orijentisano). Ovde je dat pregled uobičajenih izmena.

Leksičke izmene ne zahtevaju skoro nikakvo programersko znanje. One uključuju promenu imena identifikatora (promenljivih, metoda, konstanti, tipova), dodavanje, uklanjanje i izmenu komentara, praznih linija ili drugih nevidljivih znakova i promenu formatiranja koda. Takođe, u ove izmene se mogu uključiti i dodavanje, uklanjanje i izmena modifikatora promenljivih, podela ili spajanje deklaracija promenljivih i promena izlaza programa [10].

Strukturalne promene zahtevaju određeno poznavanje programskog jezika i imaju mnogo značajniji efekat na detekciju sličnosti. Ove promene uključuju izmenu redosleda promenljivih i operatora u izrazima, blokova u kodu, promenu opsega važenja promenljivih, dodavanje nepotrebnog (suvišnog) koda, zamenu poziva metoda njegovim telom, zamenu kontrolnih struktura ekvivalentnim i sl. Kod objektno-orijentisanih jezika ove izmene mogu biti još značajnije i uključivati dodavanje nepotrebnih apstraktnih klasa i interfejsa, izmenu struktura podataka (klasa) i korišćenje alternativnih implementacija bibliotečkih poziva.

Pored plagiranja, u radu [11] je izložen niz drugih razloga koji mogu dovesti do sličnosti programskog koda u zadacima studenata. Studenti su najčešće programeri-početnici, a znanje često usvajaju prema modelima koje im nastavnici izlažu u okviru svojih predavanja, što utiče na pojavu sličnosti u zadacima.

Autori [11] su sastavili spisak od 12 potencijalnih razloga sličnosti programskog koda u zadacima studenata. Oni smatraju da je većina tih razloga pozitivna i da leži pre sve svega u sličnom nivou znanja, korišćenju projektnih obrazaca i praksi ponovne upotrebe koda koja je inherentna objektno-orijentisanom programiranju. Ipak, autori upozoravaju da postoji velika razlika između plagijarizma i ponovne upotrebe programskog koda. Plagijarizam je proces kreiranja sličnog softvera od postojećeg iz razloga lenjosti ili nemogućnosti da se uradi zadatak, a ponovna upotreba koda je proces kreiranja novog softvera iz postojećeg koji je pažljivo izabran od više kandidata strogo vodeći računa o njegovom kvalitetu [11].



Slika 1. Prikaz sličnosti dva zadatka u sistemu JPlag

### 4. DETEKCIJA PLAGIJARIZMA U PROGRAMSKOM KODU

Detekcija plagijarizma u programskom kodu se zapravo svodi na detekciju sličnosti delova koda. Algoritam za detekciju treba da ukáže da su neka dva programska koda dovoljno slična da bi bila od interesa za ručnu inspekciju kojom se može potvrditi plagijarizam. Poređenje programskog koda se može smatrati jednim specifičnim oblikom poređenja tekstova, jer programski kod najčešće ima jasno definisanu strukturu. Najvažniji problem inteligentnog poređenja tekstova je vršenje semantičke analize koja je ključni korak da bi se uočile sličnosti i pored intenzivnih modifikacija da bi se one prikriile.

Postoji nekoliko tehnika za detekciju sličnosti u programskom kodu. Dve najčešće korišćene metode su brojanje atributa (*attribute counting*) i strukturalno orijentisano poređenje koje se uobičajeno obavlja tehnikom uparivanja stringova (*string matching*) [5], [10]. Takođe, za poređenje strukture programa se mogu koristiti i metodi semantičke sličnosti za poređenje tekstova [7], ali je njihov učinak značajno slabiji od metoda koji uzimaju u obzir i sintaksu koda. Pored ovih metoda, pojedini eksperimentalni metodi koriste entropiju programa i kompleksnost Kolmogorova za određivanje sličnosti, poput alata SID [12].

Tehnike brojanja atributa analiziraju određene ključne pokazatelje unutar programskog koda na osnovu koga formiraju digitalni potpis (*fingerpint*). Ti ključni pokazatelji variraju od sistema do sistema, a uključuju podatke o broju promenljivih, broju operatora, broju metoda, broju ključnih reči, srednjem broju reči po jednoj liniji, broju jedinstvenih reči, veličini programa i slično [5] [10]. Datoteke se smatraju sličnijim što su njihovi digitalni potpisi bliži jedan drugom, a određena mera sličnosti poput kosinusne transformacije se koristi za određivanje bliskosti. Ipak, pokazalo se da tehnike brojanja atributa nisu previše otporne na strukturalne izmene u programskom kodu i da daju dobre rezultate samo kod programa manjeg obima [10]. Takođe, ove tehnike teško mogu da posluže za bližu identifikaciju sličnih segmenata u programima većeg obima. Jedan od jednostavnih alata je Sherlock sa Univerziteta u Sidneju [13].

Tehnike strukturno orijentisanog poređenja se zasnivaju na poređenju sadržaja programskog koda uzimajući u obzir sintaksu programskog jezika na kome je kod napisan. Većina tehnika se zasniva na tehnikama uparivanja stringova koji se dobijaju transformacijom ulaznog koda na određeni način [14] [15]. Transformacije se vrše kako bi se eliminisao uticaj leksičkih izmena u kodu, a to se najčešće radi kroz proces tokenizacije programskog koda [16]. Postoje i druge alternative koje još bolje opisuju strukturu koda, a zasnivaju se na stablima za parsiranje [17] i analizi grafa zavisnosti programa [18]. U praksi se izdvojilo nekoliko alata, poput JPlag [14], Moss [19], FPDS [16] i stariji alat Sherlock sa univerziteta Warwick [5].

*Software Integrity Detection* (SID) je web bazirani sistem za detekciju sličnosti između dva programska koda koji koristi metriku zasnovanu na složenosti Kolmogorova koja se koristi u teoriji informacija [12]. Iako efikasan, najveći problem ovog sistema jeste pouzdanost servisa, koji često ne završi svoj rad za predati materijal.

JPlag je sistem za detekciju sličnosti koji koristi *string matching*, pa tako nakon tokenizacije ulaznog programskog koda koristi *Running-Karp-Rabin Greedy-String-Tiling* (RKR-GST) metodu za određivanje mere sličnosti između dva programska segmenta. JPlag poseduje vrlo intuitivan korisnički interfejs, koji omogućava jednostavan pregled rezultata poređenja koji su prikazani u vidu histograma. Svaki upoređeni par je moguće pojedinačno pogledati, a slični delovi koda će biti obeleženi odgovarajućom bojom, kao na Slici 1.

Sličan način za prikaz rezultata je preuzeo internet servis *Measure of software similarity* (Moss) koji omogućava poređenje programskog koda za veliki broj programskih jezika. Moss deli programski kod na podstringove (tokene) dužine  $k$  koji su nazvani *k-gram*-ovi, a zatim selektuje podskup *k-gram*-ova koje koristi kao digitalne potpise za upoređivanje korišćenjem *Winnowing* algoritma [15]. Sličnost dva programska koda se definiše na osnovu broja *k-gram*-ova koji se poklapaju, a konačni rezultat uključuje broj tokena koji se podudaraju, broj linija koje se podudaraju i procenat preklapanja programskog koda između detektovanih parova datoteka. Jedna od prednosti Moss-a je i mogućnost automatskog eliminisanja poklapanja za deljeni programski kod (kod koji je dostavljen od strane nastavnika i čije je korišćenje dozvoljeno), čime se znatno smanjuje broj lažno pozitivnih rezultata.

Sherlock Sidney alat je baziran na generisanju digitalnog otiska (*fingerprint*-a) brojanjem atributa. Sherlock Sidney poredi svaku datoteku sa svakom i kao rezultat vraća sličnost parova datoteka u procentima. Svaka datoteka se posmatra kao tekstualna, a sistem ne koristi sintaksu bilo kog programskog jezika, već se može efikasno koristiti za upoređivanje dokumenata bilo kog tipa. Sistem nije web baziran, već se može izvršavati na lokalnom računaru.

*Fast plagiarism detection system* (FPDS) koristi istu tehniku kao JPlag, ali smanjuje broj poređenja između

datoteka uz neznatan gubitak preciznosti. On za pretraživanje datoteka sa programskim kodom koristi indeksnu strukturu u obliku niza sufiksa. Glavni nedostatak mu predstavlja loša predstava rezultata poređenja bez mogućnosti za vizuelizaciju.

Zbog svoje dostupnosti, pouzdanosti i velikog broja podržanih jezika, u praksi su se izdvojili alati JPlag i Moss [10], [16], pa su stoga oni korišćeni u studiji slučaja. Iako implementira metodu brojanja atributa, alat Sherlock Sydney je korišćen kao referentan alat zbog svoje jednostavnosti. Studenti koji plagiraju programski kod koriste relativno grube metode prikrivanja, pre svega zbog vremena potrebnog da bi se izvršile složenije modifikacije, pa je ponekad pogodno koristiti jednostavne alate da bi se brzo dobile informacije o postojanju plagijarizma.

## 5. STUDIJA SLUČAJA

Predmet Operativni sistemi 1 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu se drži u drugoj godini studija na računarskim odsecima. Gradivo predmeta pokriva fundamentalne principe funkcionisanja, konstruisanja i implementacije operativnih sistema i nije vezano ni za jedan konkretan operativni sistem. Studenti se ocenjuju na tri kolokvijuma koji se rade sa dozvoljenom literaturom, na ispitu i na samostalnoj izradi domaćeg zadatka. Kolokvijumi nose ukupno 30% ocene, ispit takođe 30%, dok izrada domaćeg zadatka nosi 40% ocene.

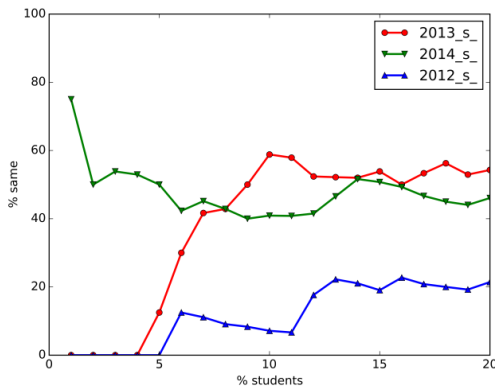
U postavci domaćeg zadatka od studenata se zahteva da samostalno konstruišu i implementiraju mali, ali funkcionalan operativni sistem. Svake godine zahtevi uključuju implementaciju podsistema za rad sa korisničkim definisanim nitima (kreiranje, pokretanje, osnovnu sinhronu i asinhronu sinhronizaciju, i inštavanje niti). Zahtevi koji se menjaju od godine do godine su napredne tehnike sinhronizacije, zaštićeni sistemski mod, sprečavanje međusobnog izglednjivanja niti, itd. Interfejs koji treba da obezbedi operativni sistem daje se u okviru postavke zadatka i taj deo koda studenti treba da iskoriste u svom rešenju u istom obliku. Ovaj domaći zadatak je prvi veliki programerski projekat sa kojim se susreću studenti na računarskim odsecima. Radi se u jeziku C++, koji studenti izučavaju jedan semestar ranije.

Domaći zadaci se brane pred predmetnim asistentom. Funkcionalno ispravno rešenje je uslov za izlazak na odbranu domaćeg zadatka. Ispravnost se proverava pomoću testova koji su dostupni studentima. Studentima se na odbrani postavljaju pitanja vezana za izradu i kod domaćeg zadatka, i od studenta se zahteva dodavanje neke funkcionalnosti koja može da se implementira u vremenu od 15 minuta. Student mora na sva pitanja tačno da odgovori i da izvrši traženu izmenu da bi položio.

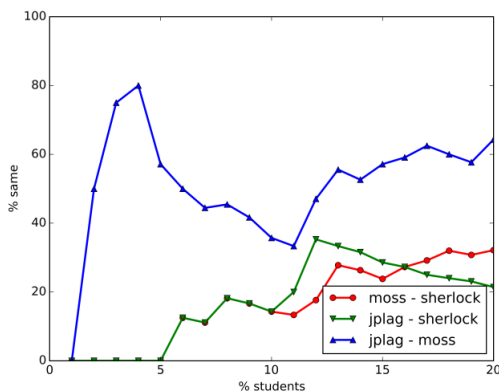
Tabela 1. Grupe radova i broj otkrivenih plagijata

Grupa radova	Broj radova	Presek 10% najslabijih radova u sva tri alata	Ocenjeni kao plagijati
2011/2012	149	3	2
2012/2013	172	11	11
2011-2014	457	20	19





Slika 2. Presek rezultata svih alata za sve radove



Slika 3. Presek rezultata parova alata za školsku 2011/2012. godinu

Za potrebe ovog rada procesirani su radovi studenata iz dve školske godine pojedinačno (za 2011/2012 korišćena je oznaka 2012\_s, a za 2012/2013 oznaka 2013\_s), a zatim svi raspoloživi radovi u periodu 2011-2014. (oznaka 2014\_s). Broj radova po grupama dat je u Tabeli 1. Nad ta tri skupa radova primenjeni su alati: MOSS, JPlag i Sherlock. Sličnost rezultata koje daju parovi alata prikazana je grafikonima, datim na Slikama 3, 4 i 5.

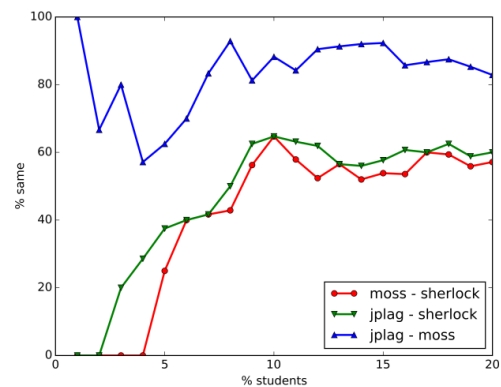
Za svaku grupu radova studenti su rangirani po najvećoj sličnosti koda sa bilo kojim drugim radom. Na x osi je broj studenata koji se razmatra izražen u procentima od ukupnog broja studenata za tu grupu. Na y osi je prikazano koliko je procentualno preklapanje istih studenata među prvih x studenata sa vrha rang liste svakog alata. Rezultati su prikazani na Slici 2. gde su grupe radova označene po godinama, a 2014\_s je oznaka za sve radove. Grafici na slikama 3., 4. i 5. porede parove alata za svaki od tri skupa radova po vremenskim periodima. U školskoj 2011/2012. skoro da nije bilo detektovanih plagijata. Školske 2013/2014. godine bilo je uparenih radova sa 20% do 40% sličnosti. U skupu svih radova pronađeni su neki koji su gotovo u celosti prepisani, sa minornim izmenama.

Na Slici 2. može se primetiti da kada nema mnogo uparenih radova, alati ne daju slične rezultate poređenja. Suštinski to nije problem, jer u tom slučaju mali broj studenta će biti osumnjičen zbog plagijata. U slučaju kada postoji značajan stepen detekcije plagijata, alati imaju oko 40-60% slične rezultate. Može se primetiti da ukoliko

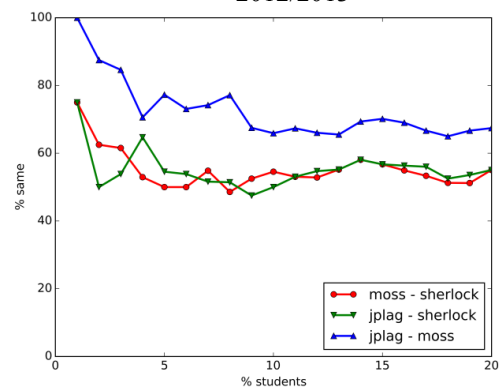
alati upoređuju radove sa istom postavkom, odnosno iz iste školske godine, rezultati su sličniji. Mada, i pored izmena u postavci zadatka, pronađene su sličnosti u zadacima iz različitih godina.

Na slikama 3., 4. i 5. se primećuje da parovi alata JPlag – Sherlock i Moss–Serlock daju slične rezultate. Sličnost rezultata parova alata je približna sličnosti za sva tri alata zajedno. JPlag i Moss daju više od 80% slične rezultate kada postoje plagijati i kada se porede radovi iz iste godine, dok daju od 60-80% slične rezultate kad se porede radovi iz različitih godina. Iz toga se može zaključiti da upotreba Sherlock-a u značajnoj meri utiče na rezultat poređenja, jer zbog različitosti u algoritmu daje dosta drugačije rangiranje po stepenu sličnosti.

