

YUINFO 2016

ZBORNİK RADOVA



GODINA

YU | **20**
INFO | **16**

21TH CONFERENCE AND EXHIBITION

Kopaonik



YU INFO 2016
ZBORNİK RADOVA

Izdavač:

Društvo za informacione sisteme i računarske mreže

Urednik:

Prof. dr Miodrag Ivković

ISBN:

978-86-85525-17-9

Mesto i godina izdanja:

Beograd, 2016. godina

YUINFO 2016

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 Mihajo 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 Zlatko Čović, VTŠ, Subotica

Chairman konferencije: Prof. dr Miodrag Ivković

SADRŽAJ

E-SOCIETY

DIGITAL LEARNING FACTORY AT FESB – UNIVERSITY OF SPLIT
Stipe Celar, Mili Turic, Srdjana Dragicevic Ivica Veza **1**

NETWORKING AND PRACTICAL ASPECTS OF E-BUSINESS IN MEDICINES AND MEDICAL
DEVICES AGENCY OF SERBIA **7**
Igor Vanevski, Tatjana Stojadinović, Ljiljana Radovanović

MODEL INTERNET MARKETINGA U POSLOVANJU IZDAVAČKIH KUĆA
Milan Prtenjak **11**

MENADŽMENT FUNKCIJA U ELEKTRONSKOM BANKARSTVU U SRBIJI
Ivana Vujanić, Jovanka Vukmirović, Đorđe Dabetić, Jana Cvijić **17**

IMPEDIMENTS TO ADOPTION OF ONLINE PAYMENTS BY MACEDONIAN CONSUMERS:
A LOGIT MODEL APPROACH **22**
Vesna Bucevska, Jasmina Bucevska

EGOVERNMENT RESEARCH
Milan Paroški, Vesna Popović **27**

SIGURNOSNI ASPEKTI MOODLE PLATFORME (SECURITY ASPECTS OF THE MOODLE
PLATFORM) **33**
Aleksandar M Anđić, Ivana Ognjanović, Ramo Šendelj

INFORMACIONA BEZBEDNOST U VIRTUELNOM OKRUZENJU
Rade Dragović, Dragan Dragović, Vladimir Kačanovski, Đuro Klipa **39**

INFORMACIONI SISTEMI I BAZE PODATAKA

MICROSOFT SQL SERVER 2014 BACKUP ENCRYPTION
Mahir Zajmović, Hadžib Salkić, Ibrahim Obhodžaš **44**

CMDB PRACTICAL APPLICATION
Nebojša Milosavljević, Dejan Andrejević, Miloš Đorđević **48**

PRIMENA GEOINFORMATIKE PRI MAPIRANJU SOCIJALNE RANJIVOSTI NA POPLAVE
Đorđe Ćosić, Srđan Popov, Tanja Novaković **52**

SINERGIJA ARHITEKTURE ORGANIZACIJE I UPRAVLJANJA POSLOVNIM PROCESIMA
Milosav Majstorović, Dušan Regodić, Gordana Majstorović, Dušan Krstajić, Radovan
Cvetković **58**

GIS AS A TOOL FOR ESTABLISHING THE INFLUENCE ON THE SPATIAL RELATIONS Slobodan Bajagic, Marija R Jeftić, Radovan Nevenić, Ljubinko Rakonjac, Aleksandar Lucić	64
ON THE POSSIBILITIES OF GIS IN PREVENTION AND MITIGATION OF FLOODS AND OTHER NATURAL CATASTROPHIC EVENTS Svetlana Stevovic, Zarko Nestorovic	70
RAČUNARSKE MREŽE I KOMUNIKACIJE	
REQUIREMENTS AND NEEDS FOR DIFFERENT FREQUENCY BANDS IN 5G NETWORK Nenad Radosavljevic	75
UPOTREBA HOPFILDOVE NEURALNE MREŽE ZA RUTIRANJE I DODELA TALASNIH DUŽINA U OPTIČKIM MREŽAMA Nenad Kojic, Irini Reljin, Branimir Reljin	79
CROSS-LAYER APPROACH: IMPORTANCE IN A STANDARDIZED WSN Bogdan Pavkovic, Lazar Berbakov, Sanja Vranes	84
SELEKCIJA OBELEŽJA ZA DETEKCIJU FIZIČKIH AKTIVNOSTI MOBILNIH UREĐAJA Zoran Ćirović, Natasa Cirovic	90
5G: EXPECTATIONS AND TECHNOLOGY EVOLUTION Igor Tomić, Milica Popović	95
UTICAJ NEIDEALNE ESTIMACIJE KANALA NA PERFORMANSE VIRTUELNIH QOSTBC SISTEMA Ugljesa Urosevic, Zoran Veljovic	100
PRIMENA VIRTUELNIH RUTERA I PROTOKOLA VISOKE DOSTUPNOSTI U LAN MREŽAMA Čedomir Novaković, Dejan Nemec	104
ODREĐIVANJE BROJA MOBILNIH STOHAŠTIČKIH IZVORA ZRAČENJA U PROSTORNOM SEKTORU KORIŠĆENJEM VIŠESLOJNIH PERCEPTORSKIH MREŽAKORIŠĆENJEM VIŠESLOJNIH PERCEPTORSKIH MREŽA Zoran Stanković, Nebojša Dončov, Ivan Milovanović, Bratislav Milovanović	110
MODEL UREĐAJA SA RFID PODRŠKOM ZA KONTROLU PRISTUPA U OKVIRU IOT KONCEPTA Dušan Marković, Uroš Pešović, Siniša Randić	115
LINEARIZACIJA MEŠAČA PRIJEMNIKA Aleksandra Đorić, Nataša Maleš-Ilić, Aleksandar Atanasković, Marko Živanović	120
SERVISNO ORJENTISANA SENZORSKA MREŽA ZA MERENJE KONCENTRACIJE ŠTETNIH GASOVA U VAZDUHU Ilija Radovanovic, Nikola Bezanic, Djordje Klisic, Veljko Milosavljevic, Dejan Dragic, Ivan Popovic	125

SYSTEM OF THE REMOTE CONTROL FOR ELECTRONIC LOCKS VIA MOBILE DEVICE Dragan Milovanović, Vlade Urosevic, Biljana Savic	130
GPS/GPRS IN OPTIMIZING TRAJECTORIES AT OPEN PIT MINE MACHINES AND VEHICLES Milos Ivanovic, Rastko Negoičić, Branislav Stefanović	135
POBOLJŠANI SERIJSKO-PARALELNI KONVERTOR PSEUDOSLUČAJNOG U PRIRODNI KOD PRIMENJEN KOD POZICIONIH ENKODERA Goran Miljković, Dragan Denić, Milan Simić, Aleksandar Jocić	141
WEB APLIKACIJA ZA PRIKUPLJANJE, SKLADIŠTENJE, OBRADU I GEO-ANALIZU PODATAKA SA DRUŠTVENE MREŽE TWITTER Nikola Džaković, Nikola Dinkić, Jugoslav Joković, Leonid Stoimenov	145
RAČUNARSKE PRIMENE	
GOOD PRACTICES IN BUSINESS APPLICATION IMPLEMENTATION USING ANGULAR.JS FRAMEWORK Bojana Zoranovic, Jelica Kapetina, Mihailo Isakov, Ljiljana Miljesic	149
NOVI PRISTUP U DIJAGNOSTICI I PRACENJU SKOLIOZA PRIMENOM WEB BAZIRANE APLIKACIJE SCOLIOMEDIS Vanja Lukovic, Sasa Cukovic, Danijela Milosevic, Goran Devedzic	154
AUTOMATSKI SISTEM ZA OBRAČUN MASTER POENA I TITULA BRIDŽ SAVEZA SRBIJE Miodrag Malović	160
TEKSTUALNO ZAVISNA IDENTIFIKACIJA GOVORNIKA KORIŠĆENJEM MFCC KOEFICIJENATA I PSO ALGORITMA Zlatko Veličković, Dragan Olćan	165
GENERALIZOVANI KONSTRUKTIVNI ALGORITAM ZA FORMIRANJE PROIZVODNIH ČELIJA Milos Danilovic, Oliver Ilic	169
PRAĆENJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVU Ivana Grbović, Jovana Đurović, Mladen Antić, Ivan Tot	175
METODA DOBIJANJA CILJANE SPEKTRALNE RASPODELE SVETLOSNOG ZRAČENJA IZ VIŠESTRUKIH SVETLOSNIH IZVORA Milentije Lukovic, Ivan Belca, Vanja Lukovic, Milos Vivic	179
IMPLEMENTACIJA MODULA ZA EVIDENCIJU I PRAĆENJE RADNIH NALOGA PREDUZEĆA (JOŠ JEDAN SERVISNI MODUL ILI MOŽDA IPAK NEŠTO VIŠE ...) Zoran Jovanović, Sladjana Kostić, Dejan, rejević	185
AUTOMATSKO KREIRANJE TEZAUUSA NA SRPSKOM JEZIKU Aldina Avdić, Ulfeta Marovac, Adela Ljajić, Dzenan Avdić	190
IZVOĐENJE STUDENTOVOG PROFILA PREMA FELDER-SILVERMAN MODELU I STUDENTOVIM OSOBINAMA Dragica Jovanović, Andrea Jovanovic	194

IT PROJEKAT RAZVOJA ADAPTIVNOG VEB BAZIRANOG SISTEMA ZA UČENJE Eleonora Brtko, Vesna Makitan, Vladimir Brtko, Ivana Berkovic	200
KORIŠĆENJE DRUŠTVENIH MREŽA U NASTAVNOM PROCESU Natalija Vugdelija, Nenad Kojic	204
VIRTUALNO OKRUŽENJE UZ PRIMENU VRLM I JAVA JEZIKA Borivoje Milošević	210
KLJUČNE KARAKTERISTIKE DIFUZIJE NOVIH SERVISA OD INTERESA ZA DONOŠENJE STRATEGIJSKIH ODLUKA Stevan Veličković , Valentina Radojičić	215
BIG DATA KAO PODRŠKA POSLOVNIM PROCESIMA Aleksandra Vukmirović, Slobodan Đurović, Marina Brbaklić Tepavac, Tomo Odalović	221
POSEBNA PONUDA ŽELEZNICE ZA IZDAVANJE VOZNIH ISPRAVA REZERVISANIH I KUPLJENIH PUTEH INTERNETA Zoran Pavlović , Aleksandra Vukmirović	226
AUTOMATIZACIJA IZRADE TEMATSKIH I IZVEŠTAJNIH KARATA U ŠUMARSTVU KORIŠĆENJEM ARCOBJECTS ZA ARCGIS RAZVOJNE PLATFORME Nenad Markovic, Dejan Mitrović	232
EFFICIENCY AND QUALITY OF AUDIT PROCESS IN BPMS ENVIRONMENT Kristina Mijic	236
ANALIZA MODEL-BAZIRANIH METODA PROCENE TRAJANJA SOFTVERSKOG PROJEKTA Ljubica Kazi, Zoltan Kazi, Vesna Makitan	242
AN ILLUSTRATION OF THE PROJECT LIQUIDITY PLANNING WHEN THE TERMS OF CASH INFLOWS TO BUDGET FORMING DURING THE REALIZATION OF PROJECT ARE GIVEN Zvonimir Božilović , Nenad Nikolić	248
MOBILNO BANKARSTVO – PRIMENA I SIGURNOST Miloš Ilić	252
INHARMONICITY OF GREAT OCTAVE OF THE PIANO STEINWAY B Zoran Milivojevic, Dejan Blagojevic, Ivana Milosevic, Darko Brodic	256
DISKRETNO TOMOGRAFSKA REKONSTRUKCIJA HV-KONVEKSIJNIH BINARNIH MATRICA KORIŠĆENJEM BRANCH AND BOUND POSTUPKA Miklós Póth., Robert Pinter	262
IMPROVEMENT OF SUBSURFACE DEFECTS DETECTION BASED ON USE OF WIENER FILTERING Vesna Damjanovic, Ljubisa Tomic, Bojan Milanovic, Goran Dikic	266
PROCENA KOEFICIJENTA TRASMISIJE TOPLOTE KROZ ZIDOVE I OTVORE PRIMENOM TERMOVIZIJSKE SLIKE Žarko Barbarić, Aleksandra Pavlović	271

ANALIZA STABILNOSTI BETONSKE GRAVITACIONE BRANE PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA Milan Bojovic, Dragan Rakić, Snežana Vulović, Miroslav Živković	276
OPTIMIZACIJA PARAMETRA KEJSOVOG INTERPOLACIONOG JEZGRA U SPEKTRALNOM DOMENU /OPTIMIZATION OF THE PARAMETER OF KEYS INTERPOLATION KERNEL IN THE SPECTRAL DOMAIN Zoran Milivojevic, Natasa Savic, Zoran Velickovic	280
ODREDJIVANJE UTICAJA GUSTINE MREZE 3D KONACNIH ELEMENATA NA TACNOST REZULTATA Milan Bojovic, Dragan Rakić, Miroslav Živković	286
PRIMENLJIVOST MULTI-MODEL BAZE PODATAKA U PREDUZEĆU VODOVOD I KANALIZACIJA - "JKP NAISSUS NIŠ" Vladimir Jakšić, Dejan Anddrejević	292
SPREDŠIT MODEL KAO EFIKASAN ALAT MODELIRANJA – STUDIJA SLUČAJA Slobodan Antić, Lena Đorđević	301
MOGUĆNOST UPRAVLJANJA RAČUNAROM POMOĆU MOŽDANIH SIGNALA Dejan Lacmanović, Miodrag Ivković, Izabela Lacmanović, Dušanka Milanov	308
ULOGA NOVOG KONCEPTA LIČNE KARTE U RAZVOJU MOBILNIH SERVISA ELEKTRONSKE UPRAVE U REPUBLICI SRBIJI Miladin Ivanović, Predrag Đikanović, Vojkan Nikolić, Duško Sivčević	312
RAČUNARSKE PRIMENE	
RAČUNARSTVO U OBLAKU U SRBIJI – PREGLED STANJA Dunja Majstorović, Dušan Vujošević	317
MEDIS UPITNIK - PRIMENA MOBILNOG RAČUNARSTVA U MEDICINI Dzenan Avdic, Aldina Avdic	321
MODEL OTVORENE INOVACIJE Nikola Vasić, Ana Zekavica, Milica Vasić, Nebojša Jerinić	325
RAZVOJ INFORMACIONOG SISTEMA ZA EVIDENCIJU TERENSKIH AKTIVNOSTI RADNIKA JP „NACIONALNI PARK ĐERDAP“ Dejan Pavlović	329
SOFTVER I ALATI	
DETEKCIJA SLIČNOSTI U PROGRAMSKOM KODU KORIŠĆENJEM GST ALGORITMA Marko Misic, Marko Zivkovic, Jelica Protic, Milo Tomasevic	333
BRZINA UČITAVANJA WEB APLIKACIJE RAZVIJENE U ZEND MVC FRAMEWORKU Zoran Veličković, Miloš Čirić, Zoran Milivojević, Nataša Savić	339

COMBINATION OF LEAN KANBAN PRINCIPLES AND SCRUM Slobodan Morača, Nela Cvetković, Angela Fajsi, Miloš Jovanović	345
SOFTWARE TOOL SINGEN FOR GENERATING QUESTIONS AND ANSWERS ABOUT SYNTAX ANALYSIS IN PROGRAMMING COURSES Sofija Puric, Zivojin Sustran, Jelica Protic	351
ANDROID APPLICATION - REVIEW OF THE PLAN EXAMINATION PERIOD Jovana Đurović, Boban Mihailov, Ivan Tot	357
INTELIGENTNI SISTEMI I SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJA	
UPOTREBA NEURONSKIH MREŽA ZA PREDVIĐANJE UPOTREBLJIVOSTI PODATAKA Tijana Vujičić, Petar Radunović, Ilija Antović, Siniša Vlajić	361
BCG PORTFOLIO MATRIX: AN APPROACH BASED ON NEURO-FUZZY MODELING Dragan Pamucar, Vesko Lukovac, Milena Popovic	367
DATA MINING: EVALUACIJA KLASIFIKACIJE IZ PERSPEKTIVE STRIMA PODATAKA Olivera Jankovic	373
SOFTVERSKA SIMULACIJA INTELIGENTNOG SISTEMA BAZIRANOG NA ALGORITMIMA PRETRAŽIVANJA Milana Prodanov, Drazen Draskovic	379
RAČUNARSKE PRIMENE U VOJNIM SISTEMIMA	
ANALIZA I MOGUĆNOSTI VIDEO STRIMING SERVISA U TAKTIČKIM RADIO MREŽAMA Danilo Lazovic, Sima Keresevic, Jovan Bajcetic	384
SIMULACIONI MODEL GREŠKE MERENJA AZIMUTA U OSMATRAČKIM RADARIMA Blagoje Đačić, Slobodan Simic	392
THE TARGET KINEMATIC ESTIMATOR ADAPTATION BASED ON CHANGES OF ITS ORIENTATION Boban Rankovic, Davorin Mikluc	398
PRIMENA RIVERBED SIMULATORA U ANALIZI PROTOKOLA RUTIRANJA U MANET MREŽAMA Vladimir Ristić, Boban Pavlović, Vladimir Suša	402
PRIMENA HIBRIDNIH MERA U PROCENI KVALITETA SLIKE Boban Bondzulic, Nenad Stojanovic, Jovan Mihajlovic	407
ANALYSIS OF COEFFICIENT INDUCTION COUPLING INFLUENCE AT THE CHARACTERISTICS OF ANALOGUE QUADRATURE DETECTOR Goran Dikic, Ljubisa Tomic	413

PRAĆENJE POKRETNIH OBJEKATA PRIMENOM INDEKSA STRUKTURNE SLIČNOSTI Jovan Mihajlović, Boban Bondzulic	417
PRISTUP EFIKASNOM STRUKTUIRANJU VIRTUELNIH RAČUNARSKIH MODELA TOKOM RAZVOJA KOMPLEKSNIH MAŠINSKIH KONSTRUKCIJA Zoran Vasic	423
RIVERBED MODELER 17.5 USAGE IN ANALYSIS OF DATA TRANSFER PERFORMANCES IN FUNCIONAL TELECOMMUNICATION SYSTEM Vladimir Suša, Saša Devetak, Radovan Dragović, Mladen Trikoš	431
MOGUĆNOSTI PRIMENE GRAFOVSKIH BAZA PODATAKA U INSTITUCIJAMA SA HIJERARHIJSKIM USTROJSTVOM Mladen Trikoš, Slađan Babarogić, Dejan Savić, Vladimir Suša	435
REALIZATION OF A GPS DEVICE USING GPS3 CLICK MODULE ON EASYAVR V7 HARDWARE PLATFORM Jovana Đurović, Boban Mihailov, Ivana Grbović, Ivan Tot	439
PROJEKTOVANJE ISTRAŽIVANJA ZAŠTITE INFORMACIJA U SAVREMENOM OPERATIVNOM OKRUŽENJU Dejan Kršljanin	444
MULTISENZORSKO OSMATRANJE I PRAĆENJE BESPOSADNIH LETELICA Rade Pavlović	448

Digital Learning Factory at FESB – University of Split

Stipe Celar,^{1,2} Mili Turic^{1,2}, Srdjana Dragicevic³, Ivica Veza¹

¹University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture (FESB),
R. Boskovicica 32, 21000 Split, Croatia
{stipe.celar, mili.turic, ivica.veza}@fesb.hr

²VENIO indicium d.o.o.,
Doverska 19, 21000 Split, Croatia
{stipe.celar, mili.turic}@venio.hr

³Split Airport,
Cesta dr. Franje Tudmana 1270, 21217 Kastel Stafilic, Croatia
srdjana.dragicevic@split-airport.hr

Abstract—In this paper we present development of digital Learning Factory at FESB, developed by Very Small Enterprise (VSE) VENIO indicium Ltd, which was started in cooperation between food processing partner PIVAC Group and FESB. In parallel with the development and implementation at user sites VENIO ERP/PLM was used as Digital Learning Factory in two course in the fifth year of studies at FESB. In virtualized environment of the Digital Learning Factory the students (organized in small teams) have their own test companies for exercises. The PLM students have to design their own enterprises and prepare fully functional ERP/PLM for final exam. In the paper we discuss an impact of such digital learning tool based on student’s self-assessment. This Digital Learning Factory is a candidate for a software part of Lean Learning Factory in the project Innovative Smart Enterprise in Croatia (INSENT) and as a learning tool for involved industry partners.

Index Terms—digital learning factory, computer science, Product Lifecycle Management (PLM), Bloom’s taxonomy, Industry 4.0

I. INTRODUCTION

The world we live in today largely depends on technology that is constantly changing and progressing rapidly. So rapid changes represent a substantial challenge in educating new generations of students at the universities, especially in the field of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) [1].

Today’s students are from an early age actively using new digital technologies (Internet, communications, multimedia ...) and are more adapted to them than their educators who teach them basic knowledge in STEM or business areas. For a couple of years, today’s students will leave the university and go into the business world and for 10 to 20 years they will be leaders, managers, professionals. How is it possible still at the university to give to these 'digital' young people an important knowledge that they need for the near and

further future career? One of possible ways is an integration of faculty’s three core activities:

- education at all levels,
- professional technological projects and
- scientific-research projects.

In these two project areas professors (that are at the same time scientists and practitioners) apply existing methods and technologies to solve problems in practice. It helps them in seeking new solutions, methods and technologies for these problems. These two project areas are helpful for the professors in third field, in education. This way the professors will be able to present and teach the students knowledge that has scientific relevance and is applicable in specific business domain and business community.

Further important approach in students education is an inclusion of highly motivated undergraduate and graduate students in research and professional projects [2]. Drawback of this valuable initiative is that only minority of students meets high demands of professional and research projects and the university has to take care of all students. More benefit the majority of students at STEM faculties would have if they had the opportunity during their studies to work in the laboratory and do something more than ordinary student exercises, e.g. if they could work student projects in real environments and under the supervision of experts. Such an environment would be like a factory and could be called a 'Learning Factory' [3] -[5]. The Learning Factory’s mission is to integrate design, manufacturing and business realities into the engineering curriculum. This is accomplished by providing balance between engineering science and engineering practice [3] [6] [7].

In the September 2014 INSENT project started with the main objective of developing Croatian model of Innovative Smart Enterprise (HR-ISE model). One of the goals of the INSENT project is Learning Factory at FESB that will be used as “living lab” for HR-ISE model implementation and a

place for knowledge transfer from University to economy [3].

The process of establishing such Learning Factory (LF) can be difficult and expensive [3] [4] but in some areas like Computer Science (CS) it can be relatively easy. Such LF could be called a ‘Digital’ Learning Factory (DLF). In this paper we present the Digital Project Factory at FESB that is used in the classroom and that will be used for the purposes of scientific research project INSENT.

In the next chapter we briefly describe characteristics of INSENT and PIVIS projects. The chapter III shortly describes VENIO indicium Ltd’s history and main functionality of VENIO ERP/PLM software developed by VENIO indicium Ltd and used in Digital Learning Factory. Virtualised Digital Learning Factory at FESB is described in the chapter IV. Experience of using DLF as a digital learning tool and its validation in teaching based on the students’ self-assessment are described in the chapter V.

II. INSENT AND PIVIS PROJECTS

A. INSENT Project

In the September 2014 INSENT project started with the main objective of developing Croatian model of Innovative Smart Enterprise (HR-ISE model) [3]. Every global manufacturer has its unique manufacturing system (Toyota, Daimler, Bosch, etc), and some countries are developing their own unique enterprise model, like Germany – Industry 4.0. Model is aligned with their vision, strategy, values and culture. Republic of Croatia hasn’t developed its own model of enterprise. The aim is to perform model’s regional fit, i.e. to harmonize Innovative Smart Enterprise model with specific regional way of thinking, manufacturing and organizational tradition, and specific education. HR-ISE model could help Croatian enterprises to bridge the gap between their competencies and EU enterprises’ competencies and capabilities.

The development of Croatian model of Innovative Smart Enterprise (HR-ISE model) and its transfer to economy could have a strong impact on recovery of Croatian industry. HR-ISE model could significantly improve competencies and capabilities of Croatian enterprises to make them more competitive on EU market. Additionally, Lea Learning Factory at FESB will be used as “living lab” for HR-ISE model implementation and a place for knowledge transfer from University to economy.

B. PIVIS Project

In 2010 the large food processing enterprise Pivac Group (which included Pivac Brothers Meat Industry, PPK Karlovac Meat Industry and Dalmesso with approximately thousand employees) decided to strengthen their information and communication infrastructure and launched a multi-year research and technological cooperation with FESB. Nowadays the Pivac Group includes several new companies and has a total of more than two thousand employees.

In collaboration with the Competence Centre for SW Engineering at FESB [8] [9] Pivac funded project called

‘PIVIS’ (s. Fig. 1) whose aim was the establishment of modern ICT company that will assume responsibility for the computerization of the Group to the highest professional standards and enable the realization of business plans of the Group. The core of the PIVIS project team consisted of Professor, one experienced developer and four students from the CS graduate study.

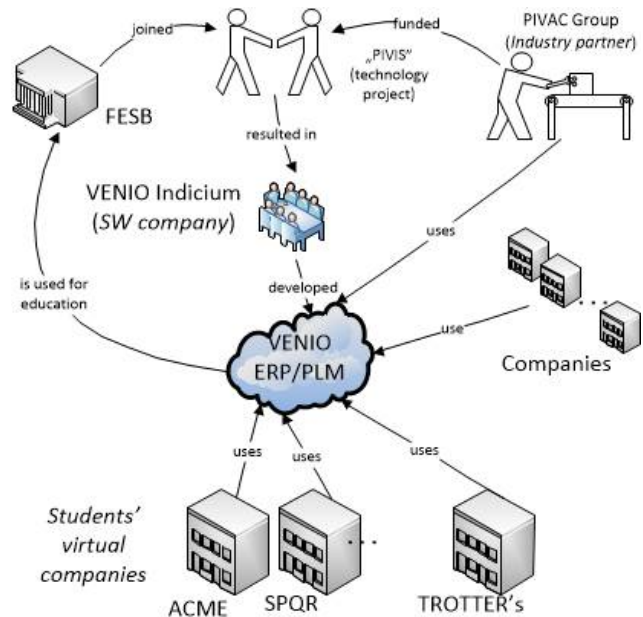


Figure 1. From PIVIS Project to VENIO Company and VENIO ERP/PLM

Detailed analysis of a large number of stakeholders which was made at the start of the project [10] [11] has significantly influenced the chosen project methodology and the positive course of the project. During the project some innovations regarding personal capability assessment are introduced [12] and regularly applied.

The whole system was divided into several subsystems according to the Group’s main processes and therefore the phased development-based methodology [13] -[15] in conjunction with iterative agile methodologies and practices [16] -[20] was chosen. Already after 6 months PIVIS team has developed the first version of a distributed retail system which was implemented to more than 100 locations and integrated with a legacy system by the end of 2010. That was a confirmation of the maturity of the development team and the seriousness of the project approach.

The project parties have continued to build further on this basis in two directions:

- conversion of development team in a development company and
- development of integrated information system for the whole enterprise (ERP system).

III. VENIO INDICIUM AND VENIO ERP

A. From PIVIS Project to VENIO Indicum Ltd Company

VENIO indicium Ltd is a very small ICT enterprise (VSE) [21] developed from the PIVIS team. VENIO is

developed evolutionary step by step and incubated in the Group while developing their core and supporting processes [21] -[23] . As an independent Group's spin off company VENIO has been operating since the summer of 2011 and has about 10 employees now.

Although it is a micro company [24] VENIO has high demands by the owner (PIVAC group) since its inception and is therefore organized and operates according to the highest professional standards [14] [21] -[23] [25] . All the time VENIO has had a balance between traditional, well defined processes and practices [15] [26] -[28] (because it works on a long-term project) and well established agile methodologies and practices [18] -[20] .

B. VENIO ERP/PLM Software

The best validation of VENIO indicium's processes is main software product of PIVIS project is a distributed VENIO ERP system. It is n-tier application developed in Visual Studio Integrated Development Environment, MS SQL Relational Database and C# programming language with extended DevExpress controls for user interface. VENIO ERP is intended for Windows operating system at PCs and tablet devices in Local Area Network (LAN) and Virtual Private Networks (VPN) environment.

The main process oriented modules of VENIO ERP are:

- Master Data
- Supply Chain Management (SCM) and Warehousing
- Production
- Human Resource Management
- Financial Management (with Protocol)
- Distribution and Transport Management
- Asset Management.

The main Product Lifecycle Management (PLM) functions are seamlessly integrated through all VENIO subsystems. With different types of articles an advanced user is able to define his own types and groups of (raw)materials, products, their characteristics and lifecycle across the whole enterprise. He has similar freedom in defining the types and groups of partners and own organization and internal users (and levels of their rights).

Integration of CAD files and other types of documentation is enabled during the whole product life cycle. A communication with other specialized systems (d.e. Manufacturing Execution Systems or other ERP systems) is enabled through the XML or some specific EDI protocols.

Customer Relationship Management (CRM) and quality Management (QM) are integrated across all subsystem also. All documents in VENIO ERP can be signed digitally and sent to customers via e-mail directly from ERP. In 2015 e-invoices were adopted in Croatia and VENIO ERP has therefore fully integrated external automated module for receiving and sending digitally signed bills (e-bill).

Some metrics from the biggest customer, Pivac Brothers Meat Industry, describe the reliability and overall quality of VENIO ERP:

- 230 distributed retail and warehouse locations with own database that communicates with the central database

through the VENIO services and independent FTP server

- 6.000.000 retail bills pro year issued from distributed databases and synchronized with the central database
- 140.000 receipts of goods received into distributed databases and synchronized with the central database
- and 150.000 incoming invoices per year (for goods and services) received at the central location and connected automatically with distributed receipts of goods.

The market potential of the VENIO ERP is confirmed by its just finished implementations in one micro enterprise (ME), one large enterprise (LE) and five small-and-medium sized enterprises (SME). Three of them are old customers and are implementing the newly created subsystem Financial Management while other four companies implement a complete ERP. All seven companies started with operational work on 4 January 2016. Three new projects of ERP implementation and customization in pharmacology and food processing enterprises are in preparation and will start on the spring of 2016. One of them is SME and two others are LE.

IV. 'DIGITAL' LEARNING FACTORY AT FESB

The continuous collaboration with the University is a strategic priority of VENIO indicium expressed through the following forms:

- Professor is actively involved in the development
- developers are actively involved in teaching at the University (lab work with students, mentoring of student seminars and theses)
- collaborations on research projects
- doing of post-graduate studies
- lecturing in Learning Factory at FESB.

All VENIO's employees were student at University of Split and know how valuable is 'learning by doing'. This is the reason that students of the fifth year of studies in Computing and Industrial Engineering – PLM (Graduate level) have licenses of VENIO ERP/PLM for the practical part of the courses Business Information Systems (for CS students) and PLM Information Systems (for PLM students). Software is installed at virtual machine with Windows server 2008R in FESB's virtualized data center and managed with VMware tools (s. Fig. 4).

These two groups of students differ significantly in acquired and targeted knowledge that are defined by their study programs when they come in the Learning Factory. Those in the group CS have more knowledge in computing and those from the group of PLM have more knowledge about the processes and management. The objectives of Learning Factory for these two groups are similar but different – each group has to (s. Fig. 3):

- improve the level of knowledge in their domain and
- acquire certain level of knowledge from the second domain.

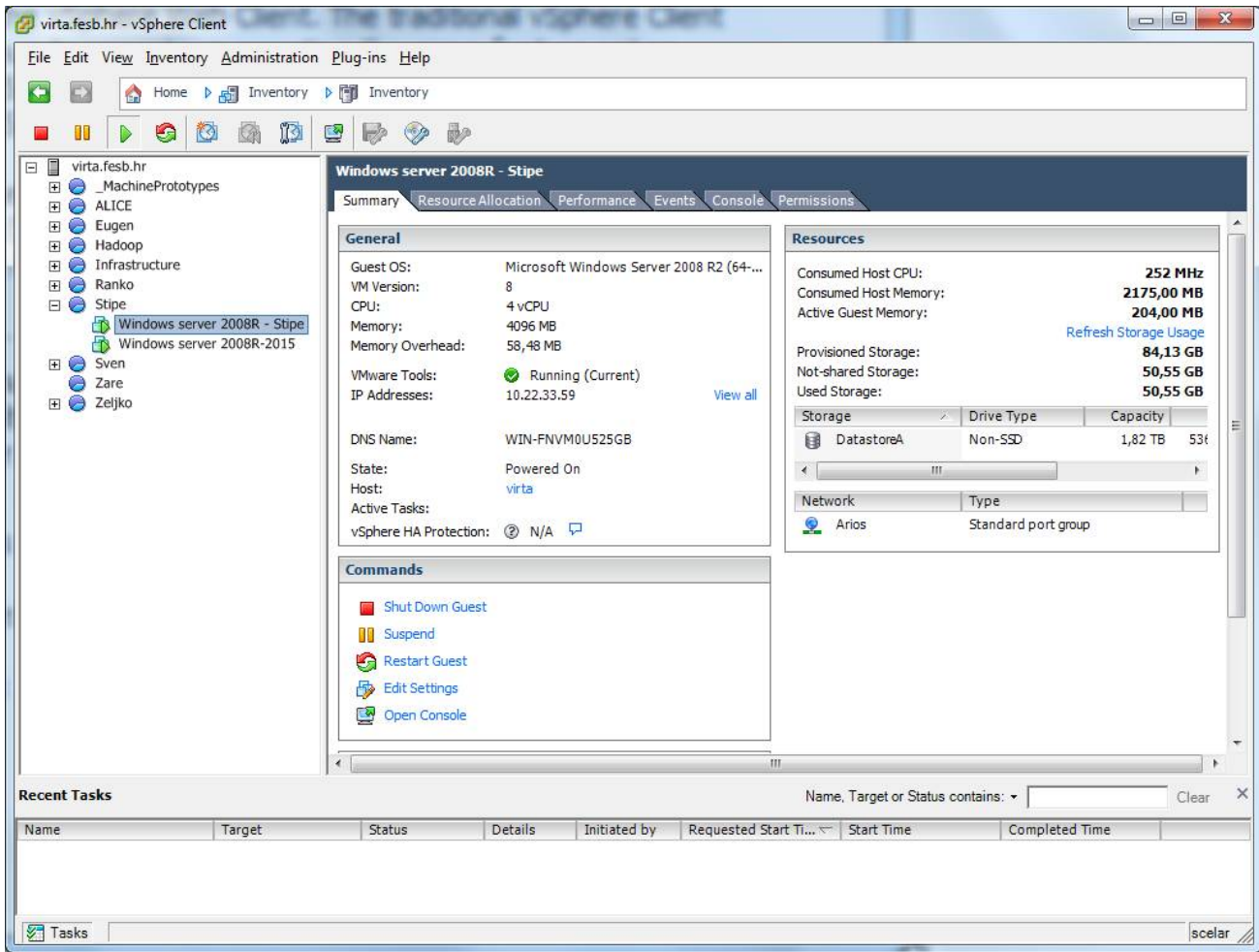


Figure 2. Virtualised Environment of Digital Learning Factory at FESB

CS students must be able to understand knowledge from the right side of the Fig. 3 in order to be able to design new software (or ICT general) solution for enterprise. And vice versa, PLM students must be able to understand knowledge from the left side of the Fig. 3 in order to be able to design new enterprise. To accomplish these goals, each group requires somewhat different approach and different lectures.

Both groups (each of 30-70 students) have their own terms and are divided into small teams of 2-4 people. Each team has its own test company with the test data on which it will conduct practical exercises and study the concepts learned on the course (s. Fig. 3). The both groups have adequate written instructions for exercises and they listen to lectures adapted to them. The lectures are held by the Profesor and Assistant, authors of the VENIO ERP/PLM, and the students have the opportunity to ask and discuss with them all important and relevant topics from both fields.

In addition to the practical exercises based on written materials, the most active students have the opportunity to cooperate with the developers during the making of their master thesis. Right now (*in winter semester 2015-16*) a few CS students are writing their Android applications that should communicate with the VENIO ERP.

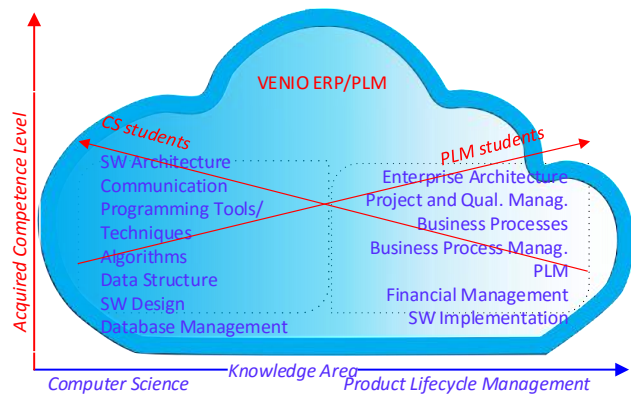


Figure 3. Learning Outcomes Level in Relations to the Study Field

V. VALIDATION OF DLF BY PLM STUDENTS

A. Students' Projects and Exams

The group of PLM students is smaller than the CS group (cca 30 students and 10 teams pro year). From this reason these students have another important and valuable project in the course PLM Information Systems. During the semester each team must design their own enterprise with:

- main and supporting processes
- organisations, users and their rights
- (raw)materials, products and their lifecycle
- sevicees and their lifecycle
- all other types of articles
- partners and their types
- production locations and all other locations (wholesale, retaile, warehouse,...) and their communication
- production process' documentation (material request/issue, work order, BOM,...)
- traceability system for (raw)materials and products through the enterprise.

Team's designed enterprise should be elaborated in a written project and implemented in the information system of their company (s. Fig. 5). All of the time the team has access to both databases/enterprises:

- test enterprise with test data for exercices
- their own enterprise with their data (and minimum master data).

Based on their designed enterprise the students take the exam and explain how their enterprise operates (purchase, production, sales, SCM,...), what are the product's/material's lifecycle and similar scenarios.

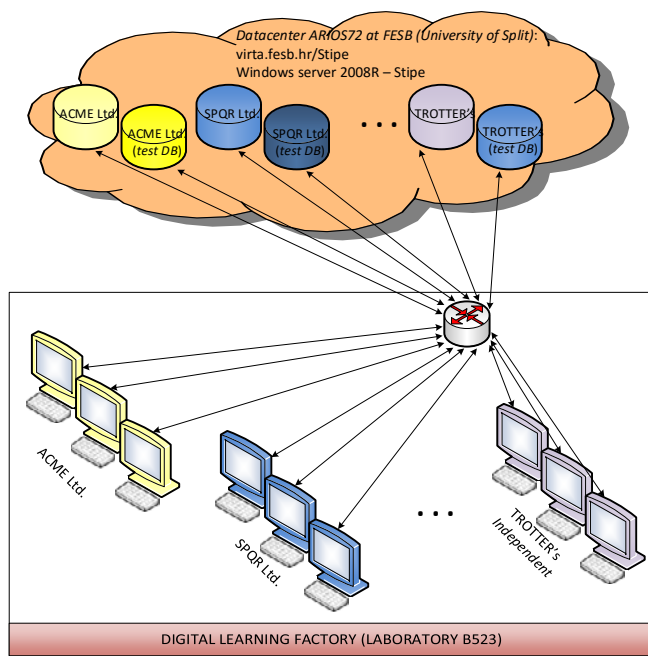


Figure 4. Architecture of the Digital Learning Factory at FESB

B. Students' Self-Assessment as a Validation of DLF

Professor evaluates students' knowledge level but his assessment of the contributions of his methods and tools for students' knowledge level is largely subjective. Students can assess the contributions of professor's teaching methods for each of them better than professor. In fact, perhaps they will evaluate some methods as boring and worthless if the survey is anonymous and if it will not have any negative impact on

the finale grade. In order to measure the advance of students' knowledge level in some areas during the course a special anonymous survey among PLM students was conducted in Februar 2016. An impact of DLF's on their advance in each knowledge area (KA) was investigated also.

The 17 students completed the questionnaires for 9 knowledge areas before the exam and handed them to Professor after the examination. They assessed for each area own knowledge level before course and before exam. They assessed also levels they would achieve with classic learning tools and exam methods. One questionnaire was rejected due to insufficient valid responses. Knowledge levels were measured according to Bloom's taxonomiji [29] and the students had a detailed description of it.

Students' improvement for each areas is shown in Fig. 5 while improvement of each student in all areas and impact of DLF are shown in Fig. 6. Measured average advance for 16 students in all areas is 1.76 of Bloom's level's across all KAs and direct impact of DLF on this avance is 1.03 of Bloom's level's. Such huge impact of DLF could be taken as validaton of DLF as a digital learning tool and Professor's exam method also.

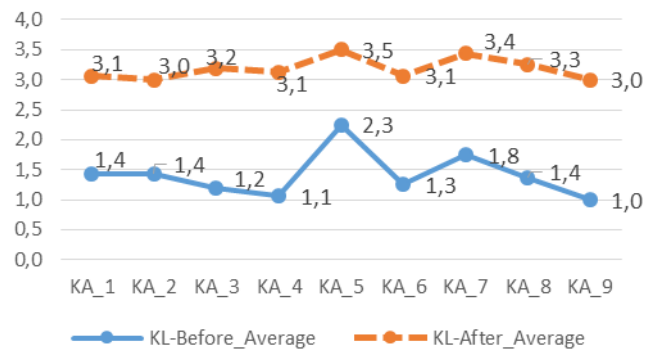


Figure 5. Average Knowledge Level for all Students by Knowledge Areas (levels 1-6)

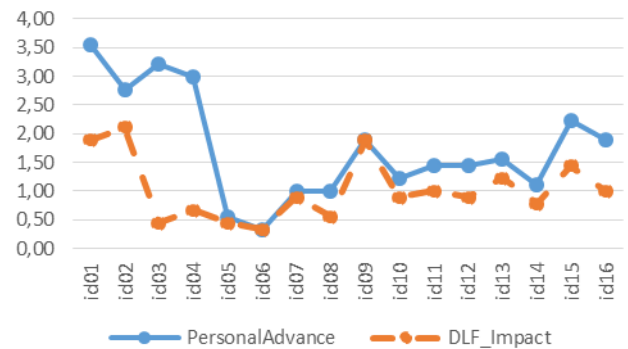


Figure 6. Personal Advance and DLF Impact for all Areas by Students (levels 1-6)

Assessed knowledge areas are: KA_1 Business Processes in general; KA_2 Business Process Management; KA_3 Financial Management; KA_4 Traceability; KA_5 Production Processes; KA_6 Logistics & Supply Chain

Management; KA_7 PLM Processes; KA_8 Information Systems; KA_9 ERP/PLM Implementation.

VI. CONCLUSION

VENIO ERP/PLM which is the backbone of the digital Learning Factory will be further improved functionally (in terms of production scheduling and shop floor system) and technologically (in terms of broader integration with other mobile platforms). Since Split-Dalmatia County (local government) recognized a potential of VENIO indicium and funded in part development of VENIO ERP the triple helix model [3] [30] has been implemented.

VENIO ERP proved its potential at the market in Croatia while student's self-assessment proved its validity and value as a digital learning tool in the Digital Learning Factory at FESB (the advancement of knowledge was measured by Bloom's Taxonomy). It will be further improved based on project Innovative Smart Enterprise in Croatia (INSENT, financed by Croatian Science Foundation [3]) and on requirements from industry partners. Therefore it will be candidate for a software part of a Lean Learning Factory used as a learning tool for companies involved in INSENT project.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been in part supported by:

- PIVIS project, technological project at FESB funded by the enterprise Pivac Brothers Meat Industry, Vrgorac (Croatia),
- Croatian Science Foundation under the project 1353 Innovative Smart Enterprise (INSENT) and
- Program for technology development, research and innovation funded by Split-Dalmatia County.

REFERENCES

- [1] Bojic, I., Jagust, T. and Sovic, A. 2015. "Selected examples of cooperation between universities and schools in STEM education." *Proceedings of 5th IEEE Integrated STEM Education Conference*, Princeton, IEEE, pp. 1-6.
- [2] Development Strategy Committee, November 2011. "Strategy for the period 2012-2016." Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, Split, 2011, http://intranet.fesb.hr/Portals/53/strategy_fesb_2012_2016_web.pdf
- [3] Veza, I., Gjeldum, N. and Mladineo, M. "Lean learning factory at FESB – University of Split." *The 5th Conference on Learning Factories 2015*, in: *Procedia CIRP*, 32, pp. 132-137, doi: 10.1016/j.procir.2015.02.223
- [4] Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., Hummel, V. and Ranz, F. "Learning factories for research, education, and training." *The 5th Conference on Learning Factories 2015*, in: *Procedia CIRP*, 32, pp. 1-6, doi: 10.1016/j.procir.2015.02.187
- [5] Cachay J., Wennemer J., Abele E., Tenberg R. 2012. "Study on action-oriented learning with a Learning Factory approach." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, pp. 1144–53.
- [6] Rentzos L., Doukas M., Mavrikios D., Mourtzis D. and Chryssolouris G. "Integrating manufacturing education with industrial practice using teaching factory paradigm: A construction equipment application." *Procedia CIRP*, 2014; 17, pp. 189-194.
- [7] Wagner U., Al Geddawy T., El Maraghy H. and Müller E. "Product family design for changeable learning factories." *Procedia CIRP*, 2014; 17 pp. 195-200.
- [8] Competence Centre for Software Engineering, EU Tempus project no. 41023-2006, www.fesb.hr/kisek
- [9] Collaborative Internationalisation of Software Engineering in Croatia (Development of software engineering competence centres in Croatia), EU Tempus project no. 41023-2006, <http://www.fer.unizg.hr/kisek>
- [10] Čelar, S., Turić, M. and Vicković, L. 2010. "4DSA: 4-Dimensional Presentation of Stakeholder Analysis in Large Software Project." *Annals of DAAAM 2010 & proc. of the 21st Intern. DAAAM Symposium*, Vienna, DAAAM International Vienna, 2010, pp. 0003-0005
- [11] Čelar, S., Turić, M. and Vicković, L. "Stakeholder Analysis: Process Modell," *DAAAM International Scientific Book 2010*. 9 (2010), pp. 489-496
- [12] Celar, S., Turic, M. and Vickovic, L., 2014. "Method for personal capability assessment in agile teams using personal points." *Proceedings of 22nd Telecommunications Forum*, Beograd, IEEE, pp. 1134-1137
- [13] Sommerville, I. "Software Engineering", 8th ed. Boston, USA: Addison-Wesley Longman, 2007.
- [14] Abran, A., Moore, J., Bourque, P., Dupuis, R. (2004). *SWEBOK: Guide to the Software Engineering Body of Knowledge 2004 Version*. IEEE Computer Society, Los Alamitos, California
- [15] Zachman International Enterprise Architecture, *The Zachman Framework™*, <http://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>
- [16] Williams, L. "Agile Software Development Methodologies and Practices", *Advances in Computers*, Vol. 80:1-44 January 2010, doi: 10.1016/S0065-2458(10)80001-4
- [17] <http://agilemanifesto.org/principles.html>
- [18] Boehm, B. and Turner, R. 2009. "Balancing Agility and Discipline. A Guide for the Perplexed", 7th ed. Boston, USA, Addison-Wesley, 2009, ISBN 0-321-18612-5
- [19] Cohn, M. 2005. "Agile estimating and planning". New York, USA: Prentice Hall, 2005.
- [20] McConnell, S. 2006. "Software Estimation: Demystifying the Black Art", WA, USA: Microsoft Press, 2006.
- [21] O'Connor, R.V. and Laporte, C.Y. 2010. "Towards the provision of assistance for very small entities in deploying software lifecycle standards", *ACM PROFES '10, Proceedings of the 11th International Conference on Product Focused Software*, pp. 4-7, doi: 10.1145/1961258.1961259
- [22] International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, "ISO/IEC 29110 Systems and Software Engineering – Lifecycle Profiles for Very Small Entities (VSEs)," https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_29110
- [23] International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, "ISO/IEC 12207:2008 Systems and software engineering – Software life cycle processes," https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_12207
- [24] The new SME definition: user guide and model declaration, <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/new-sme-definition-user-guide-and-model-declaration>, 25/03/2005
- [25] PMI 2008. "A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)", Fourth edition, Project Management Institute, ANSI/PMI 99-001-2008, ISBN: 978-1-933890-51-7
- [26] Kan, S. H. 2008. "Metrics and Models in Software Quality Engineering", 2nd ed. Boston, USA: Addison-Wesley Longman, 2008.
- [27] Jones, C. "Applied Software Measurement: Global Analysis of Productivity and Quality," 3rd ed, McGraw-Hill Inc., New York, USA, 2008
- [28] Software Engineering Institute, "CMMI ® for Development, Version 1.3. Improving processes for developing better products and services." November 2010, *Technical Report*, CMU/SEI-2010-TR-033 ESC-TR-2010-033
- [29] Self-assessment and knowledge assessment in e-education, CARNET, <http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/spzit/pismeni/teorija/bloom>
- [30] Etzkowitz H. "The Triple Helix of University-Industry-Government: Implications for Policy and Evolution." *Working paper 2002-11*; 2002.