Po statistikama samovrednovanja studijskog programa, predmet Operativni sistemi 1 iz godine u godinu predstavlja najveći problem za studente u smislu prolaznosti i prelaska u narednu godinu studija. Veliki broj studenata polaže ispit više puta u toku jedne školske godine. Mala verovatnoća greške prilikom odlučivanja da li je rad plagiran ili ne, može dovesti do velikog broja loše ocenjenih zadataka i samim tim mnogi studenti mogu neopravdano obnoviti godinu. Taj efekat je posebno izražen u godinama kada je broj plagijata mali. Iz tog razloga odluku da li je rad plagijat mora doneti čovek ručnim pregledanjem onih zadataka koje sva tri alata ocene kao veoma slične. Tabela 1. prikazuje koje su odluke donete u razmatranim grupama radova. Zaključuje se da ako sva tri alata visoko rangiraju rad kao plagiran, vrlo verovatno će to učiniti i sam ispitivač.



Slika 4. Presek rezultata parova alata za školsku 2012/2013



Slika 5. Presek rezultata za parove alata za sve radove

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su diskutovani problemi plagijarizma u programskim zadacima studenata, kao i razlozi koji dovode do ove nepoželjne pojave. Studenti koriste različite tehnike da prikriju plagijate, a uloga softverskih alata je da pomogne nastavnicima u otkrivanju takvih slučajeva. Prikazane su različite tehnike za detekciju sličnosti programskog koda i opisano nekoliko alata koji se mogu koristiti u praksi, radi poboljšanja objektivnosti ocenjivanja. Saznanje da postoji efikasan mehanizam za detektovanje sličnosti radova odvraća studente od kopiranja tuđih radova. Iako dostupni alati veoma olakšavaju rešavanje ovog problema, ključnu ulogu u detekciji sličnosti i dalje ima ljudski faktor.

Postoji više mogućih pravaca daljeg istraživanja. Kao što su autori izložili u [20], upotreba ovakvih alata je pogodna u nastavi programiranja na nižim godinama studija. U tom smislu, moguće je kroz praćenje pojave plagijarizma uticati na njenu prevenciju na kasnijim godinama studija. Sa druge strane, upotreba alata se može ispitati na predmetima gde se koriste drugi programski jezici i u tom smislu ispitati njihova efikasnost.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti broj III44006, III44009 i TR32047). Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

## LITERATURA

- [1] Shackelford, R., McGettrick, A., Sloan, R., Topi, H., Davies, G., Kamali, R., Cross, J., Impagliazzo, J., LeBlanc, R., Lunt, B., "Computing curricula 2005: The overview report", ACM and IEEE-CS, 2006.
- [2] Cosma, G., Joy, M., „Towards a definition of source-code plagiarism“, IEEE Transactions on Education, vol 51, no. 2, 2008., pp. 195-200.
- [3] Chuda, D., Navrat, P., Kovacova, B., Humay, P., "The Issue of (Software) Plagiarism: A Student View", IEEE Transactions on Education, vol. 55, issue: 1, 2012., pp. 22-28.
- [4] Dick, M., Sheard, J., Bareiss, C., Carter, J., Joyce, D., Harding, T., Laxer, C., "Addressing student cheating: definitions and solutions", ACM SigCSE Bulletin, vol. 35, issue 2, 2003., pp. 172-184.
- [5] Joy, M., Luck, M., "Plagiarism in programming assignments", IEEE Transactions on Education, vol. 42, no. 2, 1999., pp. 129 - 133.
- [6] Jian, H. L., Sandnes, F. E., Huang, Y. P., Cai, L., Law, K. M., "On students' strategy-preferences for managing difficult course work", IEEE Transactions on Education, vol. 51, issue 2, 2008., pp.157-165.
- [7] Luquini, E., Omar, N., "Programming plagiarism as a social phenomenon", IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011., pp. 895-902
- [8] Dixon, M., "Software Support for Lecturers Investigating Intra-corporal Source-code Plagiarism: Influence on Student Behaviour", International Journal of Learning, Teaching and Innovation, vol.1, no.1, 2014.
- [9] Judi, H. M., Salleh, S. M., Hussin, N., Idris, S., "The Use of Assignment Programming Activity Log to Study Novice Programmers Behavior Between Non-Plagiarized and Plagiarized Groups", Information Technology Journal, vol. 9, issue 1, 2010., pp. 98
- [10] Đurić, Z., Gašević, D., "A source code similarity system for plagiarism detection", The Computer Journal, Oxford Journals, 2012.
- [11] Yang, F. P., Jiau, H. C., Ssu, K. F., "Beyond plagiarism: An active learning method to analyze causes behind code-similarity", Computers & Education, vol. 70, 2014., pp. 161-172.
- [12] Chen X., Francia B., Li M., Mckinnon B., Seker A., "Shared information and program plagiarism detection", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 50, issue 7, 2004., pp. 1545-1551.
- [13] The Sherlock Plagiarism Detector, University of Sydney, 2006., pristupano 02.02.2015, <http://sydney.edu.au/engineering/it/~scilect/sherlock/>
- [14] Prechelt, L., Malpohl, G., Philippsen, M., "Finding plagiarisms among a set of programs with JPlag", Journal of Universal Computer Science, vol. 8, issue 11, 2002., pp. 1016.
- [15] Schleimer S., Wilkerson D. S., Aiken, A., "Winnowing: local algorithms for document fingerprinting", ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 2003., pp. 76-85
- [16] Mozgovoy M., "Enhancing computer-aided plagiarism detection", University of Joensuu, 2007.
- [17] Son, J. W., Noh, T. G., Song, H. J., Park, S. B., "An application for plagiarized source code detection based on a parse tree kernel", Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 26, issue 8, 2013., pp. 1911-1918.
- [18] Liu, C., Chen, C., Han, J., Yu, P. S., "GPLAG: detection of software plagiarism by program dependence graph analysis", 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2006., pp. 872-881.
- [19] Aiken A., Measure of software similarity, <http://theory.stanford.edu/~aiken/moss/>, pristupano 02.02.2015.
- [20] Mišić, M., Mitić, Lj., Protić, J., "Softverska detekcija sličnosti programskog koda kao mera za otkrivanje plagijata na ispitima", XX TREND, 2014.

# MOGUĆNOST PRIMENE TEHNOLOGIJA BRZE IZRADE PROTOTIPOVA U DRVNOJ INDUSTRIJI

## APPLICATION OF RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGIES IN WOOD INDUSTRY

Andreja Radovanović, Miloš Mladenović, Milan Bojović, Nikola Jovanović,  
Nenad Grujović, Miroslav Živković, Fatima Živić  
*Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija*

**Sadržaj** – Ovaj rad je nastao kao rezultat primene 3D štampača za brzu izradu prototipova u Centru za informacione tehnologije na Fakultetu inženjerskih nauka u Kragujevcu. U radu su objašnjene primenjene tehnologije, i prikazani primeri odštampanih elemenata, pomoćnih alata i pribora koji se primenjuju u oblasti drvne industrije.

**Abstract** – This paper presents results of practical application of 3D printing at the Center for Information Technologies, Faculty of Engineering, Kragujevac. Application of rapid prototyping technologies in wood industry is presented. Examples of 3D printed fasteners and tools which can be used in wood industry are given.

### 1. UVOD

Brza izrada prototipova (engl. Rapid Prototyping – RP) predstavlja niz postupaka koji omogućuju brzo dobijanje prototipa koji se zasnivaju na 3D računarskom modelu [1]. Ovim načinom izrade prototipa se postiže blagovremeno uočavanje nedostataka na odštampanom modelu, kao i njegova optimizacija u toku razvojnog ciklusa.

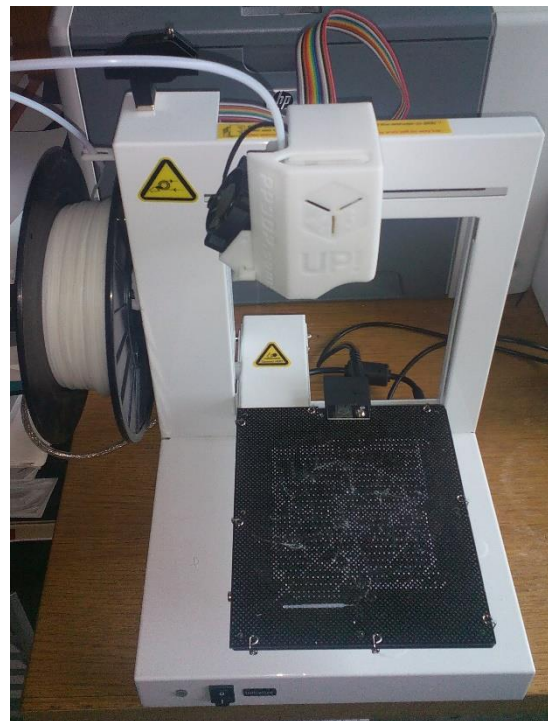
Tehnologija trodimenzionalnog štampanja (engl. 3D Printing – 3DP) je u svetu 3D štampe već pronašla primenu u drvnoj industriji, pa su čak i razvijani materijali koji bi imali svojstva slična drvetu i koji će se primeniti u toj tehnologiji [2]. Rad Lawrence Sassa razmatra izradu kutija za sitne radioničke elemente (lego tipa) uz pomoć slojevitog štampanja [3]. Analizirajući spojeve i načine spajanja drvenih ploča, kao i rezultate deformisanja, javila se ideja kreiranja alata korišćenjem RP tehnologija, koji bi mogao da pomogne prilikom spajanja takvih ploča [4]. Shvatajući široku oblast primene RP tehnologija, razvijena je i ideja razvoja elemenata koji bi se

koristili u oblasti drvne industrije primenom **FDM** (engl. Fused Deposition Modeling) tehnologije [5].

### 2. TEHNOLOGIJA 3D ŠTAMPE

Kompanija „3D PRINTING SYSTEMS“ nudi široki spektar 3D štampača. Osnovana je na Novom Zelandu, i trenutno poseduje veliki broj prodavnica širom Australije.

Ova kompanija je razvila kvalitetan, lagan, jeftin i jednostavan za upotrebu 3D štampač **Up Plus 2**.



Slika 1. Up Plus 2-3D štampač u Centru za informacione tehnologije Fakulteta inženjerskih nauka

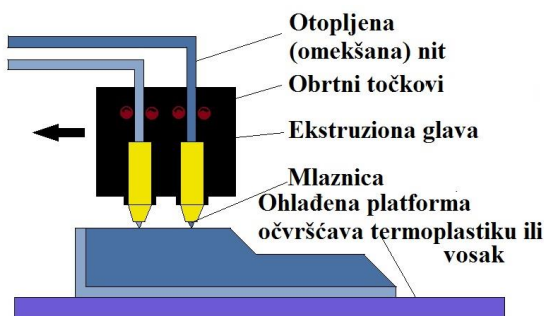
Na slici 1 je prikazan Up Plus 2-3D štampač koji se nalazi u Centru za informacione tehnologije (CIT) na Fakultetu inženjerskih nauka u Kragujevcu.

U tabeli 1 su date osnovne karakteristike 3D štampača. Štampač je male težine (oko 5 kg), malih dimenzija i nudi visoku preciznost i rezoluciju 3D štampe. Debljina sloja štampe iznosi od 0.15 - 0.4 mm što predstavlja odličnu rezoluciju štampe za potrebe drvne industrije.

Platforma za štampanje	140x140x135 mm
Brzina štampanja	3-30 mm <sup>3</sup> /s
Dimenzije	245x260x350 mm
Težina	5 kg
Rezolucija po sloju	0.15 – 0.4 mm

Tabela 1. Osnovne karakteristike 3D štampača UP Plus 2

Tehnologija koja se koristi kod ovog tipa 3D štampe je **FDM**. Bazira se na štampanju sloj-po-sloj (slika 2), a ti slojevi se nanose tako što se materijal u obliku tanke žice (kao na slici 3), dovodi sa namotaja do specijalno dizajnirane glave. Materijal se zagreva grejačem unutar ekstruzione glave dok se ne dostigne potreban viskozitet. Materijal se nanosi sloj po sloj pri čemu se poslednje nanešeni sloj hladi i stvrdnjava veoma brzo [1], [5].



Slika 2. Prikaz FDM postupka [5]

Materijali koji se koristi prilikom štampe kod ovog tipa štampača su Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) prikazana u koturovima spremnim za korišćenje na slici 3, ili polylactide (PLA) - obe poznate kao termoplastike.

**PLA** je biorazgradiva plastika koja se može dobiti iz obnovljivih izvora, kao što je kukuruzni škrob, čips ili šećerna trska.

**ABS** plastika je manje krta i poseduje bolje mehaničke osobine od PLA plastike. Temperatura topljenja ove plastike je veća. ABS zahteva manje snage za istiskivanje nego PLA jer ima manji koeficijent trenja. Ova vrsta plastike je amorfna pa nema pravu tačku topljenja. 230° C je standardna temperatura za 3D štampanje. Dodatna prednost ABS plastike je dugotrajnost, raspoloživost u više boja i daje mogućnost završne obrade (bušenje, peskarenje, prevlačenje itd.) [5].



Slika 3. ABS plastika u koturovima

Željeni model se kreira u CAD softveru, dok izlazni format mora biti u STL fajlu kako bi štampač formirao putanju kretanja glave. Debljina slojeva zavisi od namene modela. Kao što je već pomenuto, delovi se izrađuju od slojeva formiranih istiskivanjem niti rastopljene plastike. U ekstruzionoj glavi nit se zagreva do temperature topljenja i onda se ubrizgava kroz mlaznicu. Samo kretanje glave je numerički upravljano i ona se kreće unutar konture poprečnog preseka u zavisnosti od trenutka u kom se trenutni sloj izrađuje. Posle nanošenja odgovarajućeg sloja, platforma se spušta za podešeno rastojanje i kreće se sa nanošenjem narednog sloja.

Najveće prednosti FDM tehnologije jesu izrada funkcionalnih delova, minimum otpada, jednostavno postprocesiranje, laka promena materijala, materijali su netoksični i nije potrebno postprocesiranje u vidu dodatnog očvršćivanja.

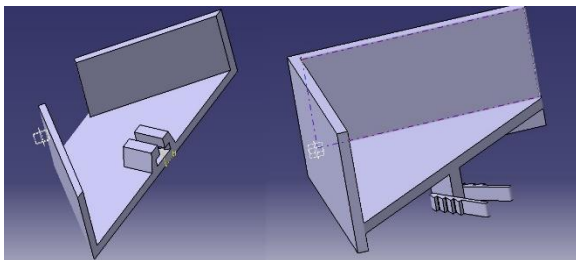
Nedostaci ove tehnologije su ograničena tačnost (jer je prečnik žice 1.75 mm pa shodno tome postoje granice tačnosti), zatim skupljanje materijala koje nije moguće predvideti i spora izrada delova (proces obrade je spor jer se cela površina poprečnog preseka mora ispuniti materijalom).

### 3. POSTUPAK IZRADE ALATA I ELEMENATA ZA DRVNU INDUSTRIJU

Osnovni cilj jeste da se 3D štampom izrade alati ili elementi koji se mogu primeniti u drvnjoj industriji. Trenutno se ostvarivanje takvog cilja vrši na projektu IPA-ADRIA HUB. Zadatak je da se osmisli što više mogućih alata i elemenata koji bi koristili u drvnjoj industriji, a da mogu da se izrade primenom 3D štampe. Angažovanjem na takvom projektu, u prostorijama CIT-a Fakulteta inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, realizovani su samo neki primeri alata i elemenata koji bi mogli da nadju primenu u drvnjoj industriji. U radu je prikazan primer izradjenog alata i primer izradjenog elementa. Radi uštede vremena, bitno je pomenuti da su delovi štampani u režimu „FAST“ čime se smanjuje kvalitet štampe, ali se utrošak vremena smanjuje za 50%, dok taj režim ne utiče znatno na utrošak materijala.

**Primer izrade alata.** Alat (slika 6) koji je prikazan kao primer štampanja na 3D štampaču Up Plus ima mogućnost primene u drvnjoj industriji, odnosno može se koristiti kao stega koja međusobno spaja dve drvene ploče. Može se primeniti prilikom sklapanja neke male stalaže, police i sličnih manjih delova nameštaja koji nisu značajno opterećeni. Alat koji se štampa sastoji se iz dva dela (slika 4).