UMREŽAVANJE I PRAKTIČNI ASPEKTI ELEKTRONSKOG POSLOVANJA AGENCIJE ZA LEKOVE I MEDICINSKA SREDSTVA SRBIJE

NETWORKING AND PRACTICAL ASPECTS OF ELECTRONIC BUSINESS IN MEDICINES AND MEDICAL DEVICES AGENCY OF SERBIA

Igor Vanevski, Tatjana Stojadinović, Ljiljana Radovanović
Agencija za lekove i medicinska sredstva Srbije

Sadržaj - Agencija za lekove i medicinska sredstva Srbije je među prvima usvojila koncept „otvorenih podataka“ i time doprinela ostvarivanju koristi za ekonomiju uopšte, privredne subjekte, državne organe, naučnu zajednicu i ostale segmente društva u Republici Srbiji. U ovom radu prikazan je koncept otvorenosti podataka, i način funkcionisanja elektronskog poslovanja u farmaciji, zdravstvu i regulatornim poslovima. Registri humanih i veterinarskih lekova i medicinskih sredstava su predstavljeni u oblicima struktuiranih, otvorenih formata podataka i predstavljeni su u vidu elektronske usluge na nacionalnom portalu eUprave. Na ovaj način realizovani projekat omogućava ostvarivanje sigurnog i kontrolisanog pristupa podacima, koji se dnevno ažuriraju i mogu se preuzeti predstavljanjem uz pomoć kvalifikovanog digitalnog sertifikata.

Abstract - Medicines and Medical Devices Agency of Serbia has adopted concept of „Open Data“ among first of the government institutions in Republic of Serbia and through it provided benefits for the economy in overall, companies, government institutions, scientific community and other parts of society. In this work we have presented the concept of openness of data and principles of electronic business in pharmacy, health and regulatory work. The data, registries of human and veterinary drugs and medical devices, has been put on the national portal for e-government. In this way the project enables safe and controlled access to the data about medicines and medical devices, which are updated on daily bases and can be downloaded in authenticated manner with usage of qualified digital certificate.

1. UVOD

Otvoreni podaci predstavljaju skupove digitalnih podataka koji su dostupni i mogu se više puta koristiti bez ikakvih ograničenja i uz slobodu deljenja istih.

Naime, ideja koncepta „Open data“ je da određeni izvorni podaci budu besplatno dostupni za dalju upotrebu radi dobijanja novih vrednosti i usluga, kako za poslovne korisnike i državne institucije, tako i za građane. Jedini uslov prilikom daljeg korišćenja podataka je obavezno navođenje izvora podataka, kao i ravnopravnost prilikom daljeg deljenja istih.

Koncept otvorenih podataka (Open Data) predviđa slobodan pristup svim podacima i informacijama koje prikupljaju državni organi – njihovu dalju upotrebu i po potrebi modifikaciju radi prilagođavanja određenoj nameni, kao i njihovo ukrštanje radi složenijih analiza.

Programi otvorenih podataka zahtevaju promene: pravne, institucione, tehnološke i kulturne prirode. Od suštinskog je značaja da se izrade zajednički standardi i uklone prepreke koje onemogućavaju interoperabilnost i razmenu podataka. Osnovni tehnički zahtev je mašinska čitljivost digitalnih formata u kojima su otvoreni podaci sačuvani.

Proteklih godina u Republici Srbiji pokrenuta je inicijativa za otvaranjem podataka. Dobru osnovu za to predstavlja postojeća strategija razvoja elektronske uprave kao i akcioni plan za otvorenu upravu u kontekstu reforme javne uprave.

Agencija za lekove i medicinska sredstva Srbije (ALIMS) je od starta bila spremna da učestvuje u inicijativi za otvaranje podataka i na taj način omogućila da podaci o lekovima i medicinskim sredstvima, integrisani sa drugim podacima, dobiju veću vrednost i postanu korisni drugim državnim organima i institucijama. U dužem prethodnom periodu je potreba za saradnjom i razmenom podataka između organa i institucija morala biti rešavana najčešće sklapanjem Ugovora o poslovno-tehničkoj saradnji, koji su činili most u segmentu koji zakonski nije u potpunosti regulisan u Republici Srbiji.

Sredinom Jula 2015. godine na portalu eUprave otvorena je nova elektornska usluga dostupna privrednim subjektima i državnim organima – **Preuzimanje registra lekova i medicinskih sredstava**.

Svi subjekti koji se bave prometom lekova u Republici Srbiji i koji imaju kvalifikovani digitalni sertifikat izdat od strane sertifikacionog tela mogu preuzeti podatke o lekovima i medicinskim sredstvima u otvorenom i struktuiranom formatu (.xls i .csv su odabrani).

Na ovaj način ALIMS ispunjava svoju misiju - da promoviše i unapređuje zdravlje ljudi i životinja, kao i da doprinosi ostvarivanju osnovnog ljudskog prava za pristup kvalitetnim, bezbednim i efikasnim lekovima i medicinskim sredstvima.

U ovom radu prikazana je elektronska usluga ALIMS-a na portalu eUprave, kao i praktičan aspekt elektronskog poslovanja ALIMS-a u radu sa drugim institucijama.

Nakon Uvoda, u drugom poglavlju ovog rada prikazana je nadležnost i delatnost ALIMS-a, dok je u trećem poglavlju prikazano umrežavanje podataka u okviru zdravstvenog sistema u Republici Srbiji.

Četvrto poglavlje detaljnije opisuje elektronsku uslugu „Preuzimanje registra lekova i medicinskih sredstava“ kao i buduće projekte ALIMS-a. Zaključak je izložen u petom poglavlju.

2. DELATNOST I TRANSPARENTNOST AGENCIJE ZA LEKOVE I MEDICINSKA SREDSTVA

ALIMS je regulatorno telo Republike Srbije, odgovorno za praćenje i regulisanje farmaceutskog tržišta u našoj zemlji. Svojim radom obezbeđuje usluge izdavanja, obnova i izmena dozvola za lekove u humanoj i veterinarskoj upotrebi, kao i upisa dozvole za promet medicinskih sredstava, kontrole kvaliteta lekova i medicinskih sredstava koji ispunjavaju zahteve za efikasnošću, kvalitetom i sigurnošću u korišćenju i time da ispune potrebe korisnika, zakonske uslove i druge normativne zahteve.

Vizija da bude moderna, efikasna i društveno odgovorna institucija sprovodi se svakodnevnim radom zaposlenih, a celokupan rad zasniva na četiri osnovna principa: društvena odgovornost, liderstvo, poverenje i kvalitet.

Transparentnost u radu ogleda se i preko portala ALIMS-a gde su ispunjeni svi kriterijumi funkcionalnosti, koji su definisani smernicama za izradu veb prezentacija organa državne uprave. Jedan od ciljeva veb sajta ALIMS-a je i koordinacija postojećih i usluga koje će tek biti razvijene.

3. PORTAL E-UPRAVE SRBIJE I E-USLUGE AGENCIJE ZA LEKOVE I MEDICINSKA SREDSTVA

ALIMS kao javna agencija Republike Srbije učestvuje u projektu „Razvoj e-uprave Republike Srbije“.

Na portalu eUprave Republike Srbije do sada je postavila osam svojih e-usluga i na taj način doprinela državnim institucijama, fizičkim i pravnim licima da dođu do pravih informacija i podataka lako i pregledno.

U okviru sajta ALIMS-a otvorena je funkcionalna oblast E-usluge i E-uprava koja sadrži popis svih naziva elektronskih usluga objavljenih na portalu E-uprave (Slika 1.).



Slika 1. Funkcionalna oblast sajta ALIMS-a: eUsluge i eUprava

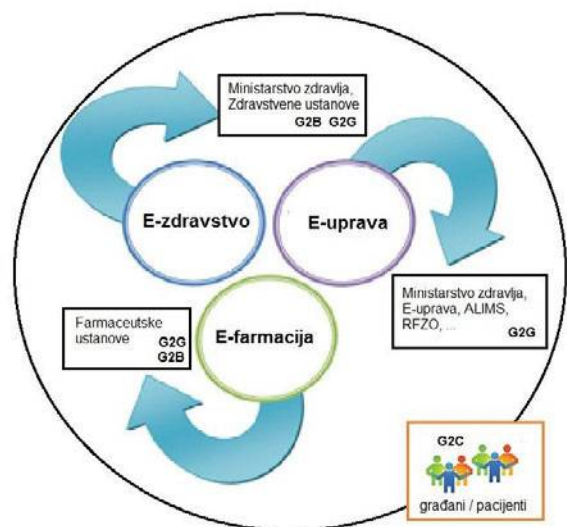
Najnovija usluga „Preuzimanje registra lekova i medicinskih sredstava“ postavljena je sredinom 2015. godine. Državni organi i pravna lica mogu preuzimati registar lekova za upotrebu u humanoj i veterinarskoj medicini, kao i registra upisanih medicinskih sredstava za koje je Agencija izdala dozvolu za lek odnosno izvršila upis medicinskog sredstva u Registar medicinskih sredstava, uz korišćenje kvalifikovanog digitalnog sertifikata.

Cilj ove usluge je preuzimanje podataka o lekovima i medicinskim sredstvima u digitalnim, mašinski čitljivim formatima koji se mogu koristiti za dalji rad i upotrebu kod drugih državnih organa i pravnih lica, a posebno u okviru razvoja projekta **e-Zdravlja** Republike Srbije, čime se opseg saradnje proširuje van uslova bilateralnih Ugovora o poslovno-tehničkoj saradnji koji su uobičajeni oblik saradnje od ranije, ali za neke druge namene i dalje jesu.

Registar lekova i medicinskih sredstava u obliku e-Usluge omogućava preuzimanje šifarnika podataka o lekovima i medicinskim sredstvima iz baze podataka ALIMS-a koji su ažurirani na dnevnom nivou.

Integracija ePoslovanja u regulativi lekova, eUprave Srbije, eZdravstva i eFarmacije u Srbiji omogućava bolju komunikaciju, bolje upravljanje dokumentima i zapisima u državnoj upravi i zdravstvenom sistemu Srbije, kao i ostvarivanje direktno merljivih ušteda u radu sa više aspekata (vreme - efikasnost, novac - ekonomičnost).

Odnosi između Ministarstva zdravlja Srbije, ALIMS-a, ostalih zdravstvenih i farmaceutskih organizacija (Republički fond za zdravstveno osiguranje, Zavod za zaštitu zdravlja Srbije i drugi), kao i mogući modeli poslovanja između navedenih organizacija prikazani su na Slici 2.



Slika 2. Modeli poslovanja između eZdravstva, eUprave i eFarmacije

4. ELEKTRONSKA USLUGA „PREUZIMANJE REGISTRA LEKOVA I MEDICINSKIH SREDSTAVA“

Elektronska usluga „Preuzimanje registra lekova i medicinskih sredstava“ omogućava preuzimanje na dnevnom nivou ažuriranog registra (šifarnika) lekova za upotrebu u humanoj i veterinarskoj medicini i medicinskih sredstava upisanih u registar MS, u digitalnim, mašinski čitljivim, ali i otvorenim formatima: **.csv** i **.xls**. Izbor konkretnih formata je relativno lako obavljen, jer su navedeni lako upotrebljivi i poznati, sa perspektivnom mogućnošću lakog proširivanja izbora istih po potrebi i na ostale formate.

Podaci o lekovima i medicinskim sredstvima koje je ALIMS dostavio državnim institucijama i pravnim licima na portalu eUprave, dostupni su uz kvalifikovani elektronski sertifikat, koji omogućava autentifikaciju, a u cilju obezbeđivanja zaštite podataka korišćenjem postojećih zaštitnih mehanizama.

Elektronski sertifikat je elektronski dokument koji izdaje Sertifikaciono telo. To je elektronska potvrda kojom se potvrđuje veza između podataka za proveru elektronskog potpisa i identiteta potpisnika. Elektronski sertifikat može da se shvati kao digitalni identifikacioni dokument jer sadrži podatke o korisniku sertifikata kao i podatke o njegovom izdavaocu i vremenu važenja istog.

Takvim načinom preuzimanja podataka sprovodi se i ažurna evidencija o licima koji su preuzeli podatke, kao i o institucijama koje su zainteresovane za ove podatke.

Sam postupak preuzimanja podataka je veoma jednostavan. Logovanjem na portal eUprave pomoću digitalnog sertifikata, na ekranu se prikazuju podaci o vlasniku digitalnog sertifikata i pojavljuje se polje gde je potrebno uneti razlog preuzimanja podataka (Slika 3.)

Nakon unosa razloga preuzimanja podataka, u obliku slobodnog teksta, korisnik stiče pravo pristupa.

Slika 3. Uspešno logovan korisnik na portal eUprave

Potom se otvara strana koja sadrži popis svih registra u odgovarajućim formatima kao tekst kojim se ALIMS pravno ogradiła od daljnjeg manipulisanja ili izmene podataka od strane lica koje je preuzelo podatke.

Klikom na odgovarajući registar (dugme na strani) podaci su odmah dostupni. Svi podaci se nalaze u formi u kojoj se mogu dalje koristiti (Slika 4). Podaci su dati u dva formata: **.xls** i **.csv** format, što omogućava jednostavno preuzimanje i dalju upotrebu podataka. Ovaj segment je ostvaren povezivanjem portala eUprave sa zvaničnim veb sajtom ALIMS-a pozadinski, na način da se posle predstavljanja korisnika, podaci na portalu eUprave u stvari preuzimaju iz podfoldera veb servera na strani ALIMS-a.

Na taj način ALIMS omogućava ostvarenje više koristi za skoro sve segmente društva:

- nove poslovne i ekonomske mogućnosti - uključivanje podataka u privredne sisteme na svim nivoima;
- nova inovativna rešenja – kombinovanje podataka sa više izvora koji potom stvaraju nove vrednosti;

Slika 4. Registar medicinskih sredstava

4.1. UMREŽAVANJE I PRAKTIČNI ASPEKTI

U okviru svojih nadležnosti ALIMS prati **promet i potrošnju** lekova i medicinskih sredstava u Republici Srbiji. Prema članu 137. Zakona o lekovima i medicinskim sredstvima Srbije, ALIMS je ovlašćena za prikupljanje i obradu podataka o prometu i potrošnji lekova i medicinskih sredstava. Svi nosioci dozvola za stavljanje leka u promet i predstavnici proizvođača sa sedištem u Republici Srbiji su u obavezi da dostave informacije koje se tiču prometa lekova i medicinskih sredstava. Veoma bitan deo kod ovih izveštaja je podatak o režimu izdavanja leka, kao i podatak o lekovima koji se finansiraju iz sredstava obaveznog zdravstvenog osiguranja. Postoji više Lista lekova koje su urađene prema Pravilniku o listi lekova koji se propisuju i izdaju na teret sredstava obaveznog zdravstvenog osiguranja (Lista A, A1, B, C, D) i koje su u nadležnosti Republičkog zavoda za zdravstveno osiguranje (RFZO).

Razmenom podataka o lekovima i medicinskim sredstvima sa podacima iz delokruga rada RFZO-a dobijaju se sveobuhvatniji podaci sveukupno pomoću kojih se mogu izraditi napredni statistički izveštaji.

Umrežavanje institucija u segmentu podataka o lekovima i medicinskim sredstvima utiče na efikasnije poslovanje kako ALIMS-a, tako i zdravstvenih institucija, pacijenata ali i farmaceutske industrije, što dovodi i do značajnog smanjenja ukupnih troškova.

Jedan od narednih projekata ALIMS-a je upravo i umrežavanje sa farmaceutskom industrijom. ALIMS će omogućiti farmaceutskoj industriji da sve zahteve koji se podnose, u okviru osnovne delatnosti ALIMS-a, podnesu i elektronskim putem, korišćenjem odgovarajuće elektronske usluge koja će takođe biti postavljena na portal eUprave u toku tekuće 2016. godine. Projekat pod nazivom „**ePodnošenje zahteva klijenata**“ započeo je sredinom prošle godine, sa planom da se okonča do sredine 2016. godine. Projekat obuhvata razvoj oko **60** eUsluga ALIMS-a i omogućava da farmaceutska industrija bez fizičkog dolaska na lokaciju Agencije podnese zahtev za odgovarajuću elektronsku uslugu ALIMS-a. Pristup je omogućen korišćenjem digitalnog sertifikata, što obezbeđuje i dovodi do edukacije farmaceutske industrije kada je u pitanju razvoj i primena informacionih tehnologija i daje dodatnu podršku razvoju istih u Republici Srbiji.

5. ZAKLJUČAK

Značaj otvorenih podataka ogleda se u većoj transparentnosti, efikasnosti, boljem pružanju javnih usluga, a samim tim i rastu ekonomskih i socijalnih vrednosti.

ALIMS prepoznaje značaj otvorenosti podataka, čiji je glavni cilj povećati transparentnost i odgovornost čineći informacije lako dostupnim kako državnim organima tako i svim pravnim licima, a u narednoj fazi i građanima. Postavljanje baza otvorenih podataka državnih institucija na Nacionalnom portalu eUprave, zvanično je počelo aktiviranjem upravo usluge „Preuzimanje registra lekova i medicinskih sredstava“. U narednom periodu se očekuje izrada novih Android aplikacija koje bi iskoristile informacije koje su predstavljene od strane državnih institucija. Open Data Hakaton 2015. je upravo to i pokazao, jer je tim mladih programera na osnovu naših podataka izradio aplikaciju Moj Apotekar, dok se i sa strane ALIMS-a u saradnji sa programerima očekuje i izrada naše, nove Android aplikacije Registar lekova. Od ranije u ovom segmentu postoji još nekoliko Android aplikacija.

Uloga države i organa državne uprave je da olakša poslovanje i obezbedi brži razvoj privrede, što donosi otvorenost podataka koje pružaju upravo institucije državne uprave. Baze otvorenih podataka različitih državnih institucija je potrebno da budu objedinjene na jednoj lokaciji, na primer portalu eUprave. To znači da će

privredni subjekti, moći da koriste otvorene podatke za obradu i razvoj novih usluga. Na taj način dolazi se do ozbiljnih ušteda vremena i novca, kao i do poboljšanja poslovanja.

Prema procenama Svetske banke otvaranje podataka na nivou Evropske unije bi povećalo poslovnu aktivnost i do 40 milijardi evra godišnje, a procena je da 80% ukupne koristi dobijaju direktno građani, poslovni sektor i investitori [6].

Ovakvi podaci, koje je ALIMS učinila otvorenim dodatno pojačani kroz servise kao što su pretraživanje registrovanih lekova i medicinskih sredstava i izdatih sertifikata, koji postoje od ranije, pomažu i praćenje i reagovanje neželjene reakcije na lekove i medicinska sredstva i identifikovanje lažnih medicinskih proizvoda, a značajno olakšavaju rad privrednim subjektima u ovoj oblasti i sve to kako bi se postiglo bolje zdravlje građana Republike Srbije.

Razvojem e-Poslovanja u regulativi lekova, kao podsistema e-Uprave Republike Srbije, obezbeđuje se jedinstveno okruženje za komunikaciju, bolja informisanost o lekovima, edukacija preko Interneta za zdravstvene radnike, kao i efikasnije poslovanje u zdravstvu i farmaciji i ostvarivanje koncepta e-Uprave u segmentu regulative lekova.

LITERATURA

- [1] Smernice za izradu veb prezentacija organa državne uprave, verzija 4.0, 2012.god.
- [2] Tatjana Stojadinović, Pretraživanje registrovanih lekova, kao jedna od e-usluga u e-upravi, INFOFEST 2010, Budva, Crna Gora, 2010.god.
- [3] Danka Tesic, Tatjana Stojadinovic, Jelena Anđelković, Primena elektronskog poslovanja kod praćenja prometa i potrošnje lekova za humanu upotrebu u Republici Srbiji, Časopis „Racionalna terapija“ Vol. 3, No. 2, 2011.god.
- [4] Godišnja izdanja publikacije “Promet i potrošnja lekova za upotrebu u humanoj medicini“, izdanja od 2004. do 2014.
- [5] www.alims.gov.rs.
- [6] www.euprava.gov.rs.

MODEL INTERNET MARKETINGA U POSLOVANJU IZDAVAČKIH KUĆA

DIGITAL MARKETING MODEL FOR PUBLISHING HOUSES

Milan Prtenjak

Izdavačka kuća „Klett“, Beograd

Sadržaj – U poslednje tri decenije, knjiga i izdavaštvo pretrpeli su velike promene koje se često porede sa promenama koje je uslovio pronalazak štamparske prese sredinom XV veka. Uzroci promena su brojni, a kao glavni uzrok može se navesti digitalizacija koja je unela novine u svim procesima poslovanja izdavačkih kuća.

Izdavačke kuće koje posluju u Srbiji suočene su sa velikim izazovima jer rade na malom i dinamičnom tržištu, a knjiga, koja je istovremeno i roba i kulturno dobro, ne uživa status u društvu kao ranije. Ona dobija sve manju pažnju medija, a budžet za marketing je ograničen, tako da izdavači moraju da traže način da ostanu profitabilni. Internet marketing, ako se implementira u poslovanje izdavačke kuće na odgovarajući način, može da bude efikasniji i znatno isplativiji nego tradicionalni marketing. U okviru ovog rada predstavljen je model internet marketinga koji može da se primeni za realizaciju poslovnih i marketinških ciljeva izdavačke kuće. Dati model biće razmotren kroz politiku proizvoda, elektronskog upravljanja odnosom sa klijentima (eCRM) i komunikacionu politiku.

Abstract – In the last three decades, books and publishing have undergone great changes that are often compared to the changes caused by the invention of the printing press in the mid-15th century. The causes of these changes are numerous, however the main cause can be stated as being digitization, which has brought novelties in all business processes of publishing houses.