Prva faza u izradi alata jeste IDEJNO REŠENJE najboljeg rešenja, i crtanje CAD modela. Pravljenje CAD modela se vrši u softverskom alatu CATIA. Na slici 4 su prikazani delovi alata koji se štampaju.

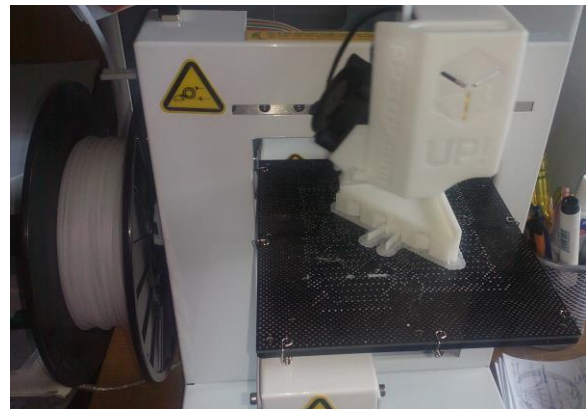


Slika 4. Gotov model u CATIA softverskom alatu

Nakon završenih 3D modela, vrši se provera da li su sve dimenzije ispravne, a zatim se vrši izvoz modela i vrši se zapis u STL formatu, nakon čega se model uveze u softver koji štampač koristi.

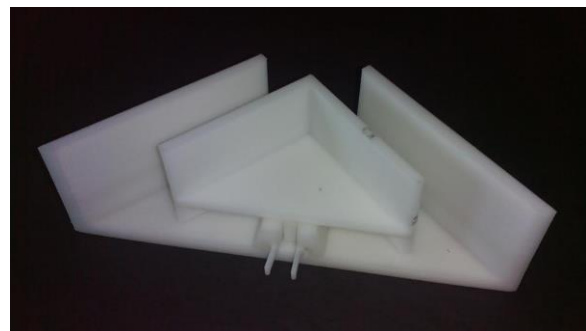
**Proces štampanja.** Nakon izvršene pripreme STL fajla, vrši se provera da li ima dovoljno materijala na koturu za štampanje određenog dela, i proverava

štampač i počinje sa štampanjem. Štampanje se vrši po principu sloj-po-sloj. Na Slici 5 je prikazan proces štampanja jednog dela.



Slika 5. Proces štampanja 3D modela

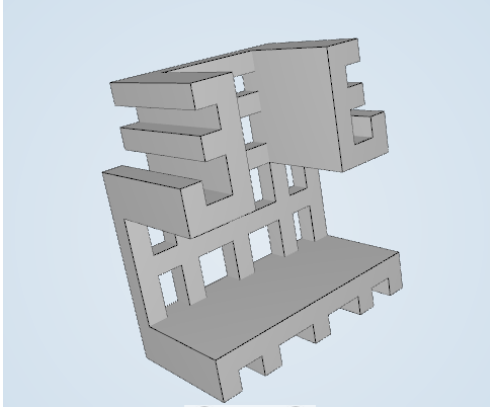
**Postprocesiranje.** Nakon završetka štampe, vrši se postprocesiranje. Deo se sada obrađuje, i uklanja se višak materijala. Na nekim delovima je neophodno i izvršiti fino šmirglanje, kako bi se ova dva odvojena elementa savršeno međusobno uklopila u jedan sklop, odnosno u konačan alat (slika 6).



Slika 6. Fizički model alata dobijen 3D štampom

**Primer izrade elementa za primenu u drvnjoj industriji.** Element koji je izraden primenom 3D štampača, a može se koristiti u drvnjoj industriji, jeste T-nosač koji može upotrebljavati za montiranje vertikalnih polica na postojeće horizontalne.

Za razliku od prethodnog primera gde je realizovan alat koji se sastojao iz dva dela, i koji je rađen u softverskom alatu CATIA, ovaj element je modeliran u softverskom alatu SketchUp. Na slici 7 je prikazan 3D model nosača.



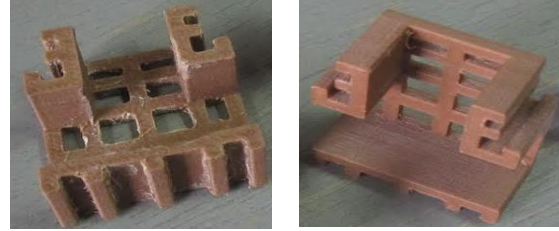
Slika 7. Gotov element u SketchUp softverskom alatu  
Sam postupak štampanja je identičan kao i kod štampanja alata (stega).

Materijal koji je korišćen za štampanje elementa je vizuelno veoma sličan drvetu, što se može videti na slici ispod.



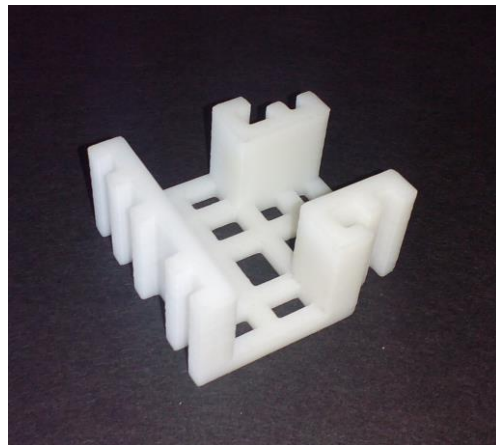
Slika 8. PLA plastika sa teksturom drveta

Odštampan deo ima teksturu poput drveta. Odličan je za štampanje elemenata koji imaju primenu u drvenoj industriji, naročito kod delova koje je potrebno uklopiti u izgled već postojećeg elementa, police, komode i slično. Ova plastika predstavlja mešavinu 40% recikliranog drveta sa vezivnim polimerom. Materijal omogućava štampanje kao kod termoplastike (kao što su ABS i PLA), ali daje mnogo realniji izgled drvenom elementu. Temperatura topljenja je između 175° i 250° C. Različitom temperaturom topljenja se dobijaju i različite nijanse boje drveta. Cena ove plastike je 30 eura/kg [6].



Slika 9. Fizički model dobijen postupkom 3D štampe: a) loše odštampan element, b) dobro odštampan element

Na slici 9a je prikazan odštampan element nosača police korišćenjem materijala koji ima boju i svojstva slična drvetu. Može se primetiti da element nije u potpunosti funkcionalan i vizuelno odstupa od 3D modela izmodeliranog u SketchUp-u. Do greške je došlo usled netačnih podešavanja parametara štampe. Sa slici 9a je vršeno štampanje sa podešavanjima za štampanje sa ABS plastikom (gde je veća temperatura topljenja), dok na slici 9b se vidi da je dobijeni model izuzetno dobar što znači da je ova plastika po sastavu najbližija PLA plastici. Deo je odštampan i sa klasičnom ABS plastikom (Slika 10) radi upoređivanja fizičkih svojstava oba modela.



Slika 10. Fizički model elementa dobijen 3D štamptom

#### 4. PRAKTIČNA PRIMENA I ANALIZA ODŠTAMPANIH DELOVA

**Praktična primena i analiza alata.** Alat koji je štampan ima mogućnost primene u drvenoj industriji, odnosno, može se koristiti kao „stega” koja međusobno spaja dve odvojene drvene ploče.



Slika 11. Primer primene alata za spajanje 2 drvene ploče

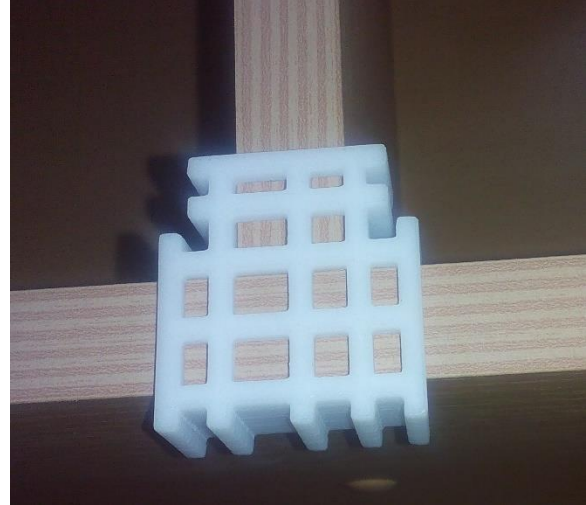
Alat je predviđen za sklapanje ploča debljina 16, 17 i 18 mm.

Na osnovu dobijenog modela izvršena su osnovna testiranja, počevši od cene pa do same izdržljivosti alata. Velika prednost izrade alata za drvenu industriju ovog tipa korišćenjem navedene tehnologije jeste cena izrade samog alata.

Vreme koje je utrošeno za izradu alata je 4 sata i 45 minuta. Ukupno je utrošeno 60.8 g materijala za štampanje ovog dela, gde je uračunat i deo koji otpada pri postprocesiranju (uklanjanje privremenih oslonaca). Uzeći u obzir prethodno pomenutu cenu od 30 eur/kg, može se zaključiti da je za štampanje ovakvog dela potrebno izdvojiti oko 2 evra, što je izuzetno niska cena za izradu prototipa ovog tipa i namene.

Alat nema mnogo nedostataka. Najveći nedostatak je čvrstoća, ali se može unaprediti i optimizovati u nekom narednom koraku. Dalji koraci u razvoju proizvoda jesu optimizacija primenom metoda konačnih elemenata, čime se može optimizovati dizajn, nosivost, čvrstoća.

**Praktična primena i analiza elementa.** Odštampan element sa slike 12, se koristi kao T nosač i služi za montiranje najčešće vertikalnih polica. Da bi se namonitrana vertikalna polica potrebno je najmanje 2 „T“ elementa (jedan sa gornje i jedan sa donje strane horizontalne police).



Slika 12. Primena „T“ elementa za postavljanje vertikalne ploče

Prethodno je napomenuto da je deo štampan u boji drveta i beloj boji, odnosno sa 2 različita materijala. Imajući u vidu da je ABS plastika duže zastupljena, i da se relativno bolje poznaju fizička svojstva, i da je već poznato opšte ponašanje odštampanih 3D modela sa ovom plastikom, izvršena su upoređivanja kako fizičkih svojstava tako i same cene izrade modela. Na osnovu poređenja je zaključeno da nema velike razlike u samom ponašanju modela prilikom opterećenja.

Imajući u vidu da je cena materijala koji je korišćen za štampanje ovog elementa približna ceni obične ABS plastike proračuni su izvršeni na isti način. Utrošeno je 8.5 g materijala ukupno za štampu elementa, što znači da cena štampanja iznosi 0.25 evra.

## 5. ZAKLJUČAK

Aditivne tehnologije, do nedavno, su nazivane Rapid prototyping (RP) jer je njihova namena upravo brza izrada prototipova radi provere koncepta, funkcionalnog testiranja ali i u nekim slučajevima, primene u eksploatacionim uslovima. Savremeni trendovi su doveli do velikog povećanja broja proizvođača opreme namenjene 3D štampi objekata kao i do novijih i efikasnijih tehnoloških rešenja. Određen broj patentnih prava u ovoj oblasti je sada van snage, pa je uz jako povećanu konkurenciju među proizvođačima opreme došlo do velikog snižavanja cena opreme za RP i do približenja kućnim

uslovima upotreba uz istovremeno zadovoljavajući kvalitet onoga što se takvim jeftinijim uređajima može proizvesti. FDM tehnologija kao jedno rešenje za brzu izradu prototipova je zbog jednostavnosti imala najveću ekspanziju na svetskoj sceni. Uopšteno, ove nove tehnologije su dostigle niz ciljeva koji se zahtevaju savremenim tržištem, počevši od cene izrade proizvoda, preko testiranja, vizuelizacije pa do samog vremena izrade prototipa.

Kao zaključak ovog rada proizilazi da je jedan od segmenata industrije gde se uočava prostor za primenu RP naročito u oblasti drvne industrije gde postoji širok raspon alata i elemenata, pa je klasična izrada prototipa skupa i vremenski zahtevna (podešavanje i prilagođavanje glomaznih, visokoserijskih mašina i dr). Može se uočiti da iako su mogućnosti i prednosti RP dobro prezentovane u stručnoj ali i u popularnoj literaturi, proizvođači koji koriste drvo kao osnovnu sirovinu nisu dovoljno iskoristili te pogodnosti. Sa posebnim naglaskom da je sada vreme opšte ekspanzije 3D štampača, ne treba isključiti ni mogućnost formiranja manjih proizvodnih linija koje RP postupkom izrađuju komponente u manjim serijama. Fleksibilnost i ekonomičnost ovakvih proizvodnih linija je verifikovana i kod nekih proizvođača 3D štampača koji ih koriste i u svojoj proizvodnji.

Drugi aspekt koji može biti od velikog interesa u ovom kontekstu je mogućnost primene velike lepeze materijala koji mogu pružiti kompetitivne osobine na tržištu. Neki od primera su potpuno ekološki materijali (npr. kombinacija drvenog praha i biokompatibilne plastike PLA) ili materijali sa izuzetnim mehaničkim karakteristikama (kompoziti osnovnih plastičnih materijala sa ugljeničnim vlaknima).

Prikazani rezultati su urađeni u okviru projekta IPA ADRIA HUB (Bridge technical differences and social suspicions contributing to transform the Adriatic area in stable hub for a sustainable technological development – ADRIA HUB, code: 2° Ord./01270).

## LITERATURA

- [1] Grujović, N. Brza izrada prototipova – rapid prototyping, WUS Austria CDP+ 141/2004, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2005
- [2] M. S. Wahab, A. Wagiman, N. M. Zuku, Rapid Prototyping Of Wood-Based Materijal, Malaysian Technical Universities Conference on Eneengineering and Technology, June 20-22, 2009, MS Garden, Kuantan, Pahang, Malaysia
- [3] Lawrence Sass, A physical design grammar: A production system for layered manufacturing machines, Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, United States
- [4] Jerzy Smardzewski, Wojciech Lewandowski, Hasan Ozgur Imirzi, Elasticity modulus of cabinet furniture joints, Poznan University of Life Sciences, Faculty of Wood Technology, Department of Furniture Design, Wojska Polskiego 38/42, 60-637 Poznan, Poland
- [5] Trajanović M., Grujović N., Milovanović J., Milivojević V.: Računarski podržane brze proizvodne tehnologije, monografija u štampi, Mašinski fakultet, Kragujevac 2008
- [6] Ivica Jovanović, 3D Štampa kompozitnih materijala od drveta, COMETA 2014, 2nd INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 2-5 Decembar 2014, Jahorina, BiH, Republika Srpska, University of East Sarajevo, Faculty of Mechanical Engineering, Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications



# NUMERIČKA ANALIZA I TOPOLOŠKA OPTIMIZACIJA ELEMENATA DOBIJENIH 3D ŠTAMPANJEM ZA POTREBE DRVNE INDUSTRIJE

## NUMERICAL ANALYSIS AND TOPOLOGY OPTIMIZATION OF 3D PRINTED ELEMENTS USED FOR WOOD INDUSTRY

Milan Bojović, Nikola Jovanović, Andreja Radovanović, Miloš Mladenović,  
Miroslav Živković, Nenad Grujović, Fatima Živić  
*Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu*

**Sadržaj** – U ovom radu se razmatra mogućnost numeričke analize i topološke optimizacije elemenata namenjenih drvenoj industriji, a dobijenih tehnologijom brze izrade prototipova pomoću naprednih softverskih paketa poput Femap-a i Nastran-a. U radu je izvršena analiza elementa dobijenog 3D štampanjem na Fakultetu inženjerskih nauka u Kragujevcu. Određene su maksimalne vrednosti karakterističnih opterećenja kojim mogu biti izloženi ovi elementi, a zatim je izvršena topološka optimizacija radi uštede materijala i vremena izrade.

**Abstract** – This paper studies the possibility of applying the numerical analysis and topology optimization of elements, made with RP (Rapid Prototyping) technology, used in wood industry. Analysis is done using Femap and Nastran, advanced software for this kind of analysis. In this paper, 3D element printed at Faculty of Engineering is analysed. Maximal values of characteristic loads that can be applied on element are determined and then topology optimization is done aiming for rationalization of the use of material and manufacturing time.