Publishing houses that operate in Serbia are faced with great challenges as they work in a small and dynamic market, and books, as both commodity and cultural asset, don't have the same status in the society as once did. Books receive less and less media attention and marketing budget is limited, so publishers need to find ways to remain profitable. If digital marketing is implemented appropriately in the business of publishing houses, it can be more efficient and much more cost effective than traditional marketing.

The paper shows a digital marketing model that can be applied for the realisation of business and marketing objectives of publishing houses. The model will be reviewed through a product policy, electronic customer relationship management (eCRM) and communication policy.

1. UVOD

Izdavaštvo je privredna i kulturna delatnost čijim se početkom smatra pronalazak štamparske prese, sredinom XV veka. Kao početak izdavaštva u Srbiji može se uzeti osnivanje prve štamparije u obnovljenoj Srbiji, Knjižarsko-srpske knjigopечатnje koja je otvorena u Beogradu 1831. godine [1]. Poslednje tri decenije, knjiga i

izdavaštvo prolaze kroz velike promene koje su stvorile nove uslove poslovanja koje karakterišu dinamično i promenljivo okruženje. Iako su izdavači suočeni sa mnogim problemima, neizvesnostima i izazovima, može se reći da je ovo zanimljiv period za knjigu jer se radi o periodu inovacija, eksperimenata i promena [2]. Iako je digitalizacija globalni fenomen koji je ključan za sveobuhvatne promene u izdavačkoj branši, izdavaštvo knjiga je delatnost koja u velikoj meri zavisi od konteksta koji se ogleda u lokalnim i regionalnim varijantama kulturnog identiteta, političkih i pravnih okvira, jezika, ekonomske i socijalne strukture [3].

U poređenju sa situacijom do 1991. godine, današnji izdavači u Srbiji posluju na dosta manjem tržištu, pri čemu im konkurencija nisu samo ostale izdavačke kuće i knjižare koje prodaju knjige stranih izdavača, već i proizvođači drugačijih vrsta sadržaja: video-igara, filmova, softvera, video-tutorijala itd. Umesto nekadašnjih državnih giganata poput Nolita, Prosvete, Rada, BIGZ-a, današnjim tržištem dominiraju izdavačka preduzeća koja su osnovana u poslednjoj deceniji XX veka i u prvoj deceniji XXI veka.

2. MARKETING U IZDAVAŠTVU

Bez obzira na to da li izdavačka kuća posluje komercijalno ili je u sastavu fakulteta, biblioteka ili kulturnih centara, cilj svake od njih je da bude profitabilna ili da barem pokrije troškove dok ne dobije sredstva od matične institucije [4]. Iako se knjiga posmatra i kao roba i kao kulturno dobro, u izdavaštvu se primećuje značajno pomeranje težišta s proizvodnje na marketing i prodaju [5]. Dok je ranije urednik birao rukopise za objavljivanje prema profilisanosti izdavačke kuće i svojim ličnim kriterijumima, on danas mora da prati tržište, konkurenciju, ukus čitalaca, pa čak i podatke o prodaji objavljenih naslova [6]. Istraživanja koja se odnose na istoriju knjige pokazuju da problem sa marketingom postoji od samog pronalaska štampe i još su prvi štampari shvatili da prodaja knjiga zahteva isto onoliko inventivnosti koliko i štampanje knjiga [3].

Tradicionalni marketing u izdavaštvu odnosi se prvenstveno na oglašavanje novih naslova [4] [5], koje se obično sprovodi u posebnom odeljenju izdavačke kuće. Prema Vulfu D. fon Lucijusu, postoje četiri glavna cilja oglašavanja [5]:

- prezentacija novih proizvoda (noviteta),
- stvaranje novih tržišta (sticanje novih kupaca),
- proširenje plasmana (na datom tržištu, dakle eliminisanje konkurencije),

- siguran uspeh (za proizvode koji se prodaju duže vreme).

U tradicionalnom marketingu potrebno je pravljenje plana oglašavanja u okviru predviđenog budžeta [5]. Ukupan budžet se raspoređuje na pojedinačne naslove, pri čemu se naslovi klasifikuju u grupe prema očekivanjima koje će ostvariti na tržištu. Za to može da se koristi A/B/C analiza, pomoću koje se naslovi dele u tri kategorije [5]:

A: vrlo važan / visok potencijal (= visoki troškovi oglašavanja mogući i neophodni)
B: prosečan naslov (= prosečan budžet oglašavanja)
C: marginalni naslovi s niskim potencijalom (= samo osnovno oglašavanje)

Zbog ograničenja budžeta, obično će se oglašavati oni naslovi koji imaju visok potencijal i za koje se pretpostavlja da će biti bestseleri. Iako bi budžet bio dovoljno veliki, ni tada ne bi mogli da se oglašavaju svi naslovi kako ne bi došlo do međusobne kanibalizacije. I pored detaljnog planiranja, uvek postoji neizvesnost u uspeh određenih naslova. Nije redak slučaj da propadnu oni naslovi za koje se verovalo da će ostvariti siguran uspeh, dok se takođe često događalo da iznenade ona dela od kojih se nije mnogo očekivalo, pa svojim uspehom utiču na sudbinu izdavačke kuće u nekom dužem periodu [5].

Danas marketing ima mnogo širu ulogu koja se ne ograničava samo na oglašavanja, već se koristi i procesima koji se odnose na nastanak knjige [4]. Internet je otvorio mnoge marketinške mogućnosti za izdavačke kuće po znatno nižim troškovima nego što to nudi tradicionalni marketing [4]. Dobra marketinška strategija koja je u skladu s ciljevima poslovanja izdavačke kuće omogućava izgradnju kredibiliteta, deljenje informacija i komunikaciju sa korisnicima.

3. OPIS MODELA INTERNET MARKETINGA

Internet marketing se može definisati kao „postizanje marketinških ciljeva primenom digitalnih tehnologija“ [7]. To znači da aktivnosti u okviru internet marketinga treba da proizilaze iz poslovnih i marketinških ciljeva izdavačkog preduzeća, uzimajući u obzir različite ciljne grupe i njihovo korišćenje medija [8]. Internet marketing može da se primenjuje u svim izdavačkim kućama, bez obzira na njihovu veličinu, profilisanost ili izdavački program.

Iako su u marketingu razvijeni određeni modeli koji se mogu primeniti za različite delatnosti (SWOT, AIDA, 7PS, DRIP, BCG Matrix itd.), u nastavku se opisuje model internet marketinga koji se može koristiti u poslovanju izdavačkih kuća. Dati model se bazira na tri elementa:

1.	Politika proizvoda
2.	eCRM
3.	Komunikaciona politika

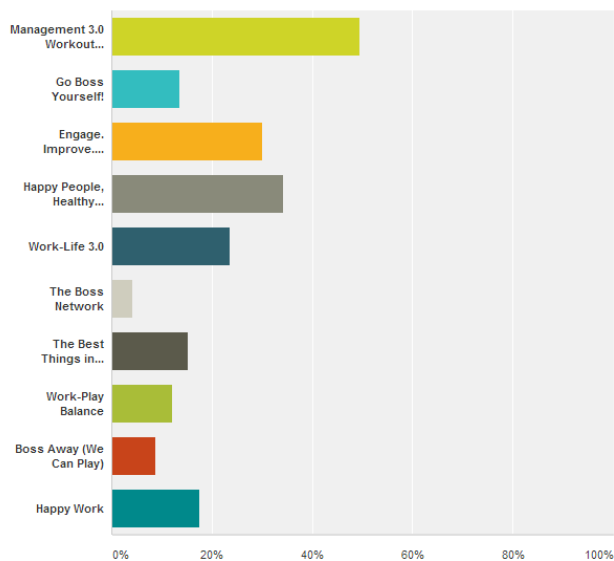
Politika proizvoda. U izdavaštvu, kao i u drugim privrednim granama, politika proizvoda se razmatra kao problem vezan za tržište. Da bi se realizovali poslovni i ekonomski ciljevi preduzeća, potrebno je da se prepoznaju i zadovolje želje i potrebe klijenata. Stvaranje knjige u okviru izdavačke kuće ranije je posmatrano kao čisto tehnička stvar koja je prepuštena uredničkom rukovođenju.

Prema podacima Narodne biblioteke Srbije, u periodu od 2004. do 2013. godine u Srbiji je objavljeno 196.001 knjiga [9]. To znači da se korisnici susreću sa velikim brojem naslova na tržištu, pri čemu se kupuju oni naslovi koju nude najveću percipiranu vrednost [10]. Zbog toga, kroz politiku proizvoda treba istaći prepoznatljivost proizvoda među ciljnom grupom.

Kod politike proizvoda treba razlikovati dva segmenta:

1. kreiranje proizvoda
2. dodatna vrednost proizvoda.

Kreiranje proizvoda u okviru politike proizvoda podrazumeva uključivanje korisnika u određene procese nastanka knjige. Nastanak knjige u okviru izdavačke kuće obuhvata uredničku obradu teksta, a nakon toga dizajn i prelom (s eventualnim dodavanjem ilustrativnog materijala – fotografija, ilustracija, grafikona i slično). Korisnici se preko sajta ili društvenih mreža mogu pozvati da učestvuju u donošenju odluka prilikom nastanka knjige. Mogu se pozvati da izaberu naslov knjige ili tip ilustracija koji će se koristiti u knjizi. Tako je, na primer, pisac Jurgen Apelo na mailing listu poslao zahtev za pomoć oko naslova knjige koju je planirao da objavi. Tako je dobio rezultate kao što su prikazani na sledećem grafikonu [11]:



Slika 1. Rezultati izbora naslova za knjigu pisca Jurgena Apela [11]

Kroz kreiranje proizvoda čitaoci se upoznaju sa knjigom pre nego što ona bude objavljena, a kada se pojavi u prodaji, biće im prepoznatljiva. Kroz internet marketing

korisnici treba da se upoznaju sa sadržajima koji se kreiraju, ali im i pružiti mogućnost da utiču na određene segmente proizvoda. Kao primer se može navesti i blogerka i pisac Pamela Slim koja je posle dve godine vođenja bloga odlučila da napiše knjigu *Escape from Cubicle Nation*. Ona je imala 150 čitalaca bloga s kojima je komunicirala kada je nailazila na određene probleme tokom pisanja [12].

Dodatna vrednost proizvoda tradicionalno podrazumeva da izdavač od sirovog rukopisa koji dobije od pisca dodaje vrednost koja prodaje finalnu knjigu po višoj ceni nego što su ukupni troškovi za nastanak knjige [4]. Kod samostalnog izdavaštva (*self-publishing*) ne postoji ta dodatna vrednost, već se prodaje onakav tekst koji je pisac napisao, bez dodatnih intervencija. Upravo je to prednost knjiga koje izdaje izdavač u odnosu na samostalno objavljene knjige. Internet omogućava izdavačima mogućnosti za stvaranje dodatne vrednosti za već objavljene knjige. Dok izdavači beletristike na svojim sajtovima mogu da postavljaju audio i video-snimke koji su u vezi sa knjigom ili piscem, naročitu prednost u ovom segmentu imaju izdavači udžbenika ili stručne literature koji mogu da omoguće dodatne elektronske materijale za vežbanje, audio-snimke, video-materijale i slično. Današnja uobičajena praksa za izdavače udžbenika stranih jezika podrazumeva da se posebna pažnja pokloni dodatnim materijalima u vidu aplikacija, elektronskih rečnika, video-materijala i slično.

eCRM

Primena tehnologije koje podržava upravljanje odnosom sa klijentima (CRM) predstavlja ključni element online poslovanja [7], a zadatak elektronskog upravljanja odnosima sa klijentima (eCRM) jeste uspostavljanje i održavanje dugoročnih odnosa sa klijentima. Danas se CRM ne može odvojiti od eCRM-a [7].

Dok je tradicionalni marketing predstavljao masovni marketing, internet je omogućio korisničko orijentisani marketing koji pomaže uspostavljanju dugoročnih odnosa sa kupcima. Takođe, praćenjem ranijeg i aktuelnog ponašanja korisnika omogućava se bolje planiranje i realizacija budućih marketinških aktivnosti.

Pepers i Rodžers (1999) ponudili su IDIC pristup kao okvir za upotrebu veba za uspostavljanje *one-to-one* odnosa sa klijentima [7]:

1. **Identifikacija korisnika** – potreba za identifikacijom svakog korisnika prema posetama veb-sajtu. Kao identifikacija se mogu koristiti *cookies* ili se traži od korisnika da se uloguju na sajt.
2. **Diferencijacija korisnika** – kreiranje profila zbog segmentacije korisnika.
3. **Interakcija sa korisnicima** – interakcija se obavlja na sajtu, kao odgovaranje u okviru korisničkog servisa ili kreiranje odgovarajućeg proizvoda.
4. **Prilagodavanje** – odnosi se na personalizaciju ili masovno prilagodavanje sadržaja ili e-mailova prema

segmentaciji koja je ostvarena u periodu prikupljanja podataka.

eCRM se efikasno može primeniti i kod izdavača beletristike, ali i kod onih izdavača koji objavljuju udžbenike i stručne knjige. Segmentacija kod čitalaca beletristike može se vršiti prema edicijama ili žanrovima. Nastavnici ili profesori koji su ciljna grupa izdavača udžbenika mogu da budu segmentisani prema nastavnom predmetu koji predaju. S obzirom na to da se udžbenici kupuju u ciklusima i da je ovde važan dugoročni odnos sa klijentima, eCRM može da ima ključnu ulogu.

Komunikaciona politika. Komunikaciona politika obuhvata sve aspekte kreiranja, pripremanja i prenošenja odnosno razmene informacija između pošiljaoca i primaoca [13]. U tradicionalnom marketingu, komunikacija može da bude lična (na književnim promocijama, sajmovima i slično) ili bezlična, pri čemu postoji prostorno i vremensko razdvajanje između pošiljaoca i primaoca (katalozi, reklame, direktna pošta i slično). Kao glavna osobina online komunikacije može se navesti mogućnost direktne interakcije između primaoca i pošiljaoca. U poređenju sa tradicionalnim načinima komunikacione politike, online komunikacija je znatno brža, ima veću dostupnost i znatno je isplativija jer ne postoje troškovi štampe (kao što je to slučaj kod kataloga, brošura i slično).

U skladu sa ponašanjem korisnika, trendova u upotrebi digitalnih tehnologija i ciljevima komunikacione politike mogu se koristiti sledeći instrumenti:

- veb-sajt
- blog
- marketing na veb-pretraživačima (SEM)
- e-mail marketing
- marketing na društvenim mrežama
- online PR
- mobilni marketing.

Prilikom primene ovih instrumenata komunikacione politike potrebno je sprovesti analizu, planiranje, sprovođenje i kontrolu.

Veb-sajt je najvažniji marketinški alat u poslovanju izdavačke kuće [8]. On predstavlja jezgro čitave online komunikacije jednog preduzeća [14]. Izgradnja sajta nije proces sa definisanim završetkom, već je to dugoročni proces koji nikada ne treba da se završi. Veb-sajt jedne izdavačke kuće predstavlja čvorište koji povezuje offline i online komunikaciju jer instrumenti tradicionalnog marketinga (katalozi, brošure i slično) treba da upućuju korisnike na veb-sajt izdavača. Veb-sajt može da ima informativnu ulogu, da obaveštava posetioce o izdavačkoj kući, objavljenim knjigama, kao i onima koje su u planu, ali može da ima i potpunu funkcionalnost online prodavnice sa sistemom za plaćanje. Bez obzira na funkcionalnosti veb-sajta, treba obratiti posebnu pažnju na arhitekturu sajta, primenjivati *usability* principa i korisnički orijentisani dizajn. Ipak, dizajn sajta treba da bude u skladu sa profilisanošću izdavačke kuće i vizuelnim identitetom koji ona neguje. Kod izdavačke

kuće koja se bavi objavljivanjem naslova za akademsku ciljnu grupu očekuje se znatno drugačiji dizajn veb-sajta nego kod izdavača knjiga za decu.

Veb-sajt treba da sadrži neophodne informacije koje se odnose na izdavačku kuću, knjige koje su objavljene i koje su u planu, kao i podatke o piscima koji saraduju sa izdavačkom kućom. Takođe, na sajtu treba da se nalaze vesti o planiranim događajima izdavačke kuće ili o piscima koji saraduju sa izdavačkom kućom. Posebnu pažnju treba posvetiti opisima knjiga koje izdavačka kuća nudi. Svaka knjiga treba da ima svoju stranu do koje može da se dođe preko linkova sa početne strane ili pretragom. Naslove treba grupisati po oblastima ili edicijama, u zavisnosti o izdavačkog plana. Tako izdavač beletristike može da klasifikuje knjige prema žanru (trileri, ljubavni romani, istorijski romani, klasična književnost, fantastika i slično), a izdavač udžbenika knjige može da klasifikuje prema nastavnim predmetima. Na veb-strani na kojoj se nalazi detaljan opis knjige treba da budu jasno istaknuti naslov, pisac, godina izdanja, obim, format, opis knjige, odlomak, kao i spisak ostalih knjiga od istog pisca. Na istoj strani čitaocima se može ponuditi mogućnost da ostavljaju komentare o knjizi. Strane u okviru veb-sajta na kojima se predstavljaju pojedinačne knjige mogu da se iskoriste za kreiranje dodatne vrednosti knjige. Kod beletristike su to intervjui sa piscem, fotografije, video-materijali, dok kod stručnih knjiga i udžbenika mogu da se ponude dodatni materijali za proširivanje i utvrđivanje znanja (video-materijali, online vežbanja, softver, radni fajlovi za preuzimanje itd.). Spisak pisaca koji objavljuju za izdavačku kuću mogu da se nalaze na posebnoj strani, odakle će svaki pisac da ima svoju stranu sa biografijom i spiskom objavljenih knjiga za izdavačku kuću. Velika inostrana izdavačka preduzeća, poput nemačkog Zurkampa, kreiraju pojedinačne strane o određenim piscima tako da imaju jedinstven dizajn koji ih razlikuje od ostalih strana i na njima se postavljaju novosti o tim piscima.

Blog označava online dnevnik koji je javno dostupan i u koji se redovno unose tekstovi u određenoj temi, pri čemu se oni objavljuju u obrnutom hronološkom redosledu [13]. Ako se krene od činjenice da su posetioci sajta i čitaoci, onda blog može da bude efikasan način za komunikaciju za posetiocima. Blog može da vodi neko iz izdavačke kuće ili da se angažuju pisci koji objavljuju za izdavačku kuću. U slučaju da pisci vode samo svoj blog, onda se u dogovoru sa njima mogu preuzimati objave koji će biti zanimljivi i za izdavača. Tema i format bloga zavisi od profila izdavačke kuće i od ciljne grupe. Blog može da se koristi i za pojedine knjige kao sredstvo promocije. Tako, na primer, za roman *Frau und Gitarre* austrijskog pisca Klemensa J. Zeca izdavačka kuća Zurkamp pokrenula je blog na adresi www.frau-und-gitarre.de [16]. U periodu od 14. 09. 2015. do 25. 12. 2005. na blogu su sukcesivno objavljivani tekstovi preko 40 autora koji su pisali o ovoj knjizi.

Marketing na veb-pretraživačima (SEM) predstavlja niz mera koje imaju cilj da određenu veb-stranu pozicioniraju na što bolje mesto u rezultatima pretrage na veb-pretraživačima [15]. Kao cilj toga očekuje se veća

poseta date strane. Kao sastavni deo SEM-a mogu se razlikovati optimizacija veb-pretraživača (SEO) i oglašavanje na veb-pretraživačima. SEO obuhvata sve mere koje utiču na rezultate pretrage, a za optimizaciju veb-strane postoje spoljni i unutrašnji faktori. Među najvažnijim spoljnim faktorima može se navesti popularnost linkova, tj. broj i kvalitet hiperveza prema drugim veb-stranama. Među unutrašnjim faktorima mogu se ubrojati struktura i sadržaj strane, pri čemu se optimizacijom vrše izmene prema parametrima algoritma kako bi se veb-pretraživačima signalizirala važnost veb-strane. Rezultati dobijeni pretragom nazivaju se organski rezultati. Oglašavanje na veb-pretraživačima obuhvata plaćanje rezultata koji će se pojaviti za određene ključne reči. Osobe koje su zadužene za marketing u ovom segmentu treba da se fokusiraju na ključne reči koje će se koristiti za SEM. Tako će, na primer, roman biti bolje rangiran na veb-pretraživaču ako se opiše kao „velika romana u tradiciji romana *Prohujalo sa vihorom*“ nego kao „nova romana smeštena u Džordžiju XIX veka“ [8].

E-mail marketing podrazumeva sistematsko slanje informacija elektronskom poštom koje su u skladu s marketinškim ciljevima [14]. Iako se mislilo da će e-mail marketing izgubiti na popularnosti zbog društvenih mreža i velikog procenta neželjene pošte (*spam*), on je još uvek važan za poslovanje [15]. Osim što predstavlja način komunikacije sa klijentima, kao i za zadržavanja kupaca, e-mail je efikasan način direktnog marketinga i bolji je prodajni kanal od društvenih mreža. Ne koriste svi društvene mreže, a i oni koji imaju profile na društvenim mrežama nisu uvek aktivni. Osnovni preduslov za efikasan e-mail marketing je lista primalaca. E-mail adrese mogu da se prikupljaju preko sajta, ali za to mogu da se koriste i tradicionalne promocije ili sajmovi knjiga, gde se posetioci mogu zamoliti da ostave svoje podatke. Posebnu vrstu marketinga predstavlja newsletter koji se šalje određenom dinamikom (najčešće jednom nedeljno ili jednom mesečno). Ukoliko postoji raznovrsnost u izdavačkom programu, onda primaoci mogu da se razvrstaju prema žanrovima ili književnim oblastima. E-mail marketing nudi uvid u uspešnost kampanje, pri čemu se može analizirati procenat isporučenih e-mailova (*delivery rate*), procenat otvorenih mailova (*open rate*) i procenat klikova na link (*clickthrough rate*).

Društvene mreže su doživele veliku popularnost među svim starosnim grupama, tako da je njihova primena neizostavna u internet marketingu. Iako postoje brojni radovi koji se bave teorijom društvenih mreža, još uvek ne postoji jedinstveno razgraničenje i definicija pojma [13]. Sasvim je jasno da prvi put svi društveni slojevi imaju ekstremno snažne instrumente, koji utiču na javnost, za ocenjivanje uspeha i neposredno ostvarivanje kontakta, pa samim tim i dijaloga [14]. Kao instrument komunikacije, društvene mreže omogućavaju da primalac poruke postane kreator sadržaja. Bez obzira na to o kojoj se konkretnoj društvenoj mreži radi, sve one imaju sledeće zajedničke odlike [13]:

- aktuelnost
- viralnost

- multimedijalnost
- geografsku i vremensku dostupnost
- interaktivnost
- odnos cene i kvaliteta.