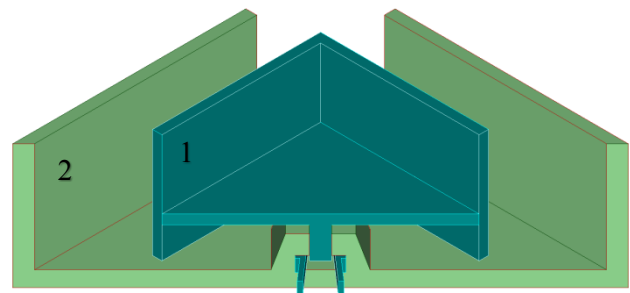
### 1. UVOD

Primena numeričke analize i topološke optimizacije može naći široku primenu u industriji. Njihovom primenom se mogu postići značajne uštede u toku razvoja proizvoda. Prevedhodno se mogu izbeći problemi sa pouzdanošću konstrukcije mnogo ranije, pre nego što se pojave kod gotovog proizvoda. Takođe se mogu postići značajna smanjena krajnje cene proizvoda time što se proizvod dovodi do visokog stepena optimizacije. Jedan primer primene ovog načina analize proizvoda je dat u ovom radu i predstavlja analizu elementa dobijenog RP tehnologijom za potrebe drvene industrije. U ovom radu je prikazan ceo postupak analize, a zatim i optimizacije proizvoda sa praktičnom primenom. Prvo je dat CAD (Computer Aided Design) model koji je prvobitno zamišljen kao finalni proizvod. Zatim su izvršene numeričke analize kojima su određena maksimalna karakteristična opterećenja koja prvobitno definisani element može da podnese, a da pri tome bude u zoni elastičnih deformacija. Nakon toga je izvršena topološka optimizacija uz pomoć programskog paketa Femap [1], [2]. Cilj topološke optimizacije je bio da se smanji ukupna zapremina modela, a time masa i ukupna količina materijala koji se utroši na izradu modela, a da se pri tome ne smanji čvrstoća konstrukcije, odnosno da se maksimalne vrednosti sila koje konstrukcija može da podnese ne smanji pri smanjenju zapremine modela. Nakon topološke optimizacije, geometrijski model početne

konstrukcije je promenjen i cela analiza je ponovljena, dobijeni rezultati su analizirani i time je potvrđeno da optimizovani model zadovoljava iste kriterijume koje zadovoljava i početni model.

### 2. ANALIZA I OPTIMIZACIJA POČETNOG MODELA

Početni model analize koji je zamišljen kao finalni model za proizvodnju je prikazan na slici 1.



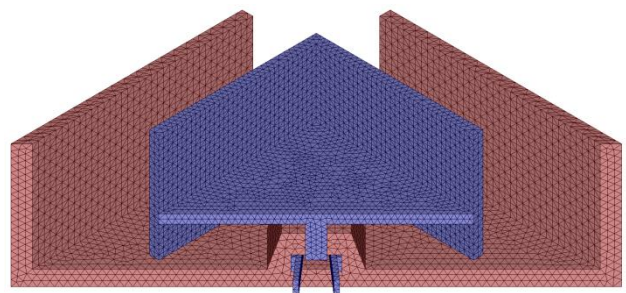
Slika 1. Početni CAD model.

Na osnovu modela na slici 1. generisana je mreža konačnih elemenata koja je korišćena za prvu analizu [3]. Taj model je prikazan na slici 2. Generisani model ima 19166 čvorova i 75967 elemenata.

Materijalne karakteristike su date u tabeli 1.

Tabela 1. Materijalne karakteristike korišćene u radu.[4]

$E$ (MPa)	$R_m$ (MPa)	$\nu$
$2,25 \cdot 10^3$	42,5	0,35



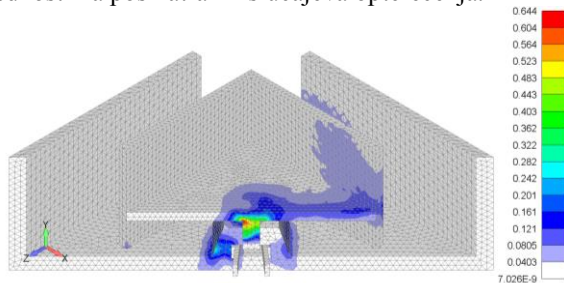
Slika 2. Generisani FEM model.

Da bi se odredile maksimalne vrednosti karakterističnih opterećenja prvo je zadato jedinično opterećenje i izračunate su vrednosti Von Mises-ovog napona kao

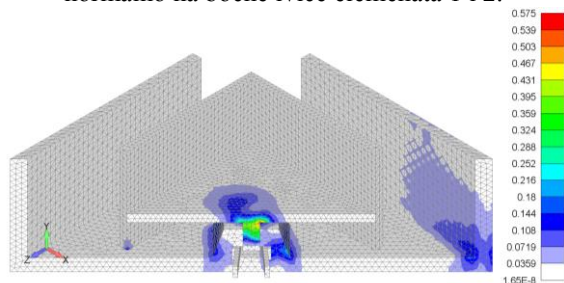
referentnog napona pri određivanju maksimalnih vrednosti sila koje mogu da deluju na element. Nakon toga, nađen je odnos tako dobijenog napona i maksimalnog napona koji je dozvoljen za korišćeni materijal. Taj koeficijent je iskorišćen da se njime uveća jedinično opterećenje i time su dobijene maksimalne vrednosti opterećenja kojima se može opteretiti posmatrani model.

Kao ključni deo ovog sklopa posmatran je element prikazan na slici 1. i označen je kao element 1. Zbog toga, granični uslovi su postavljeni tako da je element 2. na slici 1. ograničen na taj način što je donja površina potpuno fiksirana

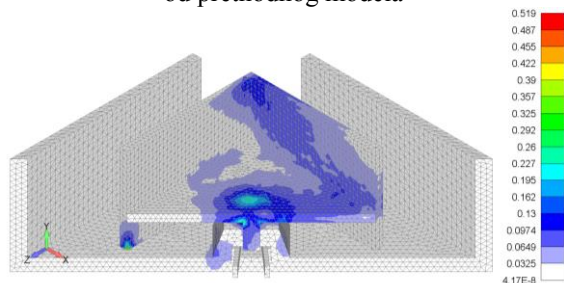
Na slikama tri, četiri i pet prikazane su vrednosti polja napona (Von Mises-ov napon se posmatra tokom celog rada) usled jediničnog opterećenja. Na slikama šest, sedam i osam su prikazane vrednosti napona pri maksimalnim vrednostima posmatranih slučajeva opterećenja.



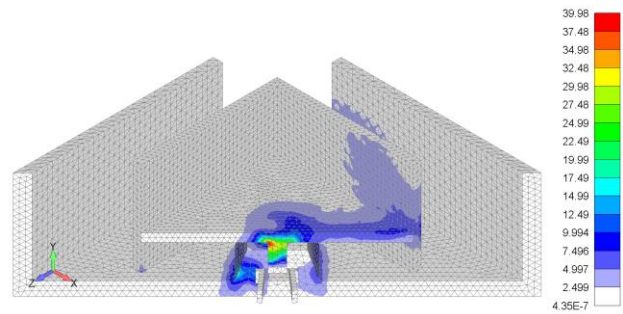
Slika 3. Vrednosti napona usled jediničnog opterećenja kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.



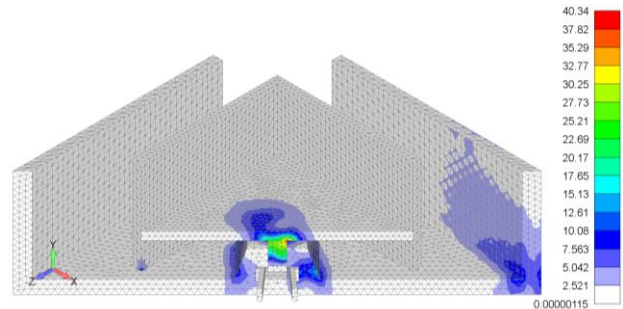
Slika 4. Vrednosti napona usled jediničnog opterećenja kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2. Suprotna ivica od prethodnog modela



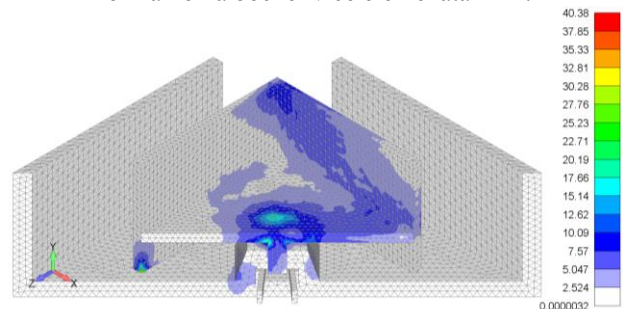
Slika 5. Vrednosti napona usled jediničnog opterećenja kada je element opterećen na savijanje silom duž gornje ivice bočne strane elementa 1 i donje ivice elementa 2.



Slika 6. Vrednosti napona usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.



Slika 7. Vrednosti napona usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.



Slika 8. Vrednosti napona usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na ivice bočne strane elementa 1 i donje ivice elementa 2

Nakon što su određena maksimalna opterećenja i utvrđeno ponašanje elementa pri dejstvu maksimalnih opterećenja izvršen je postupak topološke optimizacije [3], [4].

Cilj procesa optimizacije je bio da se smanji ukupna potrošnja materijala, a da se pri tome ne izgube mehaničke karakteristike elementa, i ukoliko je moguće dobiti bolje mehaničke karakteristike na optimizovanom modelu.

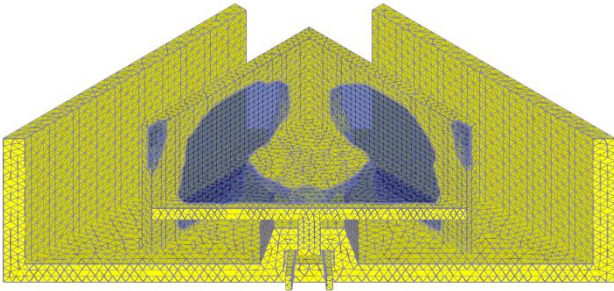
Prema tome, kao ulazni parametri u optimizaciju su postavljeni sledeći uslovi:

- Smanjenje zapremine za 50%;
- Održavanje postojećih mehaničkih karakteristika;

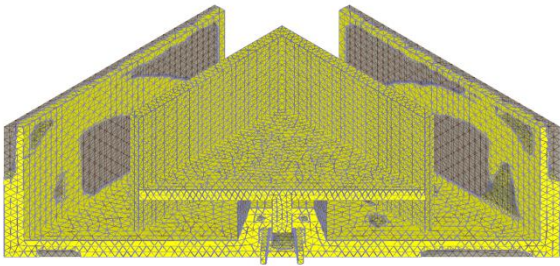
Na osnovu ovih zahteva definisani su parametri optimizacije i formiran model koji je korišćen za optimizaciju. Optimizacija je prvo izvršena na pojedinačnim elementima, a zatim i nad celim sklopom sa sitno definisanom mrežom. Nakon toga je ponovljena optimizacija oba dela istovremeno sa krupnije

generisanom mrežom sa ciljem razmatranja uticaja veličine elemenata na rezultate topološke optimizacije. Kada se topološka optimizacija vrši na oba dela istovremeno, dobijen model je manje tehnološki od modela dobijenog kada se vrši optimizacija elemenata posebno.

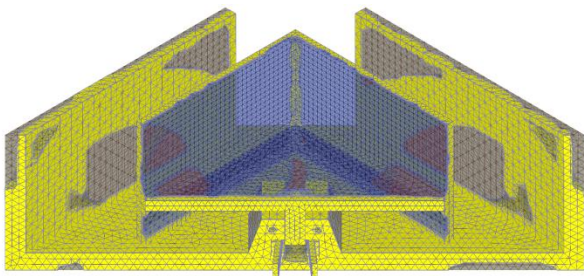
Na slici 9. je prikazan optimizovan element 1, na slici 10. je prikazan posebno optimizovan element dva, a na slici 11. rezultati istovremene optimizacije oba elementa. To su rezultati dobijeni pri korišćenju sitno generisane mreže. Veličina konačnih elemenata korišćena za automatsko generisanje je 2 mm za element 1 i 1,5 mm za element 2.



Slika 9. Oblik optimizovane topologije unutrašnjeg elementa sa sitnom mrežom.

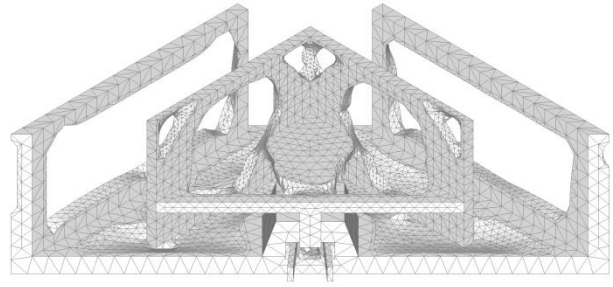


Slika 10. Oblik optimizovane topologije spoljnog elementa sa sitnom mrežom.

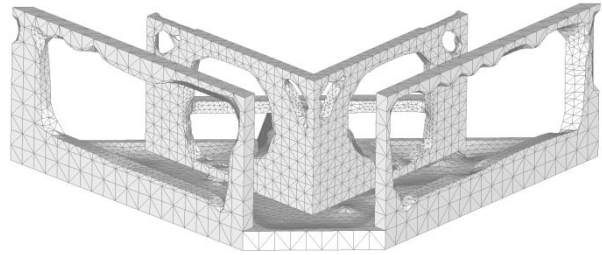


Slika 11. Oblik optimizovane topologije spoljnog i unutrašnjeg elementa dobijen pri istovremenoj optimizaciji oba elementa sa sitnom mrežom

Na slikama 12 i 13 prikazani su rezultati topološke optimizacije pri upotrebi krupne mreže gde je veličina elemenata 3,5 i 2 mm respektivno za element 1 i 2 koji se mogu videti na slici 1.

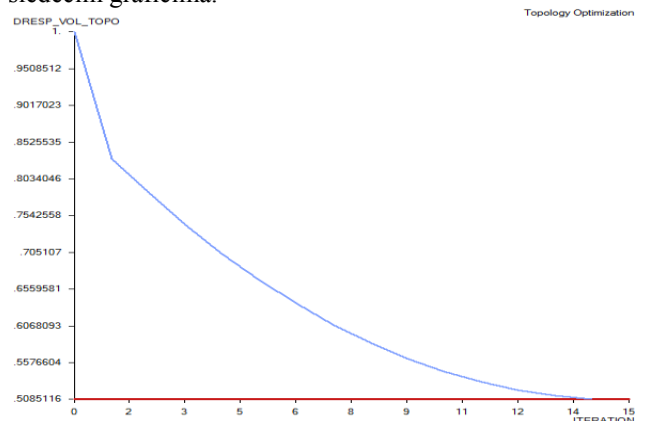


Slika 12. Oblik optimizovane topologije modela sa krupnom mrežom

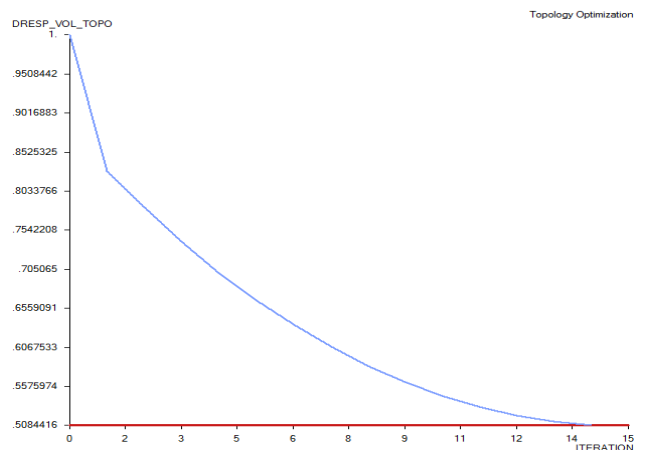


Slika 13. Oblik optimizovane topologije modela sa krupnom mrežom

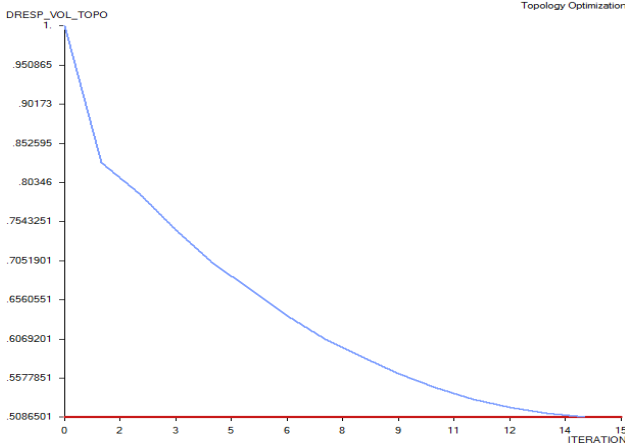
Promena zapremine pri iteracijama u procesu topološke optimizacije modela sa slika 9, 10 i 11 prikazana je na sledećim graficima.