Facebook predstavlja najveću šansu za izdavače jer je najčešće korišćeni marketinški alat [8]. Njegova prednost je u velikom broju korisnika, među kojima se može izdvojiti ciljna grupa zainteresovana za aktivnosti izdavačkih kuća. Dok je nekada aktivnost započinjala otvaranjem profila (*Facebook profile*), tokom vremena je omogućeno i pravljenje strana (*Facebook page*), što je svakako preporučljivo za izdavačku kuću. Tada korisnici neće morati da šalju zahtev za prijateljstvo i ne postoji ograničenje od 5.000 prijatelja. Osim toga, Facebook strana nudi analitiku koja prati uspešnost objava. Na vremenskoj liniji može se postavljati materijal za koji se pretpostavlja da će biti zanimljiv korisnicima (tekst, slike, linkovi, video-materijali). Pritom je važno da se definiše strategija, dinamika postavljanja i neophodno je odgovarati na komentare korisnika. Prema zvaničnim podacima, u Srbiji postoji 380.000 korisnika Twittera [17]. Zbog toga je važno da se Twitter takođe koristi u okviru marketinške strategije. On takođe nudi vremensku liniju na koju se mogu postavljati različite vrste sadržaja, a naročito je pogodan za deljenje linkova koji vode ka drugim relevantnim sadržajima. Za izdavače se može preporučiti da na vremensku liniju postavljaju vesti, mišljenja, zanimljive priče, linkove ka zanimljivim sadržajima, dnevne savete, linkove ka sajtu ili blogu, kao i linkove ka konkurenciji [8]. Popularnost sajta YouTube i niski troškovi snimanja video-snimaka omogućavaju izdavačima da u okviru svoje komunikacione politike koriste video-materijale. Na sajtu YouTube može se otvoriti kanal sa relevantnim snimcima koji su prvenstveno u vezi sa knjigama i piscima.

Prema definiciji britanskog Instituta za odnose sa javnošću (IPR), odnosi sa javnošću (PR) definišu se kao „upravljanje reputacijom – planiran i neprestan napor da se stekne i održi ugled i uzajamno razumevanje između organizacije i ciljne grupe“ [7]. To znači da se u središtu PR-a nalazi izgrađivanje pozitivnih odnosa između organizacije i njenog okruženja. PR u izdavaštvu obuhvata kreiranje besplatnog publiciteta i poboljšavanje brenda pomoću pisaca i medija [4]. Tradicionalnim PR instrumentima u izdavaštvu mogu se smatrati konferencije za štampu, promocije knjiga, sajmovi, intervjui izdavača ili pisaca koji objavljuju za izdavačku kuću, telefonski razgovori sa predstavnicima medija, PR oglasi i slično. **Online PR** ima istu funkciju kao i tradicionalni PR, ali je njegov ključni element maksimizovanje pozitivnih pominjanja organizacije, brendova, proizvoda ili veb-sajtova od treće strane koja je online i koju može da prati ciljna grupa [7]. S obzirom na to da na internetu uticaj mogu da imaju osobe koje su za tradicionalne medije nepoznati i nevažni, za online PR važno je uspostavljanje dugoročnih odnosa sa njima. To mogu da budu poznati blogeri, tviteraši, osobe sa velikim brojem pratilaca na Instagramu, administratori online foruma i drugi. Za online PR aktivnosti mogu da se koriste korporativni sajt, društvene mreže, ali i blogovi preko kojih se mogu prenositi važne informacije. S obzirom na to da

omogućavaju brzu i dvosmernu komunikaciju, društvene mreže mogu da posluže za postavljanje pitanja, komentarisane ili iznošenje pritužbi. Pritom je važno brzo reagovanje, ali je potrebno da se analiziraju razlozi pritužbi korisnika kako bi se unapredio kvalitet proizvoda ili usluge. Poslednjih godina, u domaćim udžbenicima su postojali propusti i greške koji su izazivali pažnju na društvenim mrežama, a samim tim i pažnju novinara [18] [19] [20], što može da donese negativan publicitet izdavaču.

Povećano korišćenje mobilnih uređaja za pristup internetu, poput mobilnih telefona, tablet računara ili pametnih satova, predstavlja preduslov za primenu **mobilnog marketinga**. S obzirom na to da se internetu sve više pristupa na ovaj način [14], izdavačke kuće moraju da obuhvate i mobilni marketing u svoje poslovanje. Mobilni marketing preduzeću nudi sledeće oblasti primene [14]:

- mobilno prenošenje informacija
- mobilno prikupljanje informacija
- mobilnu prodaju i prenošenje virtuelnih proizvoda i usluga
- mobilnu prodaju realnih proizvoda i usluga.

Prodaja knjiga preko mobilnih uređaja najčešće se koristi za elektronske knjige, što je za sada još uvek u početnoj fazi na teritoriji Srbije. Izdavačka kuća Geopoetika jedna je od retkih koja na domaćem tržištu nudi kupovinu elektronskih izdanja preko aplikacije koje je predstavljena na Sajmu knjiga u Beogradu 2015. godine [21]. U okviru komunikacione politike, mobilni marketing može da se primeni za mobilno prenošenje i prikupljanje informacija. Prenosenje informacija obuhvata oglašavanje, kao i upotrebu usluga koje su zasnovane na lokaciji korisnika (engl. *location-based services*). Mobilni kontakti mogu da se iskoriste za dobijanje informacija, kao što su ankete ili nagradne igre.

4. ZAKLJUČAK

U radu je predložen teorijski model internet marketinga koji se može primeniti na poslovanje izdavačkih kuća u Srbiji, nezavisno od njihove veličine, strukture ili izdavačkog programa. U tom pravcu je konsultovana aktuelna literatura iz te oblasti i razmotreni su slučajevi iz prakse. Dalji rad i istraživanje biće usmereni na primenu ovog modela na konkretnom poslovanju jedne izdavačke kuće, tako da model bude u skladu sa njenim poslovnim i marketinškim ciljevima.

LITERATURA

- [1] Starčević, V. „Staro srpsko knjižarstvo“, Službeni glasnik, Beograd, 2011.
- [2] Phillips, A. “Turning The Page (The evolution of the book)“, Routledge, Oxon, 2014
- [3] Eliot, S.; Rose, J. “A Companion to the History of the Book“, Blackwell Publishing Ltd, 2007

- [4] Clark, G.; Phillips, A. "Inside Book Publishing", Routledge, Oxon, 2014
- [5] Vulf D. fon, L. „Ekonomika izdavačke delatnosti“, Clio, Beograd, 2011.
- [6] Woll, T. "Publishing for Profit", Chicago Review Press, Chicago, 2014
- [7] Chaffey, D. "Digital Business and E-Commerce Management", Marketing Insights Limited, 2015
- [8] Baverstock, A. "How to Market Books", Routledge, Oxon, 2015
- [9] https://www.nb.rs/view_file.php?file_id=3733
- [10] Kotler, P.; Armstrong, G. "Principles of Marketing (Global Edition)", Pearson Education Limited, Essex, 2014
- [11] <http://99u.com/articles/7236/building-a-crowd-make-sure-your-book-has-readers-before-you-publish>
- [12] Kreutzer, R. T. „Praxisorientiertes Online-Marketing“, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014
- [13] Olbrich, R.; Schultz, C. D.; Holsing, C. „Electronic Commerce und Online-Marketing“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2015
- [14] www.frau-und-gitarre.de
- [15] Direkcija za elektronsku upravu, Ministarstvo državne uprave i lokalne samouprave, „Smernice za upotrebu društvenih mreža u organima državne uprave, autonomne pokrajine i jedinica lokalne samouprave“
- [16] <http://www.blic.rs/vesti/drustvo/nasa-drzava-uci-decu-da-kosovo-nije-u-srbiji/sf4sccq>
- [17] <http://www.blic.rs/vesti/drustvo/skandal-vredanje-i-omalovazavanje-zena-u-udzbeniku-za-pravni-fakultet/l6wzhyh>
- [18] <http://www.blic.rs/vesti/srbija/zaboravljen-porno-link-u-udzbeniku/rk7v13f>
- [19] <http://lat.rtrs.rs/vijesti/vijest.php?id=172588>

MENADŽMENT FUNKCIJA U ELEKTRONSKOM BANKARSTVU U SRBIJI

MANAGEMENT FUNCTIONS IN ELECTRONIC BANKING IN SERBIA

Ivana Vujanić¹, Jovanka Vukmirović¹, Đorđe Dabetić¹, Jana Cvijić¹
Beogradska poslovna škola Visoka škola strukovnih studija¹

Sadržaj – U ovom radu je analizirano elektronsko bankarstvo u Republici Srbiji sa posebnim osvrtom na platne kartice kao najjeftiniji i najpristupačniji način obavljanja transakcija. Predmet ovog rada jeste, razvoj, primena, prednosti i nedostaci elektronskog bankarstva, kao i njegova uloga u elektronskom poslovanju u Srbiji generalno. Metoda koja je primenjena u radu jeste analitičko-sintetička metoda koja spada u grupu posebnih naučnih metoda, a od tehnika za prikupljanje podataka korišćena je istorijsko-komparativna metoda.

Abstract – This paper presents an overview of electronic banking in the Republic of Serbia. The subject of this paper is electronic banking, development, application, advantages and disadvantages, as well as a place in electronic business with emphasis on debit cards. The goal is to determine the role, the manner of conducting, advantages and disadvantages of the electronic transactions. The method to be used in the work is analytical and synthetic method that belongs to a group of special scientific methods and techniques for data collection was used historical-comparative method.

1. UVOD

Broj korisnika bežičnih i mobilnih uređaja u Srbiji se konstanto uvećava, a s obzirom da se mobilni uređaji koje danas poseduje veliki broj korisnika mogu povezati sa Internetom, stvoreni su uslovi za razvoj mobilne trgovine i obavljanja transakcija u bilo koje vreme sa bilo kog mesta.

Prateći trend razvoja online poslovanja, mnoge kompanije su se okušale u Internet biznisu. Kao u tradicionalnom načinu poslovanja i u ovom polju je potrebno usaglasiti brojne faktore rizika kako bi firme koje posluju u online prostoru opstale. Kraha su doživele mnoge kompanije. Talas neuspeha počeo je još sredinom devedesetih godina a kulminirao početkom novog milenijuma. Tada je većini kompanija postalo jasno da samo prisustvo u online biznisu nije garancija za uspeh. Propali su mnogi projekti iz brojnih razloga, a kao najčešći se navode:

- Pogrešan poslovni model
- Nedostatak strategije i nepredviđenog planiranja
- Nemogućnost da se privuče dovoljan broj klijenata
- Nedostatak investicija
- Konflikta u kanalu
- Velika online konkurencija kod standardnih (robnih) proizvoda (npr. supermarketi), nedovoljna infrastruktura za ispunjavanje naloga i nedostatak kvalifikovanog rukovodstva.

Na sistem elektronskog bankarstva direktno se nadovezuje koncept e-trgovine koji obuhvata kupovinu i prodaju dobara ili usluga putem Interneta, prihode od reklama, elektronsku razmenu dokumenata koji prate robu, novac i usluge, poslovanje putem elektronskih sredstava: EDI, e-mail, ftp, itd. Termin elektronska trgovina može se definisati i kao proces upravljanja *onlajn* finansijskim transakcijama od strane pojedinaca ili kompanija. Ovaj proces uključuje kako maloprodajne, tako i veleprodajne transakcije. Fokus e-trgovine je na sistemima i procedurama pomoću kojih dolazi do razmene različitih finansijskih dokumenata i informacija. Elektronska trgovina se odvija korišćenjem jedne ili više telekomunikacionih tehnologija u cilju ostvarivanja kontakta ili direktne trgovine s partnerima. U užem smislu pod elektronskom trgovinom se podrazumeva kupoprodaja putem Interneta. Ona uključuje ne samo razmenu novca i proizvoda, već i vođenje proizvodnje elektronskim putem, organizovanje logistike i podrške za kupce.

2. ELEKTRONSKO BANKARSKO POSLOVANJE

U uslovima sve većih institucionalnih, organizacionih i funkcionalnih promena u bankarstvu, sve više su izražene potrebe za korišćenjem informacionih sistema u bankama, za informatičkom integracijom bankarskih sistema i za informatičkom integracijom finansijskih tržišta. Institucionalne promene su prisutne u pravcu usklađivanja domicilnog bankarskog sistema sa bankarskim sistemima razvijenih zemalja (zemalja Evropske unije).

Značajno mesto u poslovnoj orijentaciji savremenih banaka pripada konsalting poslovanju i to ne samo zbog prihoda od provizije, već i zbog jačanja poslovnih veza koje proizilaze na osnovu ponude takvih usluga. Naime, konsalting usluga koje se odnose na poslovanje banaka sa privredom kreću se od usluga u vezi preduzetničkog kapitala, strukturiranja kapitala, spajanja, razdvajanja i konsolidacije banaka.

Konsalting usluga koje se odnose na poslovanje banaka sa sektorom stanovništva obuhvataju poslove:

- nove oblike distribucije bankarskih usluga,
- životno i penziono osiguranje,
- lizing,
- faktoring poslove i sl.

Dalji proces transformacije finansijskih struktura ide u pravcu organizovanja finansijskih sistema, koji se sve više organizuju posredstvom poslovnih banaka, trgovačkih kompanija, osiguravajućih kompanija, berzanskih institucija, brokersko-dilerskih kuća i sl. Uslov za

organizovanje finansijskih sistema odnosi se na postojanje razudene mreže klijenata i široke baze podataka o klijentima. U poslednje vreme se pojavljuju finansijski supermarketi, gde klijenti mogu obavljati veći broj finansijskih aktivnosti i to od, otvaranja transakcionih računa, držanja oročenih depozita, primene raznih oblika štednje, korišćenja potrošačkih kredita, korišćenja platnih kartica, korišćenja hipotekarnih kredita, pa do kupovine i prodaje hartija od vrednosti na finansijskom tržištu.

Da bi banka bila u stanju da ponudi segmentirane bankarske procese na finansijskom tržištu, neophodno je da može u kratkom vremenu izvršiti prestrukturiranje bilansnih pozicija i to u skladu sa tržišnim zahtevima. Ovakva poslovna orijentacija banke (inženjering banke) podrazumeva da postoji visok nivo upravljanja sa bilansnom strukturom banke. Postoje slučajevi bankarskog reinženjeringa, koji podrazumevaju ovladavanje i upravljanje sa celokupnom bankarskom aktivnošću i to ne samo putem komunikacija u banci, već putem komunikacije iz kuće (kućno bankarstvo). Početak uspostavljanja globalnog bankarstva i globalnog finansijskog tržišta nastaje sa pojavom bankarskog inženjeringa i reinženjeringa. Automatizacija procesa bankarskog poslovanja je od suštinske važnosti za primenu bankarskog inženjeringa i reinženjeringa.

Elektronski transfer sredstava (*Electronic Funds Transfer - EFT*) direktno utiče na promenu finansijskih instrumenata i na promenu tehnologije bankarskog poslovanja. Elektronskim bankarstvom se sredstva mogu prenositi na velike udaljenosti bez tradicionalne pripreme naloga i prateće dokumentacije. Umesto fizičkog prenosa kreditnih poruka na papirnim nosiocima podataka (između poslovnih banaka), one se prenose transferom elektronskih poruka i računarskom obradom poruka. Na ovaj način se putem elektronskog prenosa sredstava:[10]

- eliminiše klasična tehnologija rada i korišćenja papirne dokumentacije,
- povećava se broj finansijskih transakcija između klijenata banaka,
- značajno se smanjuju troškovi poslovanja platnog prometa.

3. ELEKTRONSKI SISTEMI PLAĆANJA

Završni čin svakog posla predstavljaju finansijske transakcije. Iako plaćanje i naplata nisu samo tehnička pitanja, tehnologija može značajno unaprediti obavljanje finansijskih transakcija, omogućavajući da se ona obave brže, tačnije, pouzdanije i komfornije. U savremenim uslovima poslovanja, kada tradicionalni načini plaćanja sve više gube na značaju, elektronski načini plaćanja u delikatnim internet transakcijama pokazuju se najkritičnijim segmentom svakog posla. Kao najčešće korišćena sredstva za obavljanje finansijskih transakcija u elektronskom poslovanju izdvajaju se:[12]

- Platne kartice
- Pametne kartice (*Smart Card*) i elektronski novčanici (*Electronic Wallet*)

- Elektronski ili digitalni novac (*Electronic Money, Digital Cash*)
- Sistemi mikro plaćanja (*Micropayment*)



Slika 1. Najzastupljeniji platni sistemi na osnovu broja transakcija (izvor: Narodna banka Srbije)

Slika 1. prikazuje najzastupljenije platne sisteme na osnovu transakcija u Republici Srbiji u 2014. Najveći udeo novčanih transakcija (skoro polovinu) obavlja se gotovim novcem. Na drugom mestu najzastupljeniji su čekovi građana. 18% plaćanje vrši se kreditnim karticama, dok se debitnim karticama izvrši oko 10% novčanih transakcija. Elektronska plaćanja zauzimaju skoro pa zanemarljivih 2% novčanih transakcija.

Platna kartica je instrument bezgotovinskog načina plaćanja i instrument za podizanje gotovog novca kod izdavaoca kartice ili preko bankomata. Kreditne kartice podrazumevaju određeni kreditni limit odobren od strane banke koji potrošač može koristiti prilikom kupovine robe ili povlačenja gotovine. Plaćanje kreditnim karticama može se vršiti na svim prodajnim mestima gde su prodavci stupili u ugovorenu obavezu sa bankama da će vlasnicima kartica pružati robu i usluge u okviru odobrenog limita.

Debitna kartica omogućava vlasniku da direktno zaduži svoj račun kod banke. Vlasnik ove kartice posle kupovine nema period slobodnog kredita. To znači da komitent putem daljinskih komunikacionih veza povlači novac sa svog tekućeg računa kod banke, bez potrebe da fizički dođe u banku. Debitne kartice mogu se koristiti u trgovinskim radnjama koje su snabdevene POS terminalima ili bankarskim automatima (ATM).

Smart kartica (*smart card, intelligent card*) su po izgledu veoma slične standardnim kreditnim i debitnim karticama s tim što poseduje integrisano kolo ili čip. Čip je, u suštini, mikroprocesor sa memorijskim kapacitetima u kojima se mogu pohraniti značajne količine informacija. Uz mogućnost memorisanja informacija, čip na pametnoj kartici takođe može obrađivati informacije, što znači da sadrži i određeni softver. Zavisno od vrste ugrađenog čipa, pametne kartice mogu biti memorijske, procesorske ili kombinovane.

4. SISTEMI PLAĆANJA BAZIRANI NA ELEKTRONSKOM NOVČU

Najveće tehnološko dostignuće u razvoju bankarstva je pojava elektronskog novca, a samim tim i elektronskog

bankarstva. Elektronski novac se definiše kao specifična „monetarna informacija“ koja se putem elektronskih impulsa u „realnom vremenu“ prenosi između transaktora koji obavljaju plaćanja.

Elektronski novac omogućava kupovinu roba i usluga pomoću računara u okviru komercijalnih računarskih mreža (*SWIFT-a*). Praktično, elektronski novac u svakodnevnim transakcijama zamenjuje gotovinu i čekove. S druge strane, poslovnim subjektima omogućava da mimo uobičajenih kanala direktno posluju putem računarskih mreža.

Jedna od prednosti elektronskog novca je mogućnost da postane „pametni“ novac. Najčešće elektronski novac služi za transfer sredstava na tački prodaje (EFT/POS) pomoću instaliranih terminala u trgovačkoj i uslužnoj mreži. Drugi oblik korišćenja elektronskog novca moguć je preko bankomata, koji omogućavaju podizanje gotovine, polaganje depozita, prenos na druge račune i plaćanje sa različitih računa. Takođe, sve je veće korišćenje personalnih (*homebanking, mobile banking*) sistema koji omogućavaju raspolaganje finansijskim sredstvima bez odlaska u banku.

Novim instrumentima omogućen je u prvom redu pristup bankovnom računu sa udaljenih lokacija (*remote access*) kao i plaćanje i podizanje gotovine. Unapređenjem sistema elektronskog plaćanja nastaju novi instrumenti i aranžmani plaćanja, kao što su elektronski novčanik (*Electronic Wallet*) ili mrežni elektronski novac koji se distribuira preko zatvorene ili otvorene mreže.

Aranžmani za funkcionisanje prve kategorije elektronskog novca se pojavljuju u dve varijante: u prvoj, plaćanja predstavljaju praktično samo privremenu novčanu transakciju koja se finalno zatvara prenosom sredstava između transakcionih depozita kod bankarskih institucija. U drugoj varijanti je transakcija elektronskim novcem finalna već u trenutku plaćanja. Plaćanja mrežnim elektronskim novcem se vrše između računa putem softvera koji poseduju svi korisnici ovog sistema plaćanja.

Postojeći tipovi ovog novca još uvek nisu zakonska sredstva plaćanja u onom smislu u kome je to gotov novac iza koga stoje centralna banka i država, već samo onaj krug učesnika koji je uključen u određeni aranžman plaćanja usled čega mogu nastajati značajni pravni i monetarni problemi. Poslovna filozofija lokacijskog približavanja usluga korisnicima nametnula je i ubrzani razvoj elektronskog bankarstva i njegovu standardizaciju. Banke su primorane da razvijaju elektronsko bankarstvo kako ne bi izgubile svoju poziciju na savremenom tržištu. Obavljanje kompletnog bankarskog poslovanja sa udaljenih lokacija bez fizičkog prisustva u banci, danas je uobičajena pojava u razvijenim zemljama sveta. Banke koriste različite načine da klijentima omoguće što efikasnije i bezbednije obavljanje tih transakcija kao što su bankarstvo iz kuće (*Home Banking*), direktno bankarstvo (*Direct Banking*), on-line bankarstvo (*On-line Banking*), Internet bankarstvo (*Internet Banking*) i sajber bankarstvo (*Cyber Banking*). Postavlja se pitanje da li su ovi načini

samo sinonimi ili sadrže suštinske razlike. U oblasti elektronskog novca posebno interesantno je pokretanje modela elektronskog novca od strane *Citicorp-a*. 1995. godine, direktor odeljenja za nove tehnologije, *Shlomo Rosen*, razvio je i patentirao ambiciozni poduhvat pod isto tako ambicioznim nazivom „elektronski monetarni sistem“ (*Electronic Monetary System — EMS*). Cilj je bio da se stvori jedan sveobuhvatan platni sistem koji će moći da obavlja transakcije na veliko i na malo, a koji će biti podržan od strane najvećih američkih banaka. Digitalne novčanice sastoje se od izvesnog broja bitova.

Mikro-plaćanja su elektronska plaćanja male vrednosti koje su specijalizovano dizajnirana za elektronsku trgovinu na Internetu, pre svega za kupovinu nematerijalnih dobara. Mikro-plaćanja su jeftinija zamena za sitan novac (keš je skup za manipulaciju) i lakša je za proveru i verifikovanje. Tehnološke uštede se ogledaju u tome što se ne vrši verifikacija svake transakcije i koristi se simetrična enkripcija. Takođe, mikro-plaćanja podrazumevaju unapred unete vrednosti, anonimnost pri plaćanju i smanjenje fiksnih troškova.

Najpoznatiji sistemi su *MiliCent, CyberCoin i NetBill*. Karakteristika *MiliCent-a* je ta da kupac kupuje karticu koja je kao telefonska i da za vreme plaćanja razmenjuje deo novca sa brokerom i vrši plaćanja, dok prodavac sakuplja delove i razmenjuje za novac. Svako se može registrovati kao broker. *MiliCent* je nastao kao projekat razvijen od strane *DEC* korporacije (*Digital Equipment Corporation*) koji nudi anonimnost u plaćanjima. *NetBill* je istraživački projekat koji je započet na Institutu za informacione tehnologije pri *Carnegie Mellon* univerzitetu u saradnji sa organizacijama *Mellon Bank-om* i *Visa-om*, a delom su ga finansirale i Nacionalna fondacija za nauku i Agencija za napredne istraživačke projekte. U ovom sistemu *NetBill* ima ulogu treće strane, koja vrši proveru autentičnosti, upravlja računima, vrši obradu transakcija, fakturisanje i informisanje klijenata i korisnika u mreži. U suštini *CyberCash* sistem se zasniva na računovodstvenom transferu odgovarajućih iznosa. *CyberCash* vrši transfer novca sa potrošačevog privremenog računa na trgovčev privremeni račun koji su, posebno za tu namenu, kreirani u *CyberCash* banci u Virdžiniji. Osim ovih navedenih, postoje i drugi projekti za mikroplaćanja.