Slika 14. Grafički prikaz smanjenja zapremine tokom iterativnog procesa topološke optimizacije unutrašnjeg elementa 1.



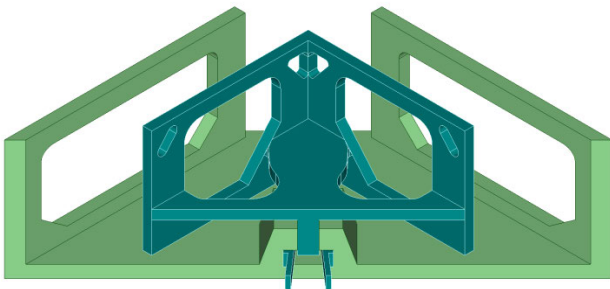
Slika 15. Grafički prikaz smanjenja zapremine tokom iterativnog procesa topološke optimizacije spoljašnjeg elementa 2.



Slika 16. Grafički prikaz smanjenja zapremine tokom iterativnog procesa topološke optimizacije oba elementa sklopa istovremeno

### 3. ANALIZA OPTIMIZOVANOG MODELA

Na osnovu urađenih topoloških optimizacija usvojena je modifikacija polaznog modela i formiran je novi CAD model koji je ispitivan. Izgled novoformiranog modela je dat na slici 17, a fizički model oštampiran na 3D štampaču Up plus 2 kompanije 3D Printing Systems prikazan je na slici 18.



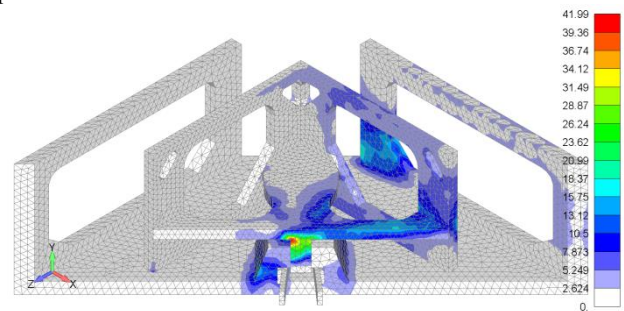
Slika 17. CAD model dobijen na osnovu optimizovane topologije.



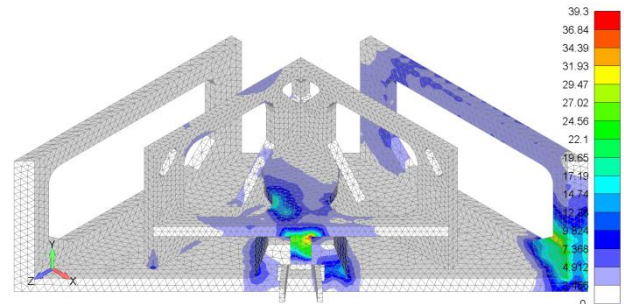
Slika 18. Fizički model elementa 2 nakon optimizacije

Sledeći korak nakon formiranja novog CAD modela jeste utvrđivanje da li njegove mehaničke karakteristike zadovoljavaju potrebne uslove pri istim silama koje su

zadate na početnom modelu. Rezultati tih ispitivanja su prikazani na sledećim slikama:

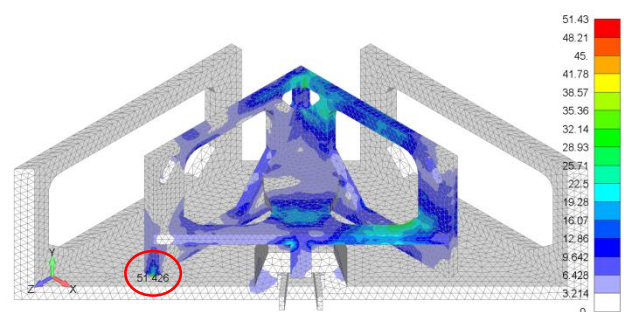


Slika 19. Raspored napona usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.

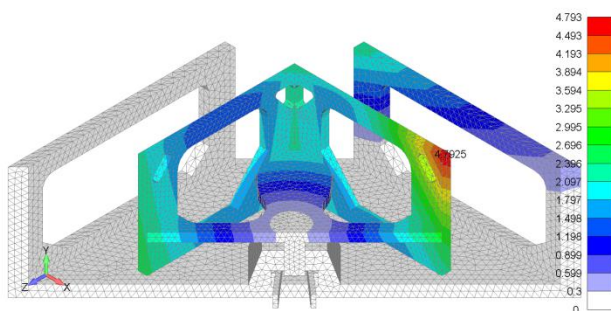


Slika 20. Raspored napona usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.

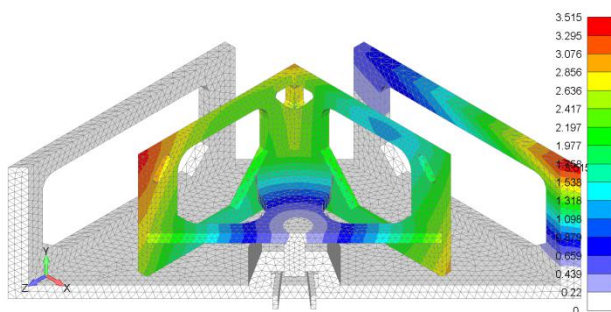
Na slici 21. se može uočiti lokalna koncentracija napona u okolini jednog čvora, jednog elementa što je posledica diskretizacije realnog modela konačnim elementima, te ne predstavlja realno stanje napona i može se zanemariti. Vrednosti napona u na celom elementu, izuzev u ovom čvoru, su ispod maksimalno dozvoljene vrednosti, pa se može zaključiti da element ne trpi kritično opterećenje i da će konstrukcija, za zadata opterećenja, očuvati svoju funkcionalnost.



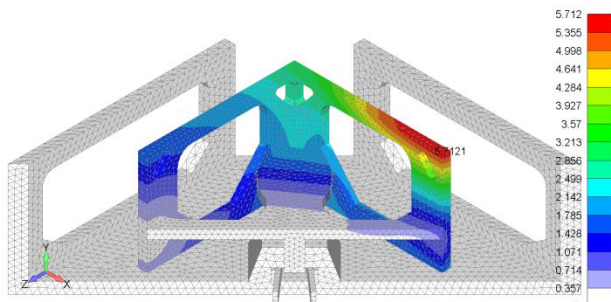
Slika 21. Raspored napona usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na gorju ivicu bočne strane elementa 1 i donje ivice elementa 2



Slika 22. Ukupna pomeranja usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.



Slika 23. Ukupna pomeranja usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na bočne ivice elemenata 1 i 2.



Slika 24. Ukupna pomeranja usled maksimalne dozvoljene sile kada je element opterećen na uvijanje pri dejstvu sile normalno na gornju ivicu bočne strane elementa 1 i donje ivice elementa 2.

#### 4. ZAKLJUČAK

Iz navedenog i na osnovu prikazanih rezultata se može zaključiti da optimizovan model ispunjava sve uslove kao i početni ne optimizovani model i da pri tome pruža znatnu uštedu na masi, koja na nivou sklopa iznosi 38%. Odnos masa pre i posle optimizacije je prikazan u tabeli 2.

Tabela 2. Mase elemenata pre i posle optimizacije.

El.	Masa pre optimizacije (g)	Masa posle optimizacije (g)	Smanjenje mase %
1.	16	9.5	41
2.	45	29	35

Uporednom analizom prikazane raspodele napona početnog i optimizovanog modela može se primetiti da su polja napona na optimizovanom modelu raspoređena po većoj zapremini modela što ukazuje da su izvedena oslabljenja na modelu, pored očigledne uštede na materijalu, dovela do pogodnije preraspodele naponskih polja po zapremini modela.

Primena topološke optimizacije u kombinaciji sa RP tehnologijom može obezbediti veliku prednost ne samo u drvenoj industriji već u svim granama industrije smanjujući vreme razvoja proizvoda od početne ideje i projektovanja preko optimizacije do konačne realizacije.

Rad je rezultat istraživanja u okviru implementacije projekta IPA ADRIA HUB (Bridge technical differences and social suspicions contributing to transform the Adriatic area in a stable hub for a sustainable technological development - ADRIA HUB, code: 2<sup>o</sup> Ord./01270).

#### LITERATURA

- [1] Femap Commands Version 11.0 Simens Product Lifecycle Management Software Inc. 2012
- [2] Femap Topology Optimization Version 10.3.1 Simens Product Lifecycle Management Software Inc. 2012
- [3] Miloš Kojić, Radovan Slavković, Miroslav Živković, Nenad Grujović, "Metoda konačnih elemenata I", Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2010.
- [4] [http://teststandard.com/data\\_sheets.htm](http://teststandard.com/data_sheets.htm)
- [5] Bendsøe M. & Sigmund O, "Topology Optimization. Theory, Methods and Applications", Springer-Verlag, 2003.
- [6] Peter W. Christensen, Andres Klarbring, "An Introduction to Structural Optimization", Springer, 2009.

# PROFILI ZA ŽIVOTNI CIKLUS SOFTVERA KOD VEOMA MALIH ENTITETA U ISO/IEC 29110 SKUPU DOKUMENATA

## SOFTWARE LIFECYCLE PROFILES FOR VERY SMALL ENTITIES IN ISO/IEC 29110 SET OF DOCUMENTS

Snežana D. Pantelić<sup>1</sup>, Sonja Dimitrijević<sup>1</sup>  
*Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U softverskoj industriji su prepoznati veoma mali entiteti – VME (entiteti koji imaju do 25 ljudi) zbog njihovog doprinosa koji daju proizvodnjom i implementacijom vrednih proizvoda i usluga. ISO/IEC 29110 skup dokumenata (međunarodnih standarda i tehničkih izveštaja) je usmeren na rešavanje problema ovih entiteta u primeni međunarodnih standarda za obezbeđenje kvaliteta softvera. U radu je prezentiran koncept generičkih profila VME za primenu životnog ciklusa softvera kod VME koji je omogućio da se definiše podskup procesa životnog ciklusa u skladu sa ISO/IEC 12207 standardom, relevantnih za VME kontekst. U radu je detaljnije opisan „osnovni“ profil kod VME. Dokumenti sve aktuelnije serije ISO/IEC 29110 omogućavaju da VME, koji razvijaju i implementiraju softver, obezbede kvalitet svojih proizvoda zahtevan kod integrisanja u proizvode velikih organizacija.

**Abstract:** *The software industry recognizes Very Small Entities – VSEs (small entities employing less than 25 people) for their contribution accomplished by the production and implementation of valuable products and services. The ISO/IEC 29110 set of documents (international standards and technical reports) is aimed at solving the problems inherent to the application of international standards for software quality assurance in such entities. The paper presents the concept of generic profiles for VSEs, which is crucial for the application of software life cycle in the context of VSEs. The concept enabled definition of a relevant subset of the life cycle processes according to the ISO/IEC 12207 standard. The “basic” profile of VSEs is described in more detail. The documents of the emerging ISO/IEC 29110 series enable that VSEs assure software quality required for software integration into products of large organizations.*

### 1. UVOD

U softverskom inženjeringu, glavni fokus se stavlja na procese. Ova oblast znanja, može se istraživati na dva nivoa. Prvi nivo obuhvata tehničke i menadžerske aktivnosti u okviru procesa životnog ciklusa softvera koje se izvode tokom nabavke, razvoja, održavanja i povlačenja softvera. Drugi nivo je meta-nivo, koji se brine o definiciji, implementaciji, merenjima, menadžmentu, promeni i unapređenju samih procesa [1]. Jedan od fundamentalnih standarda u ovom domenu je ISO/IEC 12207:2008 – Sistemski i softverski inženjering – Procesi životnog ciklusa softvera.

Inženjerski pristup razvoju softvera, doneo je metodologije koje su nametnule sistematične,

disciplinovane i merljive procese razvoja softvera sa ciljem da se realizacija softvera učini predvidljivijom i efikasnijom. Razvojem standardizacije u ovoj oblasti, teži se višem stepenu njenog uređenja što može imati višestruke pozitivne implikacije, kako na projektnom, tako i na organizacionom nivou. Ipak, kruta standardizacija i nefleksibilan inženjerski pristup, u izuzetno dinamičnoj sredini, mogu doneti negativne efekte – usporiti realizaciju, pa čak i dovesti u pitanje uspeh projekta. To se posebno može reći za projekte koje realizuju mala preduzeća u sektoru informacionih tehnologija (IT).

Mala i veoma mala preduzeća mogu imati problem da povežu ISO standarde sa svojim poslovnim potrebama i da opravdaju primenu standarda u svojoj poslovnoj praksi [2]. Većina ovih preduzeća nema eksperte ili ne može sebi da priušti angažovanje posebnih resursa (u smislu ljudi, vremena i novca) ili ne vidi direktnu korist od uspostavljanja procesa životnog ciklusa sistema i softvera. Percepcija malih preduzeća u vezi sa ovim standardima je često da su oni namenjeni velikim preduzećima. S druge strane, velika preduzeća danas ne prepoznaju mala ako ona ne mogu da im obezbede dokaz kvaliteta svog softverskog proizvoda baziran na relevantnim standardima.

Imajući u vidu prethodno navedeno, javila se potreba da se pomogne veoma malim entitetima - VME (koji imaju do 25 ljudi) da razumeju i koriste koncepte, procese i dobru praksu preporučenu u međunarodnim inženjerskim standardima u okviru ISO/IEC JTC1 (Informacione tehnologije) komiteta, odnosno potkomiteta SC7 za softverski i sistemski inženjering. Ovim problemom se bavila posebna ISO radna grupa (RG) – RG24 i rezultat rada te grupe su relativno skoro objavljeni dokumenti (od 2010. god. do sada) – međunarodni standardi i tehnički izveštaji pod zajedničkim imenom ISO/IEC 29110 Software Engineering - Lifecycle Profiles for Very Small Entities (VSEs) - Softverski inženjering – Profili životnog ciklusa softvera veoma malih entiteta (VME), na dalje ISO 29110. Ova serija dokumenata se i dalje razvija, kako za softverski inženjering, tako i za inženjering sistema [2,3].

Prva iskustva u primeni serije ISO 29110 kroz pilot projekte razvoja softvera i/ili sistema, pre svega, u Kanadi [4], Irskoj, Belgiji i Francuskoj su bila obećavajuća [5,6]. Ovi pilot projekti su imali za cilj da ubrzaju usvajanje i korišćenje ISO 29110 od strane VME. Oni su bazirani na ISO/IEC 29110-5 Management and Engineering Guide i paketima za uvođenje (deployment packages – DP).

Uspešni pilot projekti su omogućili izgradnju prilagođene nove prakse softverskog i sistemskog inženjeringa kod VME [7].

U Srbiji se interesovanje za dokumente serije ISO 29110 relativno skoro pojavilo. Neki od ovih dokumenata su u planu Instituta za standardizaciju Srbije za donošenje u 2015. godini (naSRPS ISO/IEC 29110-4-1:2015), po predlogu Komisije za softverski inženjering, primenu informacionih tehnologija u obrazovanju i Internet (komisija KS I1/07) [8].