Bezgotovinski transfer novca se vrši preko Svetske organizacije za međubankarsku finansijsku komunikaciju (*SWIFT*) koji je osnovan 1973. godine u Belgiji kao neprofitabilno akcionarsko društvo sa zadatkom da zameni transfer sredstava telefonskim ili telegrafskim putem. U početku u ovu instituciju je bilo uključeno 239 banaka iz 15 država. Mreža *SWIFT* ima dva ključna centra u Holandiji i Sjedinjenim Američkim Državama koji komuniciraju putem satelita, sa institucijama koja uključuje nekoliko hiljada finansijskih institucija iz preko 200 država. U državama članica postoje regionalni centri, a veza između članica se uspostavlja preko međunarodnih i nacionalnih mreža. Osnovne karakteristike *SWIFT* sistema su:

- unificiranost jezika komunikacije;

- visoka sigurnost i garantovana tajnost;
- trenutni prenos poruka;
- minimalne mogućnosti nastanka grešaka;
- efikasna kontrola;
- povezanost sa bankama širom sveta;
- mogućnost efikasnog upravljanja sredstvima;
- automatska obrada podataka;
- smanjivanje troškova poslovanja.

5. ELEKTRONSKO BANKARSTVO U SRBIJI

Razvoj elektronskog bankarstva u Srbiji svakako su obeležila i društveno politička dešavanja na ovim prostorima u ne tako davnoj prošlosti, što ima za rezultat skromnije poslovne pokazatelje u odnosu na zemlje u okruženju. U ekonomsko razvijenim zemljama procenat učešća e-bankarstva u platnom prometu je veoma visok (npr. u Francuskoj 70 i 80%), a u Srbiji je znatno niži (oko 1/3). Do skoro je Srbija bila u velikom zaostatku za ovakvim načinom poslovanja, ali se ta slika značajno menja. U „poplavi” banaka, danas u Srbiji, kvalitet e-bankinga predstavlja jedan od odlučujućih faktora za klijente prilikom izbora banke. Prednosti elektronskih servisa u odnosu na klasično bankarsko (šaltersko) poslovanje, generalno bi se mogle posmatrati kroz vremensku i prostornu neograničenosti, brzinu obavljanja transakcija, nižu cenu i široki asortiman bankarskih proizvoda i usluga.

Postojeće osnovne informacione sisteme („core-banking“) banke unapređuju aplikacijama za elektronsko poslovanje sa privredom i stanovništvom. Većina banaka nastoji da se u javnosti pozicionira kao lider u oblasti e-bankarstva. Tendencije idu ka tome da u budućnosti svi subjekti budu elektronski povezani i da banke proširuju asortiman usluga koje pružaju elektronskim putem uz optimalnu dinamiku promena. Opšta konkurencija podstiče pojedine banke da ponude što više pogodnosti za svoje klijente. Asortiman ponuda e-bankarstva drastično se širi u kratkom periodu. Preko kućnog računara ili mobilnih telefona, banke svojim klijentima omogućavaju: uvid u stanje računa, pregled prometa, pregled izvoda promena na računima, prijem i slanje ličnih poruka, plaćanje obaveza platnim nalogima sa tekućim datumima i datumima unapred. Pojavljuju se mogućnosti korišćenja usluga platnog prometa putem bankomata, platnih kartica, POS terminala banaka, Call centra i mobilnih telefona (SMS).

Danas u korporativnom bankarstvu standard predstavlja PKI infrastruktura, tačnije infrastruktura sistema sa javnim ključevima koja se najčešće bazira na asimetričnoj i simetričnoj primeni šifarskih sistema i koja obezbeđuje potpunu zaštitu tajnosti, autentičnost, integritet i omogućava neporečivost transakcija tj. obuhvata osnovne kriptografske funkcije elektronskog poslovanja što je i definisano samim Zakonom o elektronskom potpisu.

Primena ove tehnologije omogućuje potpuno bezbedno funkcionisanje i obavljanje elektronskog poslovanja, čime su stvoreni relevantni preduslovi za dalji razvoj e-servisa. U svemu ovome je veoma bitna i pravna regulativa, odnosno donošenje adekvatnih zakona i uredbi kojima bi se

definisala ova oblast poslovanja i stvorili zakonski okviri daljeg razvoja. Ipak, samo usvajanje i tumačenje Zakona o elektronskom potpisu nema direktne implikacije na rad elektronskog poslovanja, jer po tumačenju sama elektronska banka se nalazi izvan obuhvata ovog Zakona samim tim što su odnosi između klijenata i banke definisani ugovorom. Međutim, sam zakon ima vrlo velike implikacije na donošenje nekih novih zakona i to, pre svega, zakon o elektronskim računima, elektronskoj upravi i elektronskim dokumentima koji bi uredili ovu oblast i postavili pravnu regulativu za dalji razvoj elektronskog bankarstva u Srbiji.

6. ZAKLJUČAK

Postoji opšte mišljenje da kriptografija upotrebom javnog ključa pruža konceptualnu osnovu za rešenje ovog problema i da RSA algoritmi predstavljaju *de facto* tehničke standarde. Ovi algoritmi korišćeni su u standardu za enkripciju pod nazivom *Secure Socket Layers (SSL)*, koji je objavljen marta 1996. godine i implementiran tada u dva najpopularnija *web browsera* — *Microsoft Internet Explorer* i *Netscape Navigator*. Neke banke, recimo *Wells Fargo*, već nude punu enkripciju (1024-bitni ključ) za transakcije Internet bankarstva.

Postignut je i sporazum o standardima za transakcije kreditnim karticama preko Interneta. Definisan je *SET* protokol, a na Internetu su objavljene njegove specifikacije, koje obuhvataju poslovni i tehnički aspekt. *SET* standard aktivno promovišu *Visa* i *MasterCard*, a u toku je njegovo testiranje u nekoliko velikih banaka u Sjedinjenim Državama, Kanadi i Evropi.

Razvoj različitih elektronskih platnih sistema pojačava potrebu međufunkcionalnosti. Glavni projekat u ovoj oblasti je zajednička inicijativa za elektronska plaćanja (*Joint Electronic Payment Initiative* — JEPI) koju su, početkom 1996. godine, pokrenuli *CommerceNet* i *World Wide Web* konzorcijum. Cilj je da se stvori jedna univerzalna platforma za plaćanje koja će omogućiti trgovcima i potrošačima da obavljaju poslove preko Interneta uz upotrebu više različitih oblika plaćanja (čekovi, kreditne kartice, debitne kartice, elektronski novac itd.).

Razvoj Internet tehnologija je svuda u svetu, pa i u našoj zemlji doveo do mogućnosti da se poslovanje obavlja elektronskim putem. To je kompleksan zahvat koji zahteva angažovanje stručnjaka različitih oblasti i znatne novčane investicije. Privredni i finansijski subjekti u Srbiji su sve više zainteresovani za elektronsko poslovanje radi lakšeg komuniciranja sa domaćim i inostranim partnerima i komercijalnih prednosti na tržištu.

Internet bankarstvo je fenomen novijeg datuma, koji se odvija, bržim ili sporijim tempom, poslednjih tridesetak godina. Bankarska industrija je prilično inertna i sklona tradicionalnim i proverenim metodama pa prava revolucija u oblasti bankarstva, tek predstoji. Za pouzdano funkcionisanje elektronskog bankarstva od posebnog je značaja pravna regulacija, odnosno Zakon o elektronskom

poslovanju i elektronskom potpisu koji je neophodan preduslov kako za pravnu zasnovanost elektronskog poslovanja, tako i za uključenje u međunarodne organizacije i tokove. Mada je dostupnost odgovarajuće tehnologije i dalje ključni faktor u razvoju Internet bankarstva i inovativnih platnih sistema, ona više ne predstavlja kritičan problem. Trenutno glavni problem predstavlja integrisanje ove tehnologije u ponudu proizvoda/usluga i stvaranje realnih poslovnih modela za nove sisteme i mehanizme. Takođe, smart kartice odnosno pametne kartice mogu da sadrže i razne druge aplikacije kao i da obavljaju niz platnih i drugih funkcija.

LITERATURA

- [1] D.Bjekić, „Psihologija učenja i nastave u e-obrazovanju, e-publikacija“, Čačak, Tehnički fakultet, 2009.
- [2] P.Bojović, Đ.Pavlović, “Menadžment finansijskih resursa”, ICIM - Izdavački centar za industrijski menadžment, Kruševac, 2006.
- [3] Đ.Branković, „Uvod u informacione sisteme“, Viša poslovna škola, Beograd, 2000.
- [4] N.Balaban, Ž.Ristić, „Poslovna inteligencija“, izdanje Ekonomskog fakulteta u Subotici, 2005.
- [5] M.Ćirović, „Bankarstvo“, Beograd, Bridge Company, 2001.
- [6] J.Davidović, „Poslovni informacioni sistemi“, Megatrend, Beograd, Srbija, 2000.
- [7] B.Dušanić, „Poslovno bankarstvo, CONSSECO INSTITUT, Beograd, 2003.
- [8] J.Đurasinović, „Strategija ALM - koncepta banke“, Anali ekonomskog fakulteta u Subotici, 2007.
- [9] Đ.Đukić, „Upravljanje rizicima i kapitalom u bankama“, Beograd, Beogradska berza, 2005.
- [10] Đ.Đukić, „Bankarstvo“, Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu, Beograd, 2004.
- [11] D.Đorđević, „Javne finansije - fiskalna ekonomija i menadžment javnog sektora“, Novi Sad, 2005.
- [12] V.Filipović, M.Kostić, „Marketing menadžment“, FON, Institut za menadžment, 1999.
- [13] M.Ivković i B. Radenković, „Internet i savremeno poslovanje, monografija, editori“, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin 1998.
- [14] S.Han, M. Balaban, „Osnove informatike“, IV izd., Beograd, Savremena administracija, 1999
- [15] R.Kalkota, M.Robinson, „E-poslovanje“, Mate, Zagreb, 2002.
- [16] V.Komazec, „Bankarstvo: teorija, institucije, politika“, Čigoja štampa, Beograd, 1995.
- [17] G.Korniš, „Sistemi za zaštitu autorskih prava podataka na elektronskim medijima: snovi, noćna mora ili realnost“, Godišnjak Biblioteke Matice srpske, ISSN 0351-3580, 1996.
- [18] G.Milosavljević, S.Vukanović, „Profesionalno obrazovanje na distancu“, Beograd, FON, 2000.
- [19] B.Maričić, „Ponašanje potrošača“, Savremena administracija, Beograd, 2002.
- [20] Đ. Nadriljanski, „Osnove informacionih sistema“, I izd., Novi Sad, štamparija "Ćirpanov", 1993.
- [21] Ž.Obrenović, "Interakcija čoveka i računara", Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.
- [22] J.Radovanović, „Informatika za ekonomiste“, Ekonomski fakultet u Nišu, Niš, 2008.
- [23] J.Radišić, „Finansijski menadžment“, Visoka poslovna škola, Beograd, 2004.
- [24] R.Stankić, „Elektronsko poslovanje“, Ekonomski fakultet, Beograd, 2007.
- [25] E.Todorović, „Informaciona tehnologija za menadžment“, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, Srbija, 2006.
- [26] N.Vunjak, „Finansijski menadžment (knjiga 5–Poslovne finansije)“, Bečej-Subotica, Proleter - Ekonomski fakultet, 2005.
- [27] V.Vasković, „Sistemi plaćanja u elektronskom poslovanju“, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2007.
- [28] E.Vuksanović, „Elektronsko bankarstvo“, Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije, Beograd, 2006.
- [29] A.Veljović, M.Radojičić, “Menadžment informacioni sistemi, ICIM-Izdavački centar za industrijski menadžment, Kruševac, 2006.
- [30] D.Varagić, „Vodič kroz raj i pakao Internet marketinga“, Novi Sad, Prometej, 2000.
- [31] V.Vujić, “Menadžment ljudskih kapitala”, FHTM, Opatija 2006.
- [32] Banks, J. and S.J.Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- [33] Bodily, S. “Spreadsheet Modeling as a Stepping Stone“, Interfaces, Vol. 16, No. 5, pp 34-52, 1986.
- [34] Protić D. “Simulacija rada Aerodroma Beograd“, Zbornik radova, SinfoN, str. 75-81, Zlatibor, 1994.
- [35] <http://www.nbs.rs/internet/latinica/35/statistika/index.htm>
↓

IMPEDIMENTS TO ADOPTION OF ONLINE PAYMENTS BY MACEDONIAN CONSUMERS: A LOGIT MODEL APPROACH

Vesna Bucevska¹, Jasmina Bucevska²

*Ekonomski fakultet-Skopje¹
Komercijalna banka AD Skopje²*

Abstract - In spite of substantial increase of online banking among Macedonian consumers in the last years, the share of those using Internet banking for making payments is still low. Hence it is necessary to investigate impediments to usage of online banking for making payments by Macedonian consumers. To achieve this goal we developed a binomial logit model based on data from one of the biggest commercial bank in Macedonia-Komercijalna banka AD Skopje (KB). The obtained results indicate that age and education are the main impediments to making payments via KB's online banking service.

1. INTRODUCTION

The information technology revolution in the banking industry has been most evident in the distribution channels from over-the-counter to introduction of the credit card and the automatic-teller-machine (ATM) in the early 1970s, telephone banking in the early 1980s, personal computer (PC) banking in the late 1980s and most recently electronic banking (e-banking). Daniel (1999) described electronic banking as the provision of banking services to customers through Internet technology. Karjaluo (2002) indicated that banks have the choice to offer their banking services through various electronic distribution channels technologies such as Internet technology, video banking technology, telephone banking technology and WAP technology. However, Karjaluo (2002) indicated that Internet technology is the main electronic distribution channel in the banking industry. In more details he described e-banking as an online banking that involves the provision of banking services such as accessing accounts, transferring funds between accounts, and offering an online financial services. Online banking is an electronic payment system that enables customers of a financial institution to conduct financial transactions on a website operated by the institution, such as a retail bank, virtual bank, credit union or building society. Online banking is also referred to as internet banking, e-banking, or virtual banking.

In the EU member states ICT have become widely available to the general public, both in terms of accessibility as well as cost. A boundary was crossed in 2007, when a majority (55 %) of households in the EU member states had internet access (Eurostat, 2016). This proportion continued to increase and in 2014 reached 81% of households (Eurostat, 2016). According to Eurostat as of the beginning of 2014, just over three quarters (78 %) of all individuals in the EU-28, aged between 16 and 74 years, used the Internet (at least once within three months prior to the survey date). Nearly two thirds (65 %) of individuals accessed the internet on a daily basis with a further 10 % using it at least once a week (but not daily).

Regarding the online banking penetration in the European Union (EU28), the statistics shows that in 2014, 44 % of all individuals used the internet for online banking, but usage was higher among those who had used the internet within the last three months, at 57 percent. Adoption rates decrease from north to south and rich to poor (Eurostat, 2016).

According to the latest data of the State Statistical Office of the Republic of Macedonia, the degree of Internet penetration in Macedonia as a measure of customer readiness to transact online, has significantly increased in the last years. The percentage of Macedonian households who have Internet access from home has increased from 14% of households in 2006 to 69.4% of households in the first quarter of 2015 and the percentage of individuals aged 16 to 74 years who are frequently using the Internet has grown from 21% in 2006 to 74% in 2015. Of persons aged 16 to 74 to have used the Internet in the last three months before the survey (the first quarter of 2015) only 7% of them used the Internet for Internet banking, which is far below the percentage in the EU member states (see Figure 1).

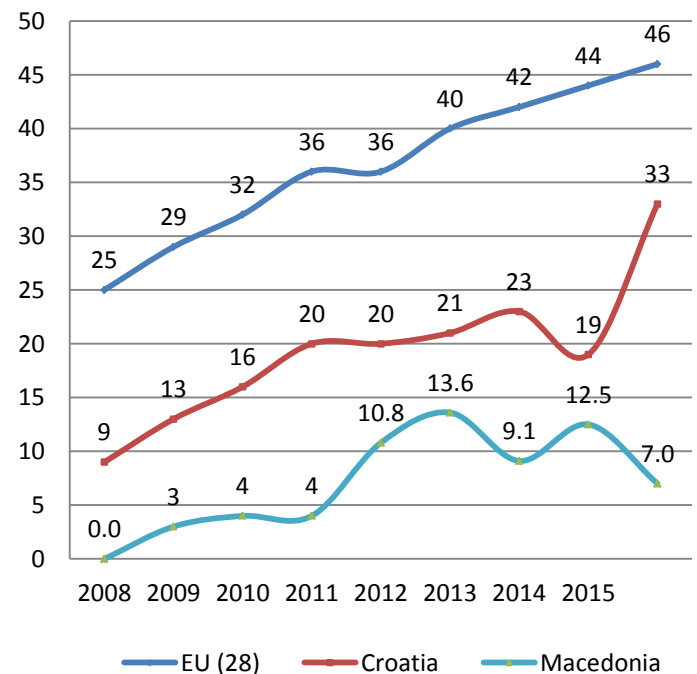


Figure 1: Use of Internet for Internet banking in the EU member states and in Macedonia (in % of individuals aged 16 to 74) in the period 2008-2015 (Source: Eurostat and State Statistical Office of Macedonia)

With all the benefits of online banking, the rate of usage of this service for making payments in Macedonia is still

low. Hence it is necessary to investigate impediments to usage of online banking for making payments by individuals in Macedonia. Although prior studies on online banking adoption have provided background information on the adoption behaviour with regard to internet banking, there are no studies (to the best of our knowledge) that focus on the factors that influence Macedonian consumers to adopt online banking for making payments. The purpose of this paper is to investigate the factors influencing the usage of online banking for payments and to identify the key impediments among them by developing a binomial logit model.

2. METHODOLOGY

KB is one of the three biggest banks in Macedonia with a market share of about 30 percent in different categories. Its experience with e-banking adoption is likely to be representative of the adoption situation among the domestic banks in Macedonia. It was among the first banks in Macedonia to offer Internet banking services to retail customers in 2003. In the period 2007-2015 the number of users of e-banking service of KB increased for 13.5 times (from 6,323 customers who used the service Internet Bank in 2007 to 85,834 customers in 2015), and the number of individuals who used KB's online banking service for making payments increased for 20 times in the same period. However, the fact that only 8.5% of all retail customers of KB use its service "Internet banka" and that only 23% of the online banking users make payments via "Internet banka", points out that the development of the e-banking service is not sufficient alone to ensure its adoption by retail customers for making payments .

Table 1: Number of registered users of KB's "Internet banka" and number and share of those making payments

Year	Number of Internet banking registered users (individuals)	Number of Internet banking registered users who make payments (individuals)	Share of Internet banking registered users who use Internet banking to make payments (in %)
2007	6323	974	15.40
2008	6460	1135	17.57
2009	7747	1050	13.55
2010	7508	2106	28.05
2011	49462	8676	17.54
2012	58103	11684	20.11
2013	66115	14190	21.46
2014	75684	17491	23.11
2015	85834	20072	23.38

Source: Annual reports of Komercijalna banka AD Skopje

A complex set of factors affect the usage of the Internet banking for making payments. An understanding of the main impediments to usage of online banking for payments should help the Bank's management to formulate more effective marketing strategy to boost consumers' payments via Internet banking.

The data for this research was obtained through a telephone survey of 370 retail customers of KB who are registered users of the electronic banking service of KB called "Internet Banka" and who have agreed that their personal data can be used for marketing purposes. The survey took place in the period November-December 2015.. The names and addresses for the phone survey were randomly drawn from the data bank of KB. Out of 370 contacted retail customers, 91 customers were willing to answer the questionnaire which is equal to 24,59% response rate.

The questionnaire on usage of online banking for making payments consisted of 8 questions. It contained 4 questions on demographic variables (gender, age, education and personal income), 1 question about customer's access to Internet at home, 1 question about how customers perceive Internet banking (as user friendly or a complex service), 1 question regarding customer's fear of misuse of personal data and 1 question about how secure the customer perceives banking via Bank's web site.

Before presenting the results from the binomial logit models of the usage of e-banking for payments, we examine the structure of the users of the e-banking service of KB for making payments as the purpose of the paper is to identify the key barriers to acceptance of e-banking by Macedonian retail customers for payments.

Regarding gender, more than half of the respondents (57%) were male, whereas 43% of all respondents were female. The age variable was grouped into two categories: 1) Between 18 and 40 years old and 2) 40 and over 40 years old. The majority of respondents (56%) are above 40 years old whereas 42% of the respondents belong to the younger group between 18 and 40 years old.

The survey uses only a grouped dummy for higher education i.e. university or above is used in the analysis in order to minimize the loss in degree of freedom by having too many insignificant variables suggested by the non-parametric tests. A very high proportion (64%) indicated no educational attainment of university or above.

The monthly income variable was categorized into two: 1) Below MKD 30,000 (which is the monthly average personal income suggested by the State Statistical Office of the Republic of Macedonia) and 2) MKD 30,000 and above. A very high proportion (83%) indicated that they earn less than MKD 30,000.

Most of the users of the e-banking service of KB for payments (64%) perceive this service as user friendly service, whereas 34% of the respondents answered that

they did not perceive it as user friendly. Regarding access to Internet from home, the majority of the respondents (75%) have access to Internet from home. Most of the users of KB's e-banking service for payments (68%) consider its web site as secure for doing banking and the majority of the respondents (78%) were not afraid that their personal data could be misused.

In order to identify the key factors that affect the decision of the retail customers to use the e-banking service of KB for making payments, we estimate a binomial logit model using the computer package EViews 6. The variables that enter this model were identified on the basis of literature review. They are briefly presented below.

Customer's age affects the attitude of individuals towards Internet banking and their ability to learn how to use it. Barnett (1998) showed that the younger the consumers, the more comfortable they were in using electronic banking. Empirical findings of income positively influencing adoption of electronic banking can be found in Al-Ashban and Burney's (2001) and Karjaluoto's (2002) studies. Higher paid customers, who have higher value of time than customers with lower income, are more likely to favour electronic banking. Al-Ashban and Burney (2001) study showed that as consumers increased their educational qualification level, their adoption of electronic banking services would increase as well. Bartel and Sicherman (1998) indicated that more educated individuals may require less training in response to technological change if their general skills enable them to learn the new technology. A number of empirical studies (MacGregor & Vrazalic, 2005; Laukkanen & Pasanen, 2008) show that males are more likely than females to adopt e-services. This could be explained with the fact that men are more interested than women in technology, and they are also more tech savvy.

Regarding security as an impediment to online banking, previous empirical studies (Lee, 2009; Hua, 2009) have shown that the customers' decision to adopt the e-banking service is significantly influenced by their perception of the level of security control of the bank's website. Other empirical studies (Gefen et. al, 2003; Nissenbaum, 2004) have shown that online consumers might refrain from using internet banking for online payments because of the fear that their personal sensitive information may be misused. In the online context perceived ease of use was found to affect e-service adoption significantly, reflecting the importance of the role of the ease of use variable on adoption of e-services. Access to Internet at home has been identified as one of the most important factors for adoption of electronic banking in European Union candidate countries and Macedonia is one of them. Hence, the following logit model can be estimated:

$$USERS = f(GENDER, AGE, INTERNET, INCOME, SERVICE, EDUCATION, FEAR, SECURITY, \epsilon) \quad (1)$$

where:

USERS = Individuals using online banking for making payments; 1 if the respondent makes payments via "Internet banka"; 0 otherwise;

GEN (+) = Gender; 1 if the respondent is male; 0 otherwise;

AGE (-) = Age level; 1 the respondent is below 40; 0 otherwise;

INTERNET (+) = Internet access from home; 1 if the respondent has access to Internet from home; 0 otherwise;

INCOME (-) = Monthly income; 1 if the respondent's monthly salary is below MKD 30,000; 0 otherwise;

SERVICE (+) = Perceived user friendliness; 1 if e-banking is perceived as user friendly service; 0 otherwise

EDUCATION (+) = Education level; 1 the respondent completed higher education (university or above); 0 otherwise;

FEAR (-) = Fear of misuse of personal data; 1 if the respondent is afraid that his/her personal data will be misused; 0 otherwise

SECURITY (+) = Perceived security; 1 if the respondent perceives KB's web site as secure; 0 otherwise;

ϵ = Error term.