U radu je u poglavlju 2 prvo prezentirano istraživanje koncepta i sadržaja standarda ISO/IEC 12207, a zatim su razmotreni problemi njegove primene u veoma malim entitetima. Zatim su u poglavlju 3 uvedeni koncepti (četiri profila generičke grupe profila softverskog inženjeringa – Uvodni, Osnovni, Srednji i Napredni) i opisana struktura i dokumenti serije ISO 29110. U poglavlju 4 su razmatrani menadžment i inženjering procesi Osnovnog profila prema ISO/IEC TR 29110-5-1-2. U zaključku su sumirani rezultati istraživanja o seriji ISO 29110 i mogućim koristima od primene ISO/IEC TR 29110-5-1-2 kod veoma malih entiteta.

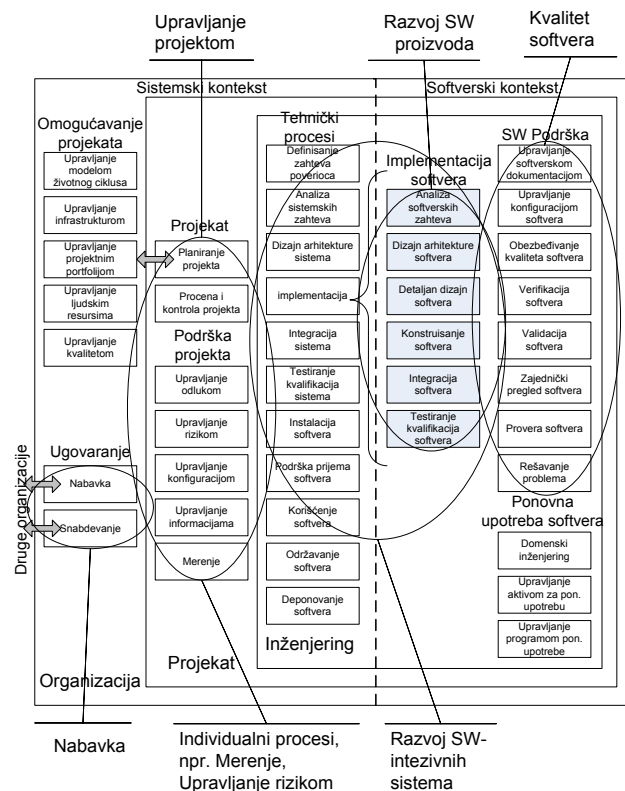
## 2. ISO/IEC/IEEE 12207 i VME

Standard ISO/IEC/IEEE 12207:2008 (na dalje ISO 12207) uspostavlja najviši nivo arhitekture za životni ciklus softvera. Arhitektura je zasnovana na skupu procesa i relacijama između tih procesa. 2008. godine, objavljeno je revidirano izdanje ovog standarda koje je zamenilo prethodna dva izdanja, ISO/IEC i IEEE/EIA Projekat revizije je bio pažljivo koordiniran sa paralelnom revizijom standarda ISO/IEC/IEEE 15288 Sistemski i softverski inženjering – Procesi životnog ciklusa sistema (nadalje ISO 15288) koji uspostavlja najviši nivo arhitekture za životni ciklus sistema. Izvršene revizije predstavljale su početni korak strategije harmonizacije usmerene ka potpuno integrisanoj postavci životnog ciklusa sistema i softvera, kao i uputstava za njihovu primenu. Osnovna pretpostavka od koje se krenulo je da softver ne može postojati van konteksta sistema. Rezultat saradnje ISO/IEC JTC 1/SC 7 i IEEE na navedenim projektima, jesu potpuno interoperabilne verzije standarda ISO 12207 i ISO 15288, zajedničke za obe organizacije [9,10].

ISO 12207 definiše 43 procesa koji pokrivaju čitav životni ciklus softverskog proizvoda ili softverskog elementa sistema, grupisanih u sedam grupa u okviru dve kategorije (procesu sistemskog konteksta i procesi specifični za softver). Uprkos obuhvatu, standardi nisu namenjeni samo velikim organizacijama, već je namera kreatora da nađu primenu i, kao polazna osnova, kod korisnika – početnika kojima je potreban vodič za uspostavljanje manjeg broja ponovljivih procesa [10]. Na slici 1, prikazani su procesi i grupe procesa definisani u ISO 12207 i prilagođeni popularni izbori primene procesa [11].

Procesi, aktivnosti i zadaci su uređeni u niz pogodan za njihovo predstavljanje koji ne ukazuje na vremensku zavisnost. Standard definiše „šta“ treba uraditi, a ne „kako“, za izabran pogodan skup procesa. Na slici 2 je predstavljena opšta struktura procesa [9].

Česta greška koja se pravi kod koncepta životnog ciklusa jeste da se mešaju procesi sa etapama (tj. fazama), modeli sa samim pojmom životnog ciklusa. Koncepti se prilično razlikuju i razumevanje razlika je osnova za primenu nekog od standarda. U tom smislu, takođe treba imati u vidu da procesi ISO 12207, samim tim i procesi ISO 29110 ne ograničavaju primenu bilo kog modela razvoja softvera [12].

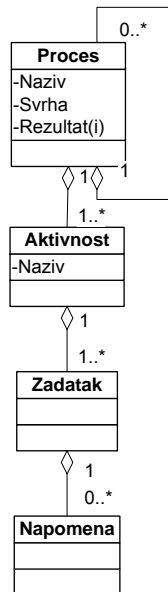


Slika 1: Procesi standarda 12207 i neki od popularnih izbora primene

Može se reći da svi entiteti imaju životni ciklus samom prirodom svog postojanja. Ipak, korisno je definisati životne cikluse koji dele određene karakteristike. Apstrakcija koja se koristi u tu svrhu jeste model životnog ciklusa [13].

Model životnog ciklusa softvera određuje preporučeni način odvijanja i međusobnog povezivanja etapa. Modeli se koriste kako za predstavljanje čitavog životnog ciklusa, od početne ideje do povlačenja iz upotrebe, tako i za prezentovanje dela životnog ciklusa koji odgovara aktuelnom projektu [13].

Kako je rečeno u poglavlju Uvod, mala i veoma mala preduzeća mogu imati problem da povežu ISO standarde sa svojim poslovnim potrebama i da opravdaju primenu standarda u svojoj poslovnoj praksi.



Slika 2: Struktura procesa standarda ISO/IEC/IEEE 12207/15288

U cilju pomoći malim i veoma malim preduzećima u IT industriji, rezultat rada RG24 potkomiteta ISO/IEC JTC1 SC7 su sve aktuelniji međunarodni standardi i tehnički izveštaji serije ISO 29110. Osnov za rad ove grupe je bio pristup koji je korišćen za razvoj standarda ISO/IEC 12207 i ISO/IEC 15288 [3]. U poglavlju koje sledi biće izložen pregled ključnih koncepata i struktura serije ISO/IEC 29110.

### 3. STRUKTURA I KONCEPTI ISO/IEC 29110

#### 3.1 Struktura serije ISO/IEC 29110

U softverskoj industriji su prepoznati veoma mali entiteti – VME (koji zapošljavaju do 25 ljudi) zbog njihovog doprinosa u sektoru, ostvarenog proizvodnjom i implementacijom vrednih proizvoda i usluga. Pri tome, entitet može da bude preduzeće, organizacija, odeljenje ili projekat. Prema OECD, mala i srednja preduzeća čine dominantan oblik organizacije biznisa u svim zemljama širom sveta. Sve države imaju za cilj da se poveća konkurentnost ovih preduzeća [3,12].

Serija ISO 29110 dokumenata, pod opštim naslovom Softverski inženjering – Profili životnog ciklusa veoma malih entiteta se sastoji iz sledećih delova koji si namenjeni ciljnim grupama navedenim u Tabeli 1: VME, ocenjivači usaglašenosti sa standardom, proizvođači standarda, vendori alata i vendori metodologija [12]. U jednoj od kolona je data vrsta dokumenta. Pri tome, IS označava da je dokument međunarodni standard – International Standard, a TR označava da je dokument (grupa dokumenata) tehnički izveštaj – Technical Report.

Ako je potreban novi profil, novi ISO/IEC 29110-4 i ISO/IEC TR 29110-5 može se razviti kao ISO/IEC 29110-4-*m* i ISO/IEC 29110-5-*m-n*, a da to ne utiče na postojeća dokumenta i postaće standarde.

Tabela 1. Delovi ISO/IEC 29110 i ciljne grupe korisnika

ISO/IEC 29110	Naslov	Vrsta dok.	Ciljne grupe
Deo 1	Pregled	TR	VME, ocenjivači, proizvođači standarda, vendori alata i vendori metodologija
Deo 2	Okvir i taksonomija	IS	Proizvođači standarda, vendori alata i vendori metodologija. NIJE namenjen za VME.
Deo 3	Uputstvo za ocenjivanje	TR	Ocenjivači i VME.
Deo 4	Specifikacija profila: Generička grupa profila	IS	Proizvođači standarda, vendori alata i vendori metodologija. NIJE namenjen za VME
Deo 5	Uputstvo za menadžment i inženjering	TR	VME

Dalje je dat kratak pregled izabranih do sada objavljenih međunarodnih standarda i tehničkih dokumenata iz serije ISO 29110.

U standardu ISO/IEC 29110-1 se definišu zajednički termini za čitavu seriju, uvode procesi i koncepti životnog ciklusa i standardizacije. Osim toga, on uvodi karakteristike, zahteve za VME i pojašnjava obrazloženje za pojedini VME profil, dokumenta, standarde i uputstva.

ISO/IEC 29110-2 uvodi koncepte standardizovanih profila softverskog inženjeringa za VME, i definiše termine koji su zajednički za grupu dokumenata VME profila. Takođe, ovaj standard postavlja logiku koja je u pozadini definicija i primene standardizovanih profila. On specificira zajedničke elemente svih standardizovanih profila (struktura, usaglašenost, ocenjivanje) i uvodi taksonomiju (katalog) ISO 29110 profila.

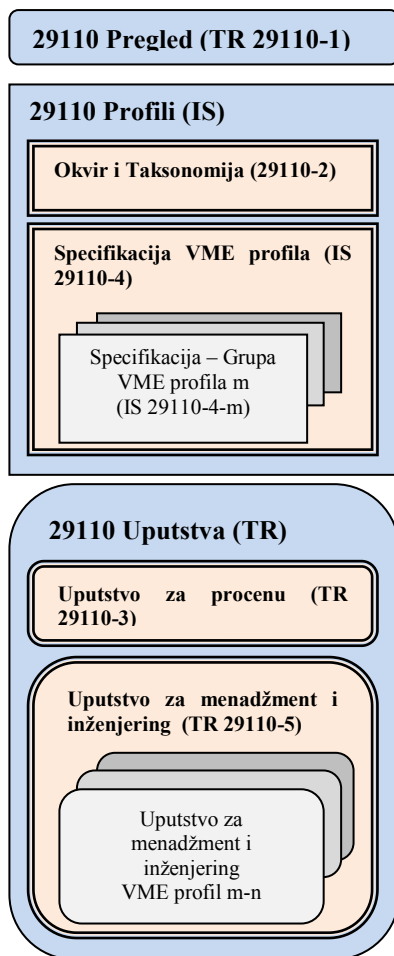
ISO/IEC 29110-3 definiše uputstvo za proces ocenjivanja i zahteve usaglašenosti koje je potrebno ispuniti da bi se postigla svrha definisanih VME profila. Ovaj standard je namenjen osobama koje imaju direktnu vezu sa procesom ocenjivanja (ocenjivač i sponzor ocenjivanja), jer je njima potrebno uputstvo za utvrđivanje da li su zadovoljeni zahtevi za izvođenje ocenjivanja.

ISO/IEC 29110-4-1 obezbeđuje specifikaciju svih profila u tzv. Grupi Generičkih Profila - GGP (Generic Profile Group). GGP može da se primeni na VME koji ne razvijaju kritične softverske proizvode. Profili su zasnovani na podskupu odgovarajućih standardnih elemenata.

ISO/IEC 29110-5-1-2 obezbeđuje menadžment i inženjering uputstvo za implementaciju za Osnovni profil iz GGP koji je opisan u ISO/IEC 29110-4-1. Osnovni Profil opisuje razvoj softvera za jednu aplikaciju koji



izvodi jedan projektni tim, pri čemu nema specijalnog rizika ili specijalnih situacionih faktora.



Slika 3. Struktura serija ISO/IEC 29110

Usaglašenost prema profilima može biti kompletna kada su zadovoljeni svi zahtevani elementi profila ili delimično zadovoljeni, kada je izabrani podskup kompletan. Usaglašenost sa profilom podrazumeva usaglašenost sa izabranim komponentama osnovnog standarda.

Za implementaciju zahtevanih elemenata jednog VME, usaglašenost znači da stvarne performanse procesa se mogu oceniti kroz proces procene. Usaglašenost sa jednim VME profilom je način na koji VME pokazuju i dokumentuju svoje korišćenje i razumevanje međunarodnih standarda.

Na slici 3 je data struktura serija ISO/IEC 29110 međunarodnih standarda (IS) i tehničkih izveštaja (TR). Pregledi (deo 1) i uputstva (deo 3 i deo 5) su publikovani kao tehnički izveštaji, a profili (deo 2 i deo 4) su publikovani kao međunarodni standardi. ISO/IEC TR 29110-1 Pregled je namenjen VME, za sve profile. Za VME su namenjeni i ISO/IEC TR 29110-3 i ISO/IEC TR 29110-5 iz grupe Uputstva. Ističemo da deo 2 i deo 4 nisu namenjeni za VME.

Dok deo 4 sadrži liste zahteva i odgovore na pitanje „šta raditi“, deo 5 daje uputstva za menadžment i inženjering – „kako raditi“.

### 3.2 Generički profili

Profil čini jedan ili više osnovnih standarda i/ili profila (gde je to primenljivo), identifikacija izabranih klasa, podskupovi za njihovo potvrđivanje, opcije i parametri tih osnovnih standarda ili standardizovani profili potrebni da se zadovolji određena funkcija. Grupu profila čini kolekcija profila koje povezuje kompozicija procesa (tj. aktivnosti, zadaci) ili nivo sposobnosti ili oboje. Generička grupa profila se odnosi na grupu profila primenljivu na VME koja ne razvija proizvode kritičnog softvera i ima tipične situacione faktore [14].

Suštinska karakteristika ciljnih entiteta u ISO 29110 je njihova veličina. Međutim, postoje i drugi aspekti i karakteristike VME koje mogu uticati na pripremu profila ili njihov izbor, kao što su: poslovni modeli (komercijalni, ugovorni, interni razvoj i dr.); situacioni faktori (kritičnost, neizvesnost okruženja i dr.), kao i nivo rizika. Kombinacijom navedenih karakteristika, može se dobiti veliki broj profila kojima ne bi moglo da se upravlja. Stoga su VME grupe profila grupisane na takav način da se mogu primeniti na više od jedne kategorije. Zato je pojam grupe profila definisan kako je prethodno rečeno – profili koji su povezani procesima ili nivoom sposobnosti ili sa jednim i drugim. Generička grupa profila je tako definisana da može da se primeni na najveći broj VME koji ne razvijaju kritične sisteme i/ili softver i imaju tipične situacione faktore. Generičku grupu profila čini kolekcija od četiri profila: Uvodni, Osnovni, Srednji i Napredni. Oni mogu da zadovolje veliku većinu VME [15].

Generička grupa profila softverskog inženjeringa je uglavnom bazirana na standardu ISO 12207 za procese životnog ciklusa softvera. Za sistemski inženjering VME profili sadrže elemente procesa bazirane na ISO 15288, a za same proizvode elemente ISO/IEC 15289 [14].

Za približavanje koncepta navedena četiri VME profila u GGP i njihove primene u industriji softvera, Laport [16], aktivan član RG24 u okviru ISO/IEC JTC1, navodi kontekst VME za koji su namenjeni:

- Uvodni – namenjen za VME koji tipično razvijaju projekte obima 6 čovek/meseci ili su „start-ups“.
- Osnovni – namenjen za VME koji razvijaju samo jedan projekat u određenom vremenu.
- Srednji – namenjen za VME koji razvijaju nekoliko projekata istovremeno u nekom organizacijskom kontekstu.
- Napredni – namenjen za VME koji žele da se održe i povećaju nezavisan konkurentan biznis u razvoju softvera.

Ističemo da je Osnovni profil uveden da definiše uputstvo za razvoj softvera i upravljanje projektom kao podskup procesa i izlaza datih u standardu ISO 12207 i proizvoda ISO/IEC 15289, odgovarajućih za karakteristike i potrebe VME [14].