In our model we do not explicitly introduce cost and speed of transactions in the model. These determinants of adoption of e-banking are parameterized in terms of the constant.

3. EMPIRICAL RESULTS

The results of our binomial logit model are presented in Figure 2.

Dependent Variable: USERS
 Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)
 Date: 03/21/11 Time: 15:12
 Sample: 1 84
 Included observations: 84
 Convergence achieved after 5 iterations
 Covariance matrix computed using second derivatives:

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.460580	0.657454	0.537160	0.5912
GENDER	-0.597747	0.914857	-0.653378	0.5135
AGE	2.657883	1.225950	2.167948	0.0302
INTERNET	-0.020569	0.860032	-0.023917	0.9809
INCOME	-1.460357	1.011307	-1.444029	0.1487
SERVICE	-0.920210	1.021329	-0.900992	0.3676
EDUCATION	1.324471	0.664331	1.993693	0.0462
FEAR	0.321049	1.005400	0.319325	0.7495
SECURITY	-0.813718	0.651125	-0.956049	0.3390

Mean dependent var	0.750000	S.D. dependent var	0.435613
S.E. of regression	0.395981	Akaike info criterion	1.002594
Sum squared resid	11.16793	Schwarz criterion	1.263439
Log likelihood	-33.12575	Hannan-Quinn criter.	1.107691
Pestr. log likelihood	-47.23615	Avg. log likelihood	-0.394354
LR statistic (Chi sq)	28.22081	McFadden R-squared	0.298720
Probability(LR stat)	0.000434		

Obs with Dep=0	21	Total obs	84
Obs with Dep=1	63		

Figure 2: Results of the binomial logit model (Source: Authors' own calculations)

The obtained results provide strong evidence that a probability of usage of online banking for making payments is strongly affected by individual characteristics of the retail customers (age and education). Customer's age is found to be the most significant factor affecting the adoption and usage of "Internet Banka" for making

payments. The age group between 18-40 is more likely to adopt electronic banking than the age group of 40 or above. This finding is in line with the results of the previous empirical studies which found that the typical online banking customer is a young person who is familiar with PC and Internet navigation.

As can be seen from Figure 2, education also had a significant impact on the adoption of KB's e-banking service for payments. Retail customers with university degree are more likely to make payments via Internet banking than those with secondary education. Other variables were denoted as non-significant variables for the adoption and usage of the KB online banking for making payments.

In summarizing the results from the binomial logit model, traditional demographic variables (age and education) play an important role in deciding whether to make payments via Internet banking or not. By contrast, customers' gender, access to Internet from home, customer's monthly income, perceived user friendliness, fear of misuse of personal data and perceived security are not significant for the likelihood of usage of online banking service for payments.

4. CONCLUSION

This study examines the factors affecting adoption and usage of the e-banking service for payments by the retail customers of one of the biggest banks in Macedonia-Komercijalna banka AD Skopje. Our research has shown that the development of online banking is not sufficient alone to ensure its usage for making payments. A complex set of different determinants affect the usage Internet banking service for making payments. The results of our binomial logit model indicated the individual characteristics, age and education, as the most influential factors explaining the adoption and use of KB's e-banking service for performing payments.

The obtained empirical results indicate that in order to attract more consumers, mainly from the active banking age group (40 and above years old) who perform larger and more complex banking transactions than younger generation, to use online banking for making payments, banks in Macedonia need to highlight that e-banking is easy and safe to use. Moreover, they should give customers step-by-step instructions for doing it by inclusion of demo applications on their official web sites or on CD which simulate the mode in which transactions are processed on Internet. In parallel with that, they should make e-banking interface as simple as possible. Banks also need to make the consumers aware about the benefits of making payments via online banking by providing them in details with these benefits in their marketing activities.

From a policy perspective, the obtained empirical results point out the need of more intensive cooperation between Macedonian commercial banks and the government of the Republic of Macedonia in order to develop a positive

attitude towards electronic banking, through general public awareness campaign. Private-public cooperation is also needed for stimulating the demand for e-banking, by increasing the level of Internet penetration at home and education not only at schools, but also organizing adults' training courses in order to train older people, who belong to the active banking age group, but they did not have a chance to have internet education at school or at work.

REFERENCES

- [1] Al-Ashban, A. A. & Burney, M. A. "Customer Adoption of Tele-Banking Technology: The Case of Saudi Arabia", *The International Journal of Bank Marketing*, 19(4/5), 191-200, 2001.
- [2] Bartel, A. P. and Sicherman, N. "Technological change and the skill acquisition of young workers", *Journal of Labor Economics*, 16(4), 718-755, 1998.
- [3] Daniel, E. "Provision of electronic banking in the UK and the Republic of Ireland", *International Journal of Bank Marketing*, 17(2), 72-82, 1999.
- [4] Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, Assessed on 25th January 2016.
- [5] Gefen, D., Karahanna, E. & Straub, D. W. "Trust and TAM in Online Shopping: An Integrated Model", *MIS Quarterly*, 27 (1), 51-90, 2003.
- [6] Hua, G. "An Experimental Investigation of Online Banking Adoption in China", *Journal of Internet Banking and Commerce*, April 2009, Vol. 14. No. 1, 1-12.
- [7] Lee, M. C. "Factors influencing the adoption of Internet banking: An integration of TAM and TPB with perceived risk and perceived benefit", *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 8, Issue 3, 130-141, 2009.
- [8] Karjaluoto, H. *Electronic Banking in Finland: Consumers Beliefs, Attitudes, Intentions and Behaviours*. Unpublished Doctorial dissertation, University of Jyväskylä, Jyväskylä, 2002.
- [9] Laukkanen, T. and Pasanen, M. "Mobile banking innovators and early adopters: How they differ from other online users?", *Journal of Financial Services Marketing*, Vol. 13 (2), 86-94, 2008.
- [10] MacGregor, R.C. & Vrazalic, L. "A basic model of electronic commerce adoption barriers: A study of regional businesses in Sweden and Australia", *Journal of small business and enterprise development*, Volume 12, Number 4, pp. 510-527, 2005.
- [11] Nissenbaum, H. "Will Security Enhance Trust Online or Support It?" In Kramer, P. and Cook, K. (Eds.) *Trust and Distrust Within Organizations: Emerging Perspectives, Enduring Questions*, Russel Sage Publications, 155-180, 2004.

[12] State Statistical Office of the Republic of Macedonia, [www. stat.gov.mk](http://www.stat.gov.mk), Assessed on 25th January 2016.

ISTRAŽIVANJE E-UPRAVE EGOVERNMENT RESEARCH

Milan Paroški¹, Vesna Popović²

Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad¹

Republika Srbija, AP Vojvodina, Uprava za zajedničke poslove pokrajinskih organa, Novi Sad²

Sadržaj – U ovom radu je dat pregled kriterijuma koji se koriste za rangiranje statusa e-uprave država članica Ujedinjenih nacija (UN). Ukratko su analizirani podaci iz poslednjeg istraživanja koje je izvršeno 2014. godine. Dati su predlozi i preporuke za dalji razvoj e-uprave.

Abstract - This paper presents an overview of the criteria used for ranking status eGovernment Member States of the United Nations (UN). Some data from the latest study are analyzed. Proposals are recommendations for the further development of e-government.

1. UVOD

Istraživanje e-uprave u državama članicama, Ujedinjene nacije sprovode svake 2 godine. To je jedini izveštaj u svetu koji procenjuje status razvoja e-uprave za 193 države članice Ujedinjenih nacija.

Istraživanje je namenjeno državnim službenicima, akademikima, vladinim institucijama, organizacijama civilnog društva, privatnog sektora i građana u celini.

Zbog velikog broja faktora, postoje široke razlike među regionima i zemljama u razvoju e-uprave kao što je zabeleženo tokom istraživanja 2014. godine.

Jedno jasno zapažanje je da je nivo dohotka u zemlji opšti pokazatelj ekonomskog kapaciteta i napretka, koji na taj način utiče na njen razvoj e-uprave. Međutim, jasno je da nacionalni dohodak, sam po sebi, ne predstavlja ili garantuje razvijenu e-upravu.

2. PREGLED REZULTATA U 2014. GODINI

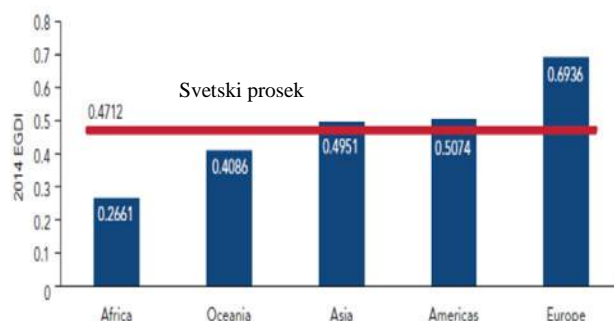
Postoje mnoge zemlje koje su značajno unapredile svoju e-upravu uprkos relativno malom nacionalnom dohotku, baš kao što postoje mnoge zemlje koje zaostaju uprkos relativno velikom prihodu i na taj način imaju dobre šanse za buduće unapređenje.

Republika Koreja je zadržala prvo mesto i u 2014. godini, sa svojim kontinuiranim vođstvom i fokusom na inovacije e-uprave.

Australija (2) i Singapur (3) su znatno povišile svoj rang na globalnoj listi iz 2012. godine.

Kao i prethodnih godina, istraživanje iz 2014. pokazuje da Evropa nastavlja da vodi sa najvećim regionalnim indeksom razvijenosti e-uprave (EGDI), a zatim je slede Sjedinjene Američke Države (rangirana 7. globalno); Azija predvođena Republikom Korejom; Okeanija predvođena Australijom; i Afrika predvođena Tunisom (rangiran 75. globalno). Na slici 1 je prikazan prosek razvoja e-uprave po regionima.

Ipak, istraživanja iz 2014. godine, pokazuju da svaki geografski region pokazuje visoku unutrašnju raznovrsnost.

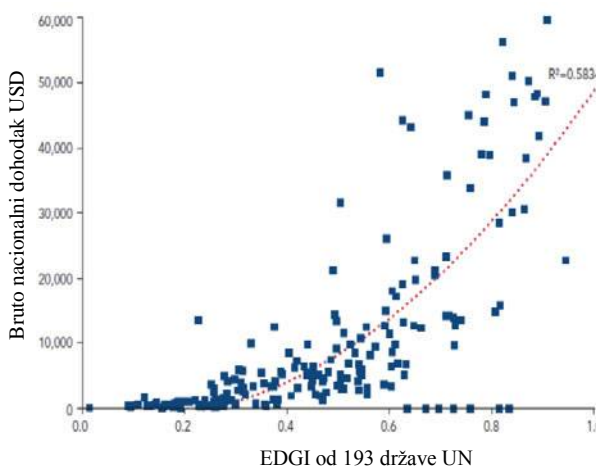


Slika 1. Prosek razvoja e-uprave u 2014. godini

Vodeće nacije u Evropi se vrlo visoko rangiraju i u svetskim razmerama: Francuska (4), Holandija (5), Velika Britanija (8) i Finska (10.)

25 zemalja imaju "veoma visok EDGI" sa indeksom vrednosti u rasponu od 0,75 do 1,00

Sve top 25 su nacije sa visokim prihodima. Na slici 2 je prikazana zavisnost indeksa EDGI i nacionalnog prihoda.



Slika 2. Relacija između indeksa EDGI i nacionalnog prihoda

3. NAČIN PRUŽANJA ONLINE USLUGA

U 2014. godini, po prvi put, sve 193 države članice Ujedinjenih nacija, imaju nacionalne web sajtove.

Takođe u 2014. godini, sve 193 države članice Ujedinjenih nacija imaju neku vrstu internet pristupa, u poređenju sa 18 zemalja koje nisu imale onlajn pristup 2003. i tri zemlje u 2012. godine.

Iako je upotreba elektronske pošte povećana neznatno između 2012. i 2014. godine na nešto više od dve-trećine zemalja, verovatno je da će nastaviti da raste u budućnosti, posebno za obaveštavanje i pružanje informacija.

Slične koristi se vide za SMS obaveštavanja, putem mobilnih uređaja, iako još uvek više od 80 odsto zemalja još uvek nisu iskoristili ovaj potencijalni masovni kanal.

Što se tiče upotrebe mobilnih telefona, danas postoji preko 1,5 milijarda smart telefona u upotrebi na globalnom nivou, i ovo eksponencijalno raste.

Između 2012. i 2014. godine, broj zemalja koje nude mobilne aplikacije i mobilne portale, udvostručen je na skoro 50 zemalja, (korišćeni direktno da podrže iskorenjivanje siromaštva, rodne ravnopravnosti i socijalne inkluzije, kao i promovisanje ekonomskog razvoja, zaštite životne sredine i upravljanja katastrofama).

Upotreba društvenih medija od strane vlada se takođe povećava brzo (trostruko veći broj nego u 2010. godini), tako da ih danas 118 zemalja koristi za e-konsultacije i 70 za e-upravu generalno.

Postoji uvećanje upotrebe javnih kioska od 24 zemlje u 2012. godini, na 36 zemalja u 2014. godini, za upotrebu kao objekata otvorenog pristupa u javnim prostorima i lokacijama koje pružaju besplatno korišćenje onlajn usluga, posebno u marginalizovanim ili udaljenim oblastima gde pojedinačna upotreba IKT nije široko rasprostranjena.

Količina podataka koje državni organi prikupljaju će verovatno zabeležiti eksponencijalni rast u narednim godinama. Vlade, bi trebalo da obezbede odgovarajući balans između potrebe za privatnost na jednoj strani i dostupnosti na drugoj.

4. SEKTORSKE OBLASTI

Anketa iz 2014. godine, posmatrala je tri nivoa e-uprave (deljenje e-informacija, e-konsultacije, e-učešće) u izabranim sektorima, baziranim na njihovom značaju za tri stuba održivog razvoja:

- ekonomiju,
- društvo i
- životno okruženje.

Oni uključuju šest sektora: obrazovanje, zdravstvo, finansije, socijalnu zaštitu, rad i životno okruženje.

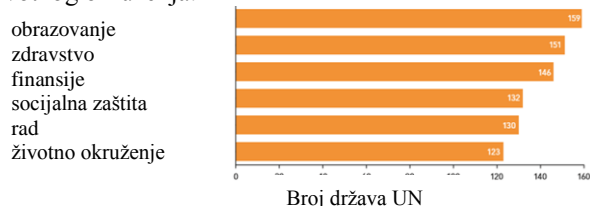
Broj zemalja koje pružaju arhivirane informacije među šest izabranih sektora je sledeći (slika 3):

- obrazovanje (146),
- zdravstvo (151),
- finansije (159),
- socijalna zaštita (123),
- rad (132),
- životno okruženje (130).

104 zemlje pružaju arhivirane informacije o svih šest posebnih sektora.

22 zemlje ne dele nikakve informacije o šest sektora.

5 zemalja dele informacije o svakom sektoru osim životnog okruženja.



Slika 3. Deljenje informacija u sektorskim oblastima

E-konsultacije se kroz razne vrste alata, koriste od strane Vlada. 95 zemalja, ili 49 %, od 193 država članica UN, obezbeđuju na njihovim nacionalnim portalima, povratne informacije građanima, o poboljšanju njihovih onlajn usluga.

71 zemlja pruža javno mišljenje u javnim politikama putem društvenih medija:

- 51 kroz onlajn forume,
- 39 kroz onlajn ankete,
- 18 kroz onlajn glasanje i
- 18 kroz onlajn peticije.

Vlade manje koriste alate za e-konsultacije nego za pružanje e-informacija.

Vlade imaju tendenciju da koriste društvene medije iz više razloga. Prvo, javnost je već veoma prisutna i poznata sa platformama društvenih medija kao što su facebook i twitter.

Drugo, ovo je isplativo, jer društveno medijske inicijative ne zahtevaju visoke troškove investiranja.

Tradicionalna komunikaciona sredstva i alati kao što su radio, televizija, seminari, radionice, škole, univerziteti, emisije, debate licem u lice u kombinaciji sa digitalnim sredstvima, mogu pomoći da javno angažovanje bude još produktivnije.

5. RAZVOJ E-UPRAVE U EVROPI

Evropa nastavlja da bude globalni lider u razvoju e-uprave.

U prethodnim rangiranjima, sedam od top deset država bile su evropske, a sada su četiri evropske države u top deset. Ipak, 11 od top 20 država i 26 od top 40 država su evropske. Trenutna finansijska kriza, nizak rast, nezaposlenost i stareća populacija, prisiljava Evropu da aktivno traži inovativna rešenja u cilju da ostane kompetitivna, povrati rast i da bude sposobna da nastavi da pruža širok izbor servisa građanima.

Holandija je već dostigla ambiciozni cilj postavljen 2004. da smanji državne administrativne troškove za 25% i cilja na dalju ukupnu uštedu od 1.8 biliona američkih dolara do 2018. kroz eVladin „whole-of-government“ prilaz.

Bitan element eVladinog programa holandije je „digital by default“ strategija, dizajnirana da premesti što više građanskih servisa i poslova, onlajn.

„Digital by default“ je takođe usvojen od strane engleske u njenoj „government digital strategy“ 2012.

Španija je u drastičnom dobitku, poboljšavajući poziciju sa 23. na 12. mesto u globalnom rangiranju i od 15. do 5. mesta u evropskom rangiranju. Ovo poboljšanje je rezultat dugogodišnjeg planiranja e-uprave. 2005. godine, Španija je promovisala „plan avanza“. 2010. godine, plan avanza 2“ je pokrenut i ciljan na pozicioniranje Španije kao lidera u korišćenju naprednih IKT produkta i servisa.

Druge zemlje sa značajanim napretkom u uvođenju e-uprave, uključuju Irsku koja se sa 34. popela na 22. mesto u globalnom rangiranju, Italiju (sa 32. na 23. mesto), Litvaniju (sa 42. na 31. mesto) i Crnu Goru (sa 57. na 45. mesto).

Francuska je prva na listi zemalja u 2014. godini, koje isporučuju online servise (integracija e-servisa, povećan iskorak sa mobilnim aplikacijama i pružanje mogućnosti za e-učešće). Zvanični web sajt nacionalne administracije

(servicepublic.fr) upućuje pojedince, preduzeća i udruženja do bitnih servisa na osnovu događaja ili po temi, poziva ideje o smanjivanju administracije, povezuje građane sa trenutnim debatama i konsultacijama i olakšava interakciju sa Vladom.

6. GLOBALNI PREGLED

Većina zemalja UN (87 % tj. 168 od 193), pružaju korisnicima alat za pretragu sadržaja, dok je samo 77 % (147 zemalja) nacionalnih vlada ažuriralo svoju početnu stranicu u protekla tri meseca.

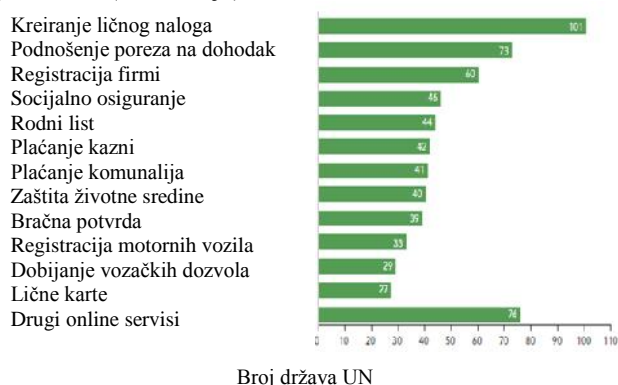
Jednostavnost upotrebe se ogleda u dodatnom pristupu sadržaju na više od jednog jezika u 75 % slučajeva (142 zemlje), dostupnost mape sajta ili indeksa 65 % (131 zemlja), pomoć mrežne publikacije ili dokument često postavljenih pitanja u 46 % slučajeva (89 zemalja).

Istraživanja pokazuju neprestani napor većine zemalja u izradi i održavanju specifičnih alata za sajt, bez obzira na sveprisutnosti i praktičnosti komercijalnih pretraživača.

U 2012. godini, nešto više od polovine svih zemalja su imale višejezične sajtove.

Slika 4. predstavlja tipične transakcione usluge i broj zemalja za koje ovi servisi mogu biti lako identifikovani putem nacionalnog sajta.

Transkacione usluge uključene u instrument istraživanja, su najčešće : postavljanje ličnih naloga (101 zemlja), podnošenje poreza na dohodak (73 zemlje) i registracije preduzeća (60 zemalja).



Slika 4. Prikaz broj država UN sa online servisima

Bruto nacionalni dohodak (BND) i opšta ulaganja u telekomunikacionu infrastrukturu ključni su pokretači progressa e-usluga.

Vodeće zemlje u kategoriji visokog prihoda su Francuska (zauzima 1. mesto na globalnom nivou), Singapur (2. mesto) i Republika Koreja (3. mesto). Zaista, 19 od top 20 zemalja, koje pružaju mrežne usluge, spada među najbogatije u svetu.

Neki značajni globalni i regionalni IKT trendovi:

- Skoro 40% ljudi svetskog stanovništva su online krajem 2013.godine.
- Ali u Africi, samo 16% ljudi koristi internet.
- Pretplatnici mobilnih telefona su premašili 6 milijardi u oktobru 2012, ali se njihov broj približava globalnom stanovništvu (7 milijardi), sa više od pola u regije Azije/Okeanije (3,5 milijarde od 6,8 ukupnih pretplatnika).

- Više ljudi imaju telefone nego što imaju dozvolu da puste vodu i struju.
- Pametni telefoni su najprodavaniji prvi put ikad u prvoj četvrtini 2013. godine u Aziji kao najbržem rastućem tržištu od 74,1 % rasta.
- Postoji više od 2 milijarde širokopojsnih pretplatnika krajem 2013. godine sa prosečnim rastom od 40% godišnje. U Evropi je penetracija širokopojsnog pristupa 68%, ali je u Africi samo 11% penetracija.
- Svaki četvrti čovek na svetu koristi društvene mreže u 2013. U 2017. godini, očekuje se da će korisnici socijalnih mreža, premašiti 2,5 milijarde.

7. KANALI ZA JAVNU ISPORUKU SERVISIA

7.1. Web

Vlada Velike Britanije je skoro učinila redizajniranje i obnovu 25 značajnih servisa da bi ih napravila jednostavnijim i bržim za upotrebu.

Anketa iz 2014.godine, otkriva i druge trendove i uvide portala razvoja e-uprave među zemljama kao što je poboljšanje navigacija, produženje funkcija i usluga koje se nude, korišćenje jedinstvenog interfejsa za pretraživanje itd.

7.2. Mejl

Elektronska pošta (mejl) je kanal za rutinske i ad-hoc komunikacije između vlade i građana.

Osim pružanja informacija, e-mail obaveštenje je često integrisano na mreži i na mobilnim uslugama.

Automatsko email obaveštavanje građana o statusu online aplikacija takođe gradi poverenje i povećava poverenje korisnika, kao deo procesa građanskog upravljanja odnosa.

Anketa iz 2014.godine, posmatra i rangira korišćenje e-pošte u nacionalnim portalima. E-mail poruke ostaju osnovni, i komplementarni i dopunski, kanal web portala. Koristi se u svim sektorima, uključujući ciljanje ugroženih i ranjivih grupa.

Postoji samo blagi rast od 65,3 odsto (126 zemalja) u 2012. na 68,4 odsto (132 zemalja) u 2014. godini, koje koriste mejl za isporuku servisa.

Jednostavan e-mail link na vladine zvaničnike, na bilo kom nivou, može eksponencijalno da povećava sposobnost ljudi da komuniciraju sa Vladom na mreži.

Istovremeno, veliko korišćenje mejla, takođe može potencijalno povećati opterećenje državnih službenika i samim tim generisati nepotrebne troškove, ako se ne upravlja efikasno.

7.3. SMS Servis

Sa širenjem upotrebe mobilnih telefona u svim regionima širom sveta, ipak je malo zemalja koje su prihvatile SMS kanal za isporuku javnih servisa.

Broj zemalja koje koriste usluge SMS-a su blago povećane sa 27 u 2012. na 32 u 2014.

Više od 80 odsto zemalja nisu zauzeli ovaj masovni kanal za pružanje javnih usluga.

Primer Švedska:

Švedska vlada je sprovela program širom zemlje koji se zove SMSlivraddare, ili SMSspasilacizivota, gde se građani volonteri mogu upisati da prime SMS tekstualne poruke, kada je žrtva sa srčanim udarom u blizini, omogućavajući obučanim građanima da stignu do žrtve i izvrše kardio oživljavanje. Nakon prijema upozorenja kroz hitne pozive, call centar će poslati SMS poruku sa adresom i kartom, spasiocuzivota koji se nalazi u rejonu od četvrt milje (oko 500 metara).

Žrtve srčanog udara mogu da dobiju najbržu moguću pomoć preko ovog automatskog SMS servisa i to je dokazano da može da spase više života u odnosu na oslanjanje na hitnu pomoć.

Prosečno vreme odziva od ambulante je osam minuta, dok SMS livraddare-volonteri su pokazali da brže reaguju i do žrtve stignu pre nego što hitna pomoć u 54 odsto slučajeva. Pokazalo se da je stopa preživljavanja posle srčanog udara porasla sa 3% na skoro 11%, u odnosu na proteklu deceniju.

7.4. Mobilni portali i mobilne aplikacije

Mobilni kanal je u suštini komunikacija koja nudi veću efikasnost usluga i u suštini pruža visok nivo personalizacije.

Korišćenje mobilnog kanala u e-upravi se takođe naziva mobilna vlada ili mVlada. Ne treba je posmatrati kao zamenu za e-upravu, već m-upravu treba posmatrati kao sastavni deo eVlade.

Broj zemalja koje nude mobilne aplikacije i mobilne portale udvostručen je od 2012. do 2014. godine.

Međutim, ovaj trend je daleko od svog potencijala i mogućeg zasićenja posebno u prevazilaženju digitalnog jaza od ugroženih i ranjivih grupa.

7.5. Društveni mediji

Do kraja 2013. godine, više od 90% kompanija, delimično ili u potpunosti koristi društvene medije. Malo je razloga zašto javni sektor ne bi trebalo da prihvati ovaj ubedljivi trend u svojim uslugama.

Kanal društvenih medija, kojem se može pristupiti preko desktop online-a i mobilnih uređaja, svakako treba koristiti za potrebe javnog sektora posebno za ugrožene i ranjive grupe. U poređenju sa drugim kanalima, može se smatrati da je više isplativiji kanal.

Implementacija kanala društvenih medija ne zahteva velike investicione troškove.

7.6. Info kiosci

Anketa iz 2014.godine, ocenjuje da li Vladin portal promovise korišćenje javnih kioska za svoje servise e-uprave, uključujući one u društvenim centarima, poštama i javnim bibliotekama.

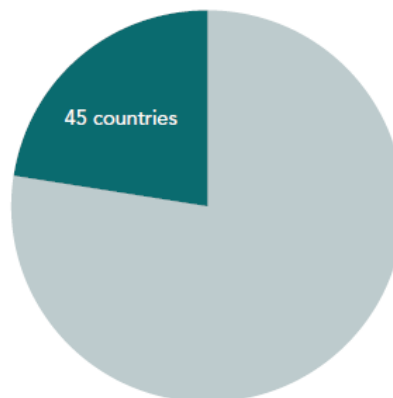
Postoji povećanje korišćenja javnih kioska od 24 zemalje (12,4 odsto) u 2012 do 36 zemalja (18,7 odsto) u 2014. godini.

Javni kiosci pružaju besplatan pristup uslugama na mreži, posebno u marginalizovanim i udaljenim oblastima u kojima IKT nije rasprostranjen.

Pružanje informacija o mogućnostima zapošljavanja, obrazovanja, poljoprivrednih informacija vezanih za tehnike sadnje i prevencije bolesti i druge vladine informacije i usluge, se mogu efikasno pružati preko info kioska.

7.7. Javno privatno partnerstvo

Prema anketi iz 2014. godine, 45 država je e-usluge rasporedilo putem ili u partnerstvu sa trećim licima, kao što su civilno društvo ili privatni sektor, uključujući javno-privatno partnerstvo (ppp).



Slika 5. broj država UN sa PPP servisima

7.8. Telefonske usluge

Vlade moraju da obezbede više kanala za različite korisnike, što im omogućava veći izbor usluga na mreži, na šalteru, preko telefona, na kiosku, ili putem mobilnog telefona.

Slično tome, glas je ostao osnovni kanal servisa e-uprave, naročito među najsiromašnijim i zemljama sa niskim dohotkom. Jedna studija pokazuje da telefon ostaje delotvoran kanal za rešavanje problema, dok su sajtovi efikasniji za dobijanje informacija.

Centralni korisnički servis grada Njujorka (311) dobio je nagradu UN javnih nacionalnih servisa 2012 godine.

Jedini nedostatak je visoka cena održavanja call centra i to je glavni faktor kada se gleda na uvođenje ove usluge u zemljama u razvoju.

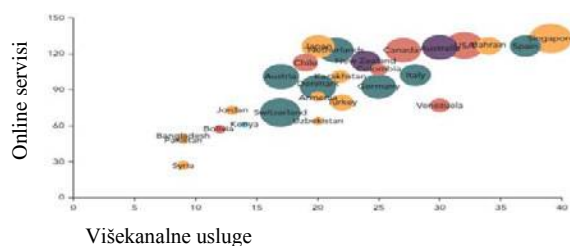
Prijavljeno je da polovina građana (46 odsto) u Evropskoj uniji ide na mrežu da traže posao, podnese poresku prijavu, registruju se za izdavanje pasoša ili koriste druge e-upravne usluge

Dizajniranje višekanalnog pristupa da ispuni ciljeve održivog razvoja nije samo pitanje razumevanja tehnologije; to je pitanje razumevanja građana, njihovih problema i potreba.

Za zemlje u razvoju sa malim ili nikakvim nasleđem u infrastrukturi, postoji potencijal da se dobar deo razvoja preskoči, efikasnijim korišćenjem raspoloživih sredstava.

Slika 6 ilustruje kako zemlje čine sve više da se integrišu kanali. U 2012. godini, 24 zemlje promovise upotrebu kioska kroz njihove portale, dok se u 2014. godini, beleži povećanje od skoro 40 odsto na 36 zemalja. Broj zemalja

koje promovišu upotrebu telefonskog plaćanja povećane su skoro trostruko, od 26 u 2012 do 69 u 2014. godini.



Slika 6. Prikaz integracije kanala za e-usluge

Strateški nacionalni okvir e-uprave koji obuhvata višekanalno pružanje usluga nije opcija, nego prirodna progresija od tehnološkog napretka u društvu, posebno sa tendencijom rasta mobilnih uređaja.

8. ONE STOP SHOP PORTAL

U anketi UN iz 2012. godine, 135 država (70% država članica) su ponudile „one-stop-shop“ portal. Definicija takvog portala je bila šira u 2012. godini i dozvoljavala je više slobode šta se moglo smatrati kao „one-stop-shop“ portal.

U 2014. godini, definicija „one-stop-shop“ je ponovo razmotrena i napravljena je restriktivnija i uža. Zato je broj država koje su još uvek klasifikovane da nude takav portal smanjen na 71 državu, odnosno 37% država članica.

	Države bez linkova ka ministarstvima	Države sa 1-5 linkova	Države sa 6-10 linkova	Države sa više od 10 linkova
Afrika	14	9	4	27
Azija	2	3	3	39
Evropa	2	0	3	38
Amerike	2	2	2	29
Oceanija	6	3	0	5

Slika 7. Države sa online portalima sa linkovima do ministarstava

Iako je upotreba IKT-a mnogo poboljšala dostavljanje servisa i smanjila vreme potrebno za neku vladinu transakciju da se procesuiru, e-uprava nosi svoje rizike.

Pošto vlade zahtevaju lične i nekad osetljive podatke, kao što su broj socijalnog osiguranja, informacije o bankarskim računima za plaćanje izdataka, ili zdravstvene profile da se elektronski dele, zaštita takvih podataka je ključna u izgradnji poverenja, i povećanju upotrebe online servisa.

Opcija upravljanja elektronskim identitetom na nacionalnim portalima je bitan način na koji vlade mogu regulisati, posmatrati i standardizovati pristup svojim online servisima.

Građani koji žele koristiti e-servise mogu pristupiti širokom dijapazonu online servisa kroz jedinstvene identifikacione podatke koji dozvoljavaju sistemu da prepozna korisnika, ponudi servise prema njegovim

potrebama i dozvoli jednostavno i brzo praćenje statusa transakcija.

Više od pola država članica UN, nude linkove do platformi za e-nabavku ili najave za ponudbene procese na svojim nacionalnim portalima. 63 države UN, nude takve opcije, a 55 država članica UN, nude informacije o rezultatima procesa nabavki/ponuda, 33 države nude informacije o monitoringu i evaluaciji postojećih ugovora, a 54 države nude online sistem praćenja za transakcije i aplikacije.

Veliki broj portala koji nude platforme e-nabavke su indikator da se vlade odmiču od jednostrane interakcije između privatnih i javnih sektora, gde su vlade jedini davaoci servisa i informacija građanima i poslovnim korisnicima, i primiču se dvostranoj interakciji, gde vlade takođe traže servise iz privatnog sektora kroz svoje online portale.

Da bi prešli preko tih izazova sa kojima se društva susreću, uključujući :

- iskorenjivanje siromaštva,
- klimatske promene,
- društvenu nepravdu,
- kršenje ljudskih prava,
- nezaposlenost,

vlasti pojačano adresiraju ekonomske, socijalne, i prirodne probleme na integrisan način kroz holističku transformaciju vlade i dostavljanjem servisa kroz integrisan i građanin-u-centru-vlasti pristup.

9. MOGUĆNOSTI ZA DALJI RAZVOJ E-UPRAVE

Postoji značajna prilika za zemlje sa visokim i srednjim EGDI-em da nastave da unapređuju svoj razvoj e-uprave. Sa jasnim strategijama, pametna ulaganja u IKT infrastrukturu, kontinuirano ulaganje u osnovno, srednje i visoko obrazovanje, kao i kroz radikalnu transformaciju u pružanju javnih usluga na mreži, vlade mogu da ostvare više u pružanju e-usluga.

Među srednjim EDGI zemljama, e-servisi se sve više isporučuju putem mobilnih uređaja.

Sektor telekomunikacije je važan pokretač privrednog rasta. IKT prihodi su porasli. Povećanje u stvaranju prihoda uglavnom se događa zbog eksponencijalnog povećanja korišćenja mobilnih tehnologija i usluga vezanih za njih.

Neke preporuke za dalji razvoj e-uprave:

- Vlada, da objavljuje svoje odgovore na komentare građana i daje povratne informacije. Na taj način bi pokazala da prati probleme i primedbe građana, da ih uzima u obzir i daje odgovore na njih.
- Treba težiti potpuno digitalnoj javnoj administraciji, sa napretkom u pružanju Government-to-Citizen (G2C) i Government-to-Business (G2B) usluga i multi-kanala za komunikaciju i transakcije.

Neki primeri e-uprave koji mogu da se iskoriste:

- Urugvaj, široko poznat kao zemlja na jugu sa najvećim izvozom softvera, pokazao je veliki napredak u EGDI i njegovim komponentama između 2012. i 2014. godine, sa povećanjem online usluga za 55% i poboljšanjem telekomunikacione infrastrukture za 27%.
- Jedna od mogućnosti razvoja je i razvoj projekta otvorenih podataka e-uprave, kao što je uradio Rio de Janeiro.
- Južna Koreja je postala lider u razvoju e-uprave uvođenjem transparentnog i efikasnog online pristupa i podjednako impresivnog e-mobilnog pristupa, razvijajući „citizen-centric“ strategiju.
- Republika Koreja i Japan su napredak postigli razvijenom infrastrukturom, visokom pismenošću (posebno IT pismenošću) i razvijenim ekonomijama.
- Vlada Japana kreirala je „New IT Reform Strategy“ sa ciljem smanjenja procenta nacionalne i lokalne samoupravne papirologije upotrebom aplikacija i formi podnesaka izvršenih na mreži.
- Australijski eVladin portal pruža široku A do Z listu eServisa i formi, federalne i lokalne nivoe, kao i konekcije sa nacionalnim, lokalnim i regionalnim vladinim web sajtovima. Portali takođe nude sekciju za startovanje karijere ili potragu za poslom onlajn; kao i informacije o startovanju biznisa u Australiji.
- Portal Novog Zelanda je one-stop-shop nudeći iste konektovane servise kao Australija, kao i aktuelne e-participacije, gde građani mogu poslati važna pitanja, ili podnositi račune. Dodatno, portal pruža građanima stranicu za e-konsultacije o pitanjima kao što su planiranje transporta i razvoja, bezbednost na radnom mestu, obrazovne stvari, okolina, zdravlje i biznis.

Sledeće preporuke će doprineti uspešnom e-učešću za održivi razvoj:

- Podešavanje pravnog i institucionalnog poretka da omogući slobodu informisanja, privatnosti i zaštiti podataka kako bi se osiguralo bezbedno okruženje e-učešća.
- Osposobiti ljude kroz razvoj kapaciteta za pismenost digitalnih medija za edukaciju građana i negovanje razvojnih veština.
- Izgraditi na postojeće inicijative e-uprave, platforme i kanale koje se već koriste od strane građana da stvore vidljivost, jače veze i poverenje javnosti po niskoj ceni.
- Promovisanje upotrebe IKT-a, digitalnih i društvenih medija alata za povećanje širenja informacija i angažovanja građana.
- Osigurati integraciju oflajn i onlajn komunikacionih alata za uključivanje političkog razvoja.

Iskorenjivanje siromaštva ostaje visoko na rasporedu globalnog razvoja i zahteva osnaživanje ljudi koji žive u siromaštvu i drugih ranjivih grupa sa javnim informacijama i servisima.

Različiti modaliteti i kanali postoje za proširenje dostave javnih servisa za sve ljude i neizostavljanje nikoga u ranjivim grupama.

Evolucija e-uprave treba da se zasniva na transformisanju načina na koji vladine ustanove funkcionišu, sa potrebama i očekivanjima građana u centru procesa reinženjeringa.

Pristup integrisane multikanalne dostave servisa je stoga obavezan za uspešnu implementaciju napretka.

Društvene mreže su napravile velike promene na načine na koji ljudi komuniciraju jedni sa drugima, i sa svojim vladama.

Slobodni vladini podaci i cloud computing pomešani sa pristupačnošću mobilnih uređaja su dalje obogatili ekosistem.

Postoje, međutim, povećana očekivanja od strane građana za lakši pristup više javnih informacija i servisa vlade, bilo gde i u bilo kojem vremenu putem različitih kanala.

10. ZAKLJUČAK

Javni sektor je pod pritiskom, da transformiše sebe da bi odgovorio na promene, i da istraži nove načine kako bi odgovorio na zahteve građana.

Ograničeni resursi u mnogim državama proteklih nekoliko godina su doveli do smanjenja budžeta za uspostavljanje i razvoj online servisa.

Međutim razvoj e-uprave je obaveza i stalan proces koji je neophodan i koji će dovesti do toga da se društvo bazirano na znanju i informaciono društvo, koristi da osposobi i obogati ljude kulturološki i materijalno i da se izgradi održivo društvo. Informaciono društvo je društvo u kome kreiranje, distribucija i rukovanje informacijama postaju važna ekonomska i kulturološka aktivnost.

Adekvatno planiranje i upravljanje realizacijom planova može da omogući ubrzan razvoj e-uprave i premošćavanje digitalnog jaza.

LITERATURA

[1] United Nations Department of Economic and Social Affairs, “United nationse-government survey 2014 E-Government for the Future We Want, 2014..

[2] Paroški, Konjović, Surla & Popović, „Development of eGovernment services in the Autonomous Province of Vojvodina“, ICT in Transition Economies, Information Technology for Development, 2015.

[3] Paroški M. “Modeliranje i implementacija ubrzanog razvoja elektronske uprave“ - doktorska disertacija, 2013.

[4] Paroški M., Konjović Z., Surla, D. , „Implementation of e-government at the local level in underdeveloped Countries“ The case study of AP Vojvodina. Research paper: The Electronic Library, 2013.

SIGURNOSNI ASPEKTI MOODLE PLATFORME SECURITY ASPECTS OF THE MOODLE PLATFORM

Aleksandar M Anđić, Ivana Ognjanović, Ramo Šendelj
Univerzitet Donja Gorica, Podgorica

Sadržaj – Konstantan razvoj informacionih tehnologija i činjenica da je u današnje vrijeme velikom broju korisnika dostupna brza internet konekcija, omogućio je razvoj brojnih servisa i online sistema za edukaciju. To je, između ostalog, omogućilo i stvaranje novih modela učenja kao što su *Distance learning* i *Blended learning*, koji podrazumijevaju korišćenje brojnih servisa za kolaboraciju među studentima i predavačima, distribuciju materijala, a ujedno posjeduju ugrađene komponente za praćenje rada studenta. Najčešće upotrebljavan sistem za online učenje je Moodle. Cilj autora ovog rada je da na što razumljiviji način predstave sigurnosne aspekte pomenute platforme, pa su svoju analizu podijelili u pet poglavlja. Nakon uvodnog dijela, u drugom poglavlju autori predstavljaju arhitekturu Moodle sistema, uz osvrt na određena uočena ograničenja. Treće poglavlje se bavi bezbjednošću same platforme i uočenim ranjivostima sistema. Narednim, četvrtim poglavljem autori su predstavili moguća rješenja za poboljšanje sigurnosti sistema. Na kraju, dat je uporedni prikaz ranjivosti Moodle platforme sa predlozima za poboljšanje bezbjednosti, na osnovu prethodno izvedene analize.

Abstract – An intensive development of information technologies and the fact that fast internet connection is available to a large number of users, has enabled the development of numerous services and online systems for education. This enables, among other things, the creation of new models of learning, such as *Distance learning* and *Blended learning*, which require the use of numerous services for collaboration among students and lecturers, distribution of materials, and also have built-in components to monitor student's work. The most commonly used system for online learning is Moodle. The aim of the present study is more comprehensible presentation of the security considerations of the mentioned platform. After the introduction, in the second chapter authors present the architecture of Moodle, with the presentation of certain perceived limitations. The third chapter relates to the security of the platform and the perceived vulnerabilities. In coming fourth chapter, the authors present possible solutions to improve the system security. Finally, a comparative view of the vulnerability of the Moodle platform with proposals for improving safety is given, based on previous analyzes.

1. UVOD

U posljednje vrijeme svjedoci smo intenzivnog razvoja informaciono komunikacionih tehnologija, što je, između ostalog, omogućilo i stvaranje novih modela učenja kao što su *Distance learning* i *Blended learning*. Ovi modeli podrazumijevaju korišćenje brojnih servisa za kolaboraciju među studentima i predavačima, distribuciju materijala, a

ujedno posjeduju ugrađene komponente za praćenje rada studenta (što vodi ka novoj disciplini, tzv. *learning analytics*). Usavršavanje ovih trendova je, takođe, omogućilo kompletno upravljanje procesom učenja (poznato kao *personalized learning*), pa su takvi sistemi sa razlogom nazvani *Learning Management Systems (LMS)*. Model učenja na daljinu je u sve većoj upotrebi iz razloga što nudi brojne pogodnosti, kao što su: vremenska i prostorna fleksibilnost, neposrednija i intenzivnija komunikacija između studenata i predavača, mogućnost korišćenja različitih interaktivnih sadržaja i medija za prezentovanje sadržaja prilagođenih studentima i sl.

U današnje vrijeme, postoji veliki broj online LMS sistema koje upotrebljavaju univerziteta širom svijeta. Prema brojnim statističkim podacima, najčešće u upotrebi je open-source rješenje MOODLE.

Upotreba ovih servisa zahtijeva personalizaciju podataka o studentu i njegovom napretku tokom učenja (podaci o uspjehu, lični podaci), što nameće problem koji je sve više izražen u digitalnom svijetu, problem sajber bezbjednosti. Upravo iz tog razloga, interesantno je posmatrati Moodle arhitekturu, sa aspekta bezbjednosti.

2. ARHITEKTURA I OGRANIČENJA MOODLE SISTEMA

MOODLE (*Modular object-oriented dynamic learning system*) predstavlja jedan zaista moćan sistem, razvijen uz poštovanje konstruktivnih i socijalno konstruktivističkih pedagoških principa. Njegova osnovna namjena je omogućavanje učenja na daljinu, ali se može koristiti i za druge projekte e-učenja i organizovanje online kurseva.

Moodle funkcioniše bez modifikacija operativnog sistema na kojem treba biti konfigurisan, a koji podržava PHP programski jezik. Podaci se čuvaju u bazi podataka, najčešće u MySQL ili PostgreSQL, za koje ujedno postoji i najbolja podrška. Međutim, bez problema može funkcionisati i sa drugim bazama, kao što su Oracle, Microsoft SQL Server, Microsoft Access, SQLite, SAP DB, Sybase i dr. [2]. To je sistem koji se sastoji od više nezavisnih komponenti, odnosno plugin-ova. Autori u [15] radi boljeg razumijevanja same arhitekture sistema, ove module klasifikuju u šest kategorija:

- komunikacioni moduli,
- moduli produktivnosti,
- moduli za učešće studenata,
- moduli za upravljanje sistemom,
- moduli za funkcionisanje kurseva i
- moduli za nastavni plan i program.

Komunikacioni moduli – objedinjuju *forume, razmjenu fajlova, internu ili eksternu komunikaciju i chat opciju*. Oni omogućavaju korisnicima da u okviru svojih postova priključuju i datoteke, kao i razne linkove. Pored navedenih pogodnosti, potrebno je razmišljati i o nekim nedostacima koje posjeduju ovi moduli, a koji se odnose na autentifikacione napade, napade na povjerljivost i napade na integritet. Naime, ovo može predstavljati jednu od slabih tačaka sistema ukoliko je komunikacija nesigurna, jer napadač može doći u situaciju da dobije pristup dokumentima na koja nema prava.

Moduli produktivnosti – objedinjuju module za *pomoć, pretraživanje, kalendar, napredovanje i pregled*. Ovi moduli, generalno, ne predstavljaju kritičnu tačku sistema. Međutim, potrebno je obratiti pažnju na jedan bitan detalj. Naime, curenje informacija je apsolutno nedopustivo, pa se mora učiniti sve kako bi se izbjegla mogućnost uvida