Osnovni profil se primenjuje za jedan projekat u kome se razvija jedna aplikacija od strane jednog projektnog tima bez specifičnog rizika ili situacionih faktora. Projekat može da bude postavljen da zadovolji interni ili eksterni ugovor.

Među prvim tehničkim izveštajima za implementaciju ISO/IEC 29110 su urađeni ISO/IEC 29110-4-1 Sofverski inženjering – Profili životnog ciklusa veoma malih entiteteta – Deo 4-1: Specifikacije profila – Grupa generičkih profila i ISO/IEC TR 29110-5-1-2 Sofverski inženjering – Profili životnog ciklusa za veoma male entitete - Uputstvo za menadžment i inženjering: Grupa generičkih profila: Osnovni profil.

#### 4. MENADŽMENT I INŽENJERING PROCESI OSNOVNOG PROFILA

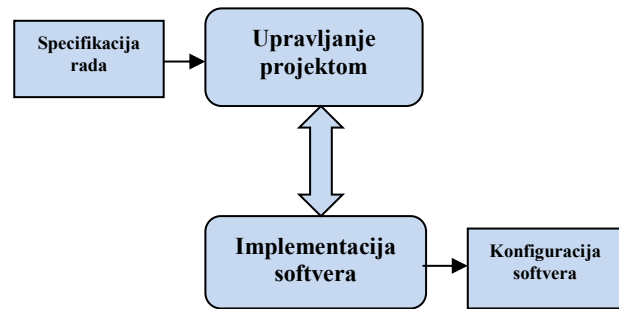
Kao što je već rečeno, ISO 29110 je primenljiv u veoma malim entitetima (VME). To su preduzeća, organizacije, odeljenja ili projekti na kojima učestvuje do 25 ljudi. Procesi životnog ciklusa opisani u navedenom standardu nemaju nameru da spreče ili obeshrabre njihovo korišćenje od strane organizacija koje su veće od VME.

ISO/IEC TR 29110-5-1-2, kao deo serije ISO/IEC 29110 obezbeđuje uputstvo za menadžment i inženjering procese za Osnovni profil za VME specificiran u ISO/IEC 29110-4-1. Ovaj deo ISO 29110 je posebno uputstvo. Ono nema nameru da obaveže VME da koristi standardizovan profil da bi primenilo ovaj deo ISO 29110 standarda. Primenjuje se za projekte razvoja softvera, koji možda treba da zadovolje neki eksterni ili interni ugovor.

Osnovni profil kod VME u oblasti softverskog inženjeringa obuhvata dva procesa: Upravljanje projektom (UP) i Implementacija softvera. Razlog zašto je proces upravljanje projektom uključen u Osnovni profil kod VME je taj što je ključni biznis za taj VME razvoj softvera, tako da njegov finansijski uspeh zavisi od uspešnosti, odnosno profita projekta.

Slika 4. ilustruje navedena dva međusobno povezana procesa za Osnovni profil softverskog inženjeringa za VME. Glavni ulaz u proces Upravljanje projektom (UP) je Specifikacija rada, od kupca. Glavni izlaz prema kupcu iz procesa Implementacije softvera je Konfiguracija softvera.

Ovaj deo ISO 29110 je urađen sa namerom da ga koriste VME da uspostave procese za implementaciju bilo kog pristupa ili metodologije razvoja (uključujući, na primer agilnu, evolutivnu, inkrementalnu, razvoj vođen testovima), koja se bazira na VME organizacijskim ili projektnim potrebama. U predmetnom tehničkom izveštaju ISO 29110-5-1-2 svaki od dva navedena procesa je opisan na sledeći način: svrha, ciljevi, ulazni proizvodi, izlazni proizvodi, interni proizvodi, uloge koje su uključene, dijagram procesa, aktivnosti procesa, uključenosť u Repozitorijum projekta.



Slika 4. Procesi Osnovnog profila ISO/IEC 29110

Svrha procesa Upravljanja projektom je da na sistematičan način uspostavi zadatke projekta za implementaciju softvera, koji omogućavaju ispunjavanje ciljeva projekta u okviru očekivanog kvaliteta, vremena i troškova. Ovaj proces ima sedam ciljeva i četiri glavne aktivnosti. Neki od ciljeva su, na primer [14]:

- Projektni plan za izvršenje projekta je razvijen prema dokumentu Specifikacija rada („statement-of-work“ - SOW). Zadaci i resursi koji su potrebni da se završi rad su procenjenog obima. (Cilj 1.)
- Napredak projekta se prati u odnosu na Projektni plan i zapisuje u Zapis o statusu napretka. (Cilj 2.)
- Rizici su identifikovani čim se pojave tokom vođenja projekta. (Cilj 5.)

Glavne aktivnosti ovog procesa su: Planiranje projekta, Izvršenje projektnog plana, Procenjivanje i kontrola projekta, Zatvaranje projekta.

Svrha procesa Implementacija softvera je sistematično izvršenje aktivnosti analize, dizajna, konstrukcije, integracije i aktivnosti testiranja za nove ili modifikovane softverske proizvode prema specificiranim zahtevima.

Neki od sedam ciljeva ovog procesa su [17]:

- Zadaci aktivnosti se izvršavaju kroz postizanje aktuelnog Plana projekta. (Cilj 1.)
- Zahtevi za softver su definisani, analizirani u smislu korektnosti i pogodnosti za testiranje, potvrđeni od strane Kupca, postavljeni kao polazni (baselined) i saopšteni. (Cilj 2.)
- Konfiguracija softvera koja zadovoljava Specifikaciju zahteva koja je ranije usaglašena sa Kupcem, koja obuhvata korisničku dokumentaciju, dokumentaciju za rad i održavanje, integrisana je, označena kao polazna i smeštena u Repozitorijum projekta. (Cilj 6.)

Glavne aktivnosti ovog procesa su: Inicijalizacija implementacije softvera, Analiza softverskih zahteva, Projektovanje softverske arhitekture i detaljno projektovanje, Konstrukcija softvera, Integracija softvera i testovi, Isporuka proizvoda.

#### 5. ZAKLJUČAK

Dokumenti sve aktuelnije serije ISO 29110 svojom primenom omogućavaju da VME, koji razvijaju i uvode

softver, obezbede kvalitet svojih proizvoda zahtevan kod integrisanja u proizvode velikih organizacija, uz efikasno upravljanje projektom i očekivani finansijski uspeh projekta. Stoga je proces upravljanje projektom uključen u Osnovni profil kod VME jer ključni biznis za taj VME je razvoj softvera, tako da njegov finansijski uspeh zavisi od uspešnosti, odnosno profita projekta.

Očekivane koristi za VME od primene procesa upravljanja projektom i implementacije softvera kod VME osnovnog profila koje definiše ISO/IEC 29110-5-1-2 se odnose na [17]:

- Usaglašen skup projektnih zahteva i očekivanih proizvoda koji se isporučuju kupci.
- Uređen menadžment proces koji obezbeđuje vidljivost projekta i korektivnih aktivnosti za kupca.
- Sistematičan proces implementacije softvera koji zadovoljava potrebe kupca i obezbeđuje kvalitet proizvoda.

U Srbiji su dokumenti serije ISO 29110 nedavno prepoznati i neki od njih (naSRPS ISO/IEC 29110-4-1:2015) će biti u planu za usvajanje u Institutu za standardizaciju Srbije za 2015. godinu, po predlogu Komisije za softverski inženjering, primenu IT u obrazovanju i Internet (KS I1/07).

## LITERATURA

- [1] SWEBOK – Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, *IEEE Computer Society*, 2004,
- [2] Laporte, C.Y., O'Connor, R., Fanmuy, G., „International Systems and Software Engineering Standards for Very Small Entities“, CrossTalk, May-June 2013, pp.28-33, [www.crosstalkonline.org/storage/issue-archives/.../201305-Laporte.pdf](http://www.crosstalkonline.org/storage/issue-archives/.../201305-Laporte.pdf)
- [3] Public Site of the ISO Working Group Mandated to Develop ISO/IEC 29110 Standards and Guides for Very Small Entities involved in the Development or Maintenance of Systems and/or Software, <http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/VSE/index.php>, (januar 2015.)
- [4] Laporte, C.Y., Chevalier, F., Development of Project Management Processes for Small-scale Projects in a large Engineering Company (Poster), <http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/VSE/>, (januar 2015.)
- [5] Laporte, C.Y., Alexandre, S., O'Connor, R., „A Software Engineering Lifecycle Standard for Very Small Enterprises“, in R.V. O'Connor et al. (Eds.): EuroSPI 2008, CCIS 16, pp. 129–141, 2008, [www.etsmtl.ca/Professeurs/claporte/documents/.../Euro\\_SPI\\_2008.pdf](http://www.etsmtl.ca/Professeurs/claporte/documents/.../Euro_SPI_2008.pdf)
- [6] Laporte, C.Y., O'Connor, R., „A System Engineering Lifecycle Standard for Very Small Enterprises: Development and pilot Trials“ (prepublication version), in B. Barafort et.al. (Eds): EuroSPI 2014, CCIS 425, pp. 13-24, 2014, [www.etsmtl.ca/.../claporte/.../publications/EURO-SPI\\_2014\\_Pre-publication](http://www.etsmtl.ca/.../claporte/.../publications/EURO-SPI_2014_Pre-publication)
- [7] Connor, R.V.O., Laporte, C.Y., Deploying Lifecycle Profiles for Very Small Entities: An Early Stage Industry View, [http://profs.etsmtl.ca/claporte/Publications/Communications/Deploying%20Lifecycle%20Profiles%20for%20Very%20Small%20Entities\\_SPICE%202011.pdf](http://profs.etsmtl.ca/claporte/Publications/Communications/Deploying%20Lifecycle%20Profiles%20for%20Very%20Small%20Entities_SPICE%202011.pdf) (januar 2015).
- [8] Institut za standardizaciju Srbije, Komisije za standarde, I1/07 Softverski inženjering, IT u obrazovanju i Internet, Plan rada I1/07, [http://www.iss.rs/rs/tc/?national\\_committee\\_id=461](http://www.iss.rs/rs/tc/?national_committee_id=461) (januar 2015.)
- [9] ISO/IEC 12207:2008 (IEEE Std 12207-2008) – Systems and software engineering – Software life cycle processes, *ISO/IEC JTC1 and IEEE Computer Society*, 2008,
- [10] Moor W. J, “ISO/IEC/IEEE 12207 and 15288: The Entry-Level Standards for Process Definition – Part 1”, *CM Journal Articles*, November 2009, <http://www.cmcrossroads.com/cm-journal-articles/13079-isoiecieee-12207-and-15288-the-entry-level-standards-for-process-definition-part-1>, (maj 2010.),
- [11] Moor W. J, “ISO/IEC/IEEE 15288 and 12207: The Entry-Level Process Standards”, [http://www.computer.org/portal/c/document\\_library/get\\_file?p\\_1\\_id=82140&folderId=2290758&name=DLFE-36421.pdf](http://www.computer.org/portal/c/document_library/get_file?p_1_id=82140&folderId=2290758&name=DLFE-36421.pdf), (maj, 2010.).
- [12] ISO/IEC TR 29110-1:2011 Software engineering – Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) – Part1: Overview, 2011
- [13] Dimitrijević, S., Pantelić, S.D., „Pogled na procese životnog ciklusa softvera kod primene agilne metodologije“, Zbornik radova sa XXV IKT konferencije i izložbe INFOTECH 2010, Vrnjačka Banja, Srbija, str. 091: 1-6, 2010.
- [14] Buchalcevova, A., Software Development using ISO/IEC 29110TR – Engineering and Management Guide, (Course presentation), [http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/VSE/Education/Software\\_Development\\_using\\_ISO%2029110\\_rev0.ppt](http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/VSE/Education/Software_Development_using_ISO%2029110_rev0.ppt)
- [15] Laporte, C.Y., The Generic Profile for VSEs Developing Systems and/or Software, (video), <http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/VSE/VSE-Gen-Profile.html> (januar 2015.)
- [16] Laporte, C.Y., Four Profiles within the Generic Profile Group, u: ISO/IEC 29110 International Standard for Very Small Entities, (Video presentation), ETS (Energy for Industry, Canada), <http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/VSE/>, (januar 2015.).
- [17] ISO/IEC TR 29110-5-1-2: 2011 Software engineering – Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) – Part 5-1-2: Management and engineering guide: Generic profile group: Basic profile, 2011.

# How "mobile" are you? The analysis of students' behavior patterns using mobile phones

Pinter Robert, Szedmina Livia, Raffai Andrea, Bata Timea, Sanja Maravić Čisar

Subotica tech, Department of Informatics, Serbia

probi@vts.su.ac.rs, slivia24000@gmail.com, randrea994@gmail.com, btimimi@gmail.com, sanjam@vts.su.ac.rs

**Abstract - This paper presents the results of a survey which was conducted at Subotica Tech – College of Applied Sciences. With more than 40 questions, the authors seek to better understand how college students use mobile technology and mobile phones for learning purposes.**

## 1. INTRODUCTION

The market for tablets, smartphones, and other mobile devices has grown dramatically in the past few years. The number of mobile phone subscribers in Serbia has reached 10,182,023. This would mean that for every one hundred residents in Serbia there are 133 mobile phones [1].

These devices have a considerable influence on people's daily lives, and this impact should be analyzed from multiple aspects. These aspects include the role of mobile devices in the socialization process of young people, it is also worth exploring how gadgets create dependency of possessing and using those devices. Also it could be interesting to see how these types of communication devices influence communication among young people as well as their effects on the development of the average teenager's personality. The research approach of this current study is another interesting point, since it was deemed necessary to analyze the use of mobile devices in education and relating issues, such as the place, role and impact of mobile devices within the higher education process. These mobile devices have the potential to transform learning and influence the delivery of course and learning materials.

The members of this current generation, who have been born into the digital world, are today's students, sitting in our class rooms and lectures halls. Seeing this process through the lecturers' eyes, the image presented is that of the members of this generation using the ever-developing communication technologies and various digital devices (computers, Internet, cell phone, smartphone, tablet, etc.) at a breath-taking speed to order to be able to access the required data. It follows from this trend that when a lecturer enters a class room, they are likely to find most of the students holding mobile devices in their hands. The role of the questionnaires in this current study was therefore to explore the characteristics of how they use the mobile devices, for what purposes they use them and how those devices affect their communication with the others. The knowledge thus gained would provide valuable information for course-creators in forming their teaching materials more effectively.

The 2010 Horizon Report [2] of the New Media Consortium states the following: "The portability of mobile devices and their ability to connect to the Internet almost anywhere makes them ideal as a store of reference materials and learning experiences, as well as general-use tools for fieldwork, where they can be used to record observations via voice, text, or multimedia, and access

reference sources in real time." There is a wide range of possibilities for better involving the participants in education with the help of these devices.

In the previous decade, one of the eLearning mottos mentioned countless times was the following: "learning anytime and anywhere, in their own pace, accessing online learning materials and interactions in any part of the day, etc." Now this motto may be updated to match these new circumstances.

This new form of eLearning or we can say its extension is called mobile learning or mLearning. Which came from the following description about mLearning [3]:

"Mobile learning, or "mLearning", offers modern ways to support learning process through mobile devices, such as handheld and tablet computers, MP3 players, smart phones and mobile phones."

It presents unique attributes compared to conventional eLearning: personal, portable, collaborative, interactive, contextual and situated, it emphasizes "just-in-time-learning" as instruction can be delivered anywhere and at anytime through it. Moreover, it is an aid to formal and informal learning and thus holds enormous potential to transform the delivery of education and training [4],[5] and [5].

## 2. RESEARCH METHODOLOGY

The survey was performed at *Subotica Tech – College of Applied Sciences*, Subotica, Serbia, in the fall semester of the academic year 2014/2015, between November 3-14. The base of the study was made up of students in their 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> year of studies. The survey was conducted with the participation of 63 college students. The sample includes 17.4% female, and 82.6% male students. The college students were between the ages of 19 – 24.

The survey contains 41 questions. Some of those were MCQ (Multi *Choice Question*), and some were given with an option of scaling responses using a 5-point Likert-scale. The following topics were addressed in the survey:

- Type and main characteristics of the device
- Current type of device and contract with the operator
- Daily mobile device usage among college students;
- How college students use mobile devices for learning;
- Students' attitudes towards mobile devices for learning

The research is currently in an exploratory stage, so the results are mostly for informational purposes as far as their status of being processed is concerned. The following section presents how the questions were grouped on the basis of their topics. A few questions are given along with their summarized answers.

### 3. SURVEY RESULTS

Questions which put focus on type and main characteristics of the devices:

- What kind of phone do you have?
- What brand is your mobile phone?
- What kind of device do you have?
- What kind of service do you use?
- How often do you replace your mobile phone?

From the following answers it can be clearly stated that each student owns one or more mobile phones. Of those participants ~ 77% (49 students) have a smart, and ~ 22% have a classic mobile device. The dispersion of the device's brand shows that 24% of the students own a mobile device of the brand Samsung, 20% have Nokia, 12% have Sony, 6% have Alcatel, and 5% have LG, HTC and Huawei devices. The products of other manufacturers are present in rather insignificant numbers.

Students have almost the same proportion of paid and post-paid packages. 63% of the participants in the study are with the provider Telenor, while the rest (20%) have contracts with the providers MTS or VIP (17%). More than half of the respondents (52%) replace their devices every 2-3 years. 23% of the total number replace them every 4-5 years, and 16% will buy a new phone within a year or less, while 10% of those asked replace their devices only after 5 years or longer.

The following questions were related to determining how important the technical data of the device was to the given participant. The most important questions in this cluster are:

- What is the screen size of your mobile phone?
- What operating system do you have on your mobile device?
- Do you track the development and updates of mobile devices?
- What is the decisive factor when buying a phone?
- Which parameters are you not satisfied with?

The majority of students (73%) prefer their screens to be medium and large size. When purchasing a device they choose a phone with a 3.5" to 5.9"-inch display. It is inferred that the rest of the respondents probably own older phones with a 3.5" screen or smaller.

As far as the development of mobile devices is concerned, most students (78%) keep track of new models and updates continuously or occasionally, while only 22% of the respondents said they were not bothered with this.

It is worth noting that 56% of the students keep themselves informed about the latest mobile phones from the Internet sources. 27% of them are informed by friends or family members. Only 10% of people become aware of these new features from repetitive advertisements on TV channels.

When purchasing a mobile device the primary points are the quality along with the price, but the manufacturer of the device or the device's appearance are important, as well (see Figure 1). The X axis shows in percent how important the option is.

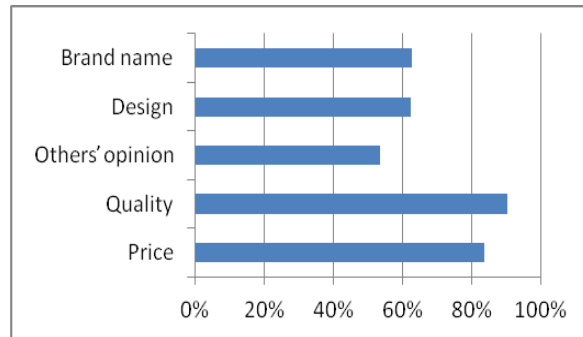


Figure 1 What counts when buying new phone

As a result of these purchasing criteria the operating system distribution is formed as follows: the Android operating system is present in 74% of the mobile devices. Less than 7% of those asked have a Windows Phone and only one student has iOS operating system. A 18% was not able to tell the type of operating system on their phone, because they have a so called classical phone.

Next group of questions covers issues of how, as well as how often the mobile phones are used to access the Internet. Without listing the questions in detail, the following summary can be given on the basis of the responses:

- 78% have access to the Internet via a desktop computer, and only 25% use their phones to access the Internet.
- About a third of the students, 38% access the Internet via the College's network, while 26% access is from home and 35% from their mobile devices.

The authors anticipated conspicuous and useful information from the questions given below:

- How often do you pick up your mobile phone?
- How often do you use a mobile phone for a particular activity?
- How much time do you spend on your phone with social networking, and how much on entertainment, and learning?

The responses were presented in Figure2. Students responded to the question as to how often they used or consulted their phones within an hour.

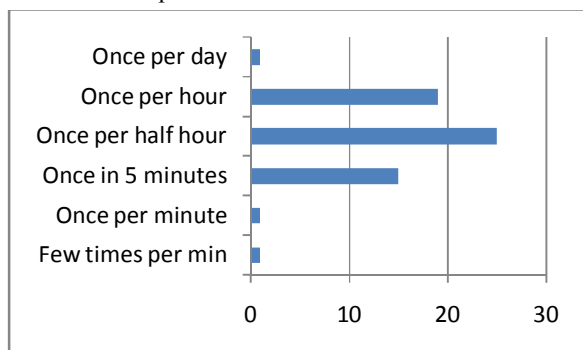


Figure 2 How frequently the phone is used

If we neglect the extreme values, such as "A few times per minute" or "Once per day", the frequency distribution leads to the following conclusion: the students are very often interrupted in their regular activities, such as their

learning, because they pick up their devices to take a look at it, see if they received a message or a new post, or

generally, if something of interest had changed on their social network site.

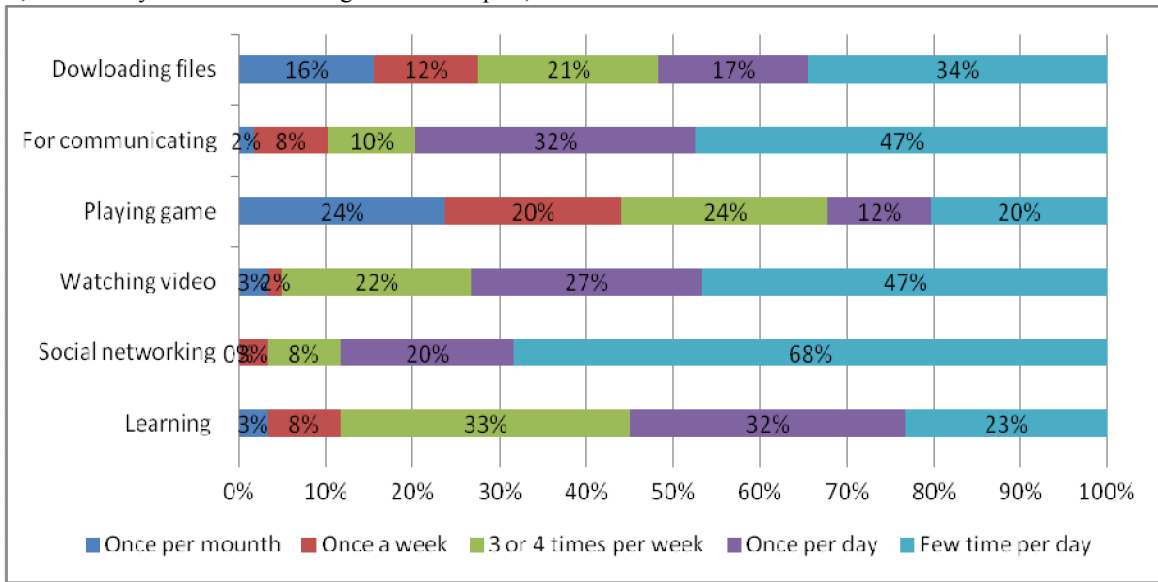


Figure 3 Daily use of phone for different activities

Important information can be found in the Figure 3 as well. Also the figure above shows that the daily use of mobile phones serves for social networking and communication, as well as to watch videos. Less frequently, mobile devices are used for educational purposes, but at the same time, from mLearning point of view, these figures still indicate an encouragingly frequent use.

The following figure (see Figure 44) shows the relationship between the time they spend and the purpose for which the mobile phone is used for. The same figure also shows that mobile devices are considerably used for social networking and for entertainment. However, these figures are valuable as they indicate that playing games, watching videos, etc. are not entirely able to involve students' as much as social networking.

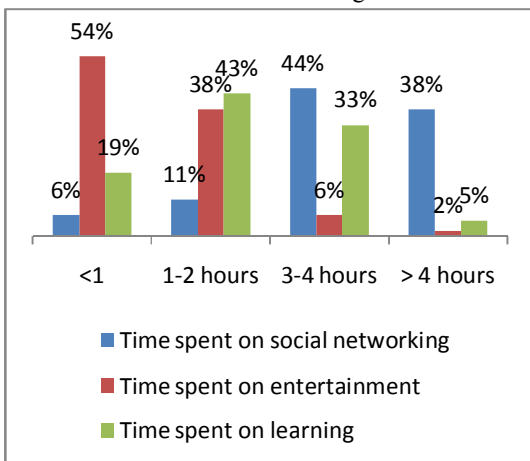


Figure 4 Relationship between the spent time and the purpose of use

The following two questions are expected to provide answers as to how mobile phones will interact or possibly, interfere, with socialization and everyday conversation.

The answers received for these questions are summarized in the figures below (see Figure 55, Figure 6). In the following diagrams, the number of students is indicated on the X axis.

Students are aware of the fact that a mobile phone has negative effects for socialization. They see that the mobile phone creates a certain distance between them. The device itself will not help them in communicating with others or finding common topics to talk about.

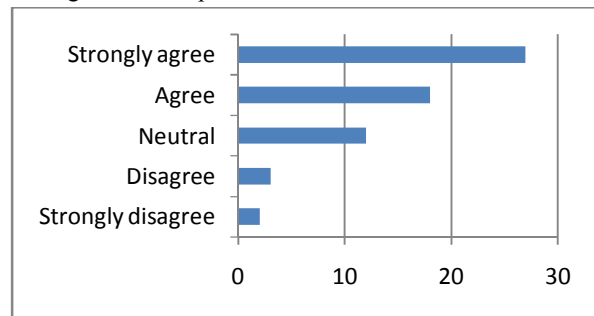


Figure 5 Mobile phones make distance between people

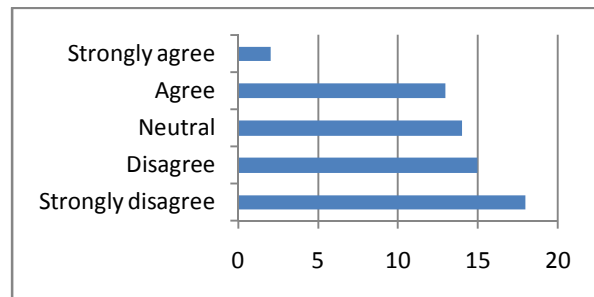


Figure 6 Mobile phones provide new topics for talking

The final diagrams focus on questions regarding the students' attitude towards their mobile devices. The summarized answers to the questions "How does your

mobile phone effect communication?” and “How does your mobile phone influence your making contact with others” are given in the diagrams below (see Figure 7, Figure 8, Figure 9 and Figure 1010):

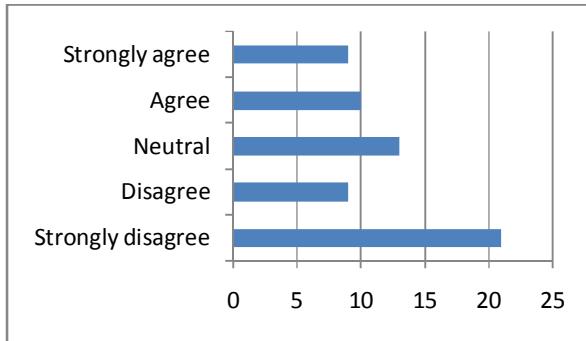


Figure 7 Mobile phone does not affect communication

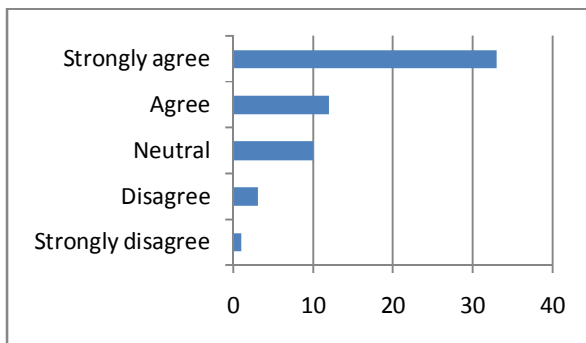


Figure 8 Makes it easy because I'm always available

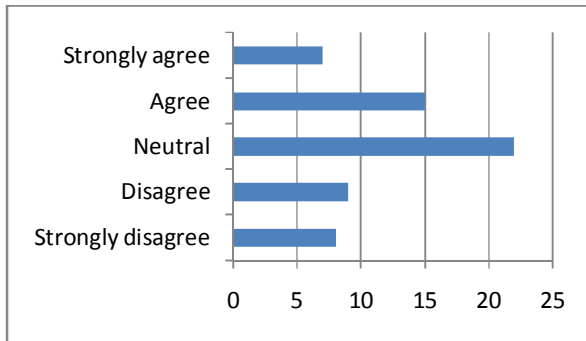


Figure 9 It helps communication, but the constant availability bothers

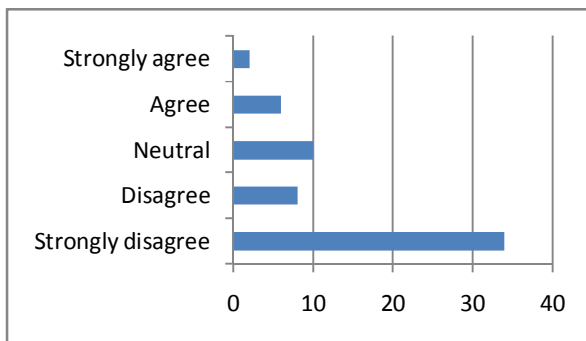


Figure 10 Mobile phone peeves, I used to turn it off.

#### 4. CONCLUSION

This paper presents research in the field of mobile phone use within the setting of educational institutions. The primary goal of the authors was to map the characteristics of mobile device use for the student community of *Subotica Tech – College of Applied Sciences*. The resulting knowledge will enable lecturers and teachers to better tune their mLearning materials so as to ensure a better interactive learning experience for students.

By analyzing the students’ habits for the use of mobile phones it can be stated that the majority of the student sample asked use the telephones for initiating calls, sending text messages, as well as communication on social network sites via the Internet, if their device enables this. The main goal of this type of use is requesting and sharing information. The field of mobile phone implementation in the education process has not been thoroughly researched in Subotica yet, so it leaves much room for future exploration. While the drive to implement mobile communication devices in education may not seem enticing for a significant portion of education participants, the immediate information availability is an irrefutable advantage, as indicated by the results of this research. Although these figures are not to be taken as definitive, they do portray the amount of time that young people and students spend online, how much they use the Internet. Another important piece of information gained from this study was the type of information most often accessed through said mobile devices.

The collected data create conditions to develop such a mLearning curriculum that takes into account:

- the technical characteristics of devices owned by the students,
- the way of how they use those devices (for which purposes)
- the personal characteristics of the student

#### REFERENCES

- [1] [www.mobilnatelefonija.net/mobilna/mts-najvise-korisnika-telenor-najveci-prihod](http://www.mobilnatelefonija.net/mobilna/mts-najvise-korisnika-telenor-najveci-prihod)
- [2] <http://www.nmc.org/pdf/2010-Horizon-Report.pdf>, downloaded, 2014.05.
- [3] Linas Mockus, Heather Dawson, et al.” *The Impact of Mobile Access on Motivation: Distance Education Student Perceptions*, “ Learning Design at Penn State’s World Campus, 2011. Downloaded on April 2014.
- [4] Bonwell, C.C., and J. A. Eison, “Active Learning: Creating Excitement in the Classroom,” ASHEERIC Higher Education Report No.1, George Washington University, , 1991.
- [5] Tim S. Roberts, „Online Collaborative Learning: Theory and Practice”, [http://books.google.rs/books?id=MwKfrjcDI\\_OC&dq=Online+Collaborative+Learning&lr=&hl=hu&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.rs/books?id=MwKfrjcDI_OC&dq=Online+Collaborative+Learning&lr=&hl=hu&source=gbs_navlinks_s), accessed January 2014.
- [6] Gilly Salmon, “E-tivities: The Key to Active Online Learning”, [http://books.google.rs/books?id=ZZYyTV7MwoEC&dq=Online+Active+Learning&lr=&hl=hu&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.rs/books?id=ZZYyTV7MwoEC&dq=Online+Active+Learning&lr=&hl=hu&source=gbs_navlinks_s), accessed January 2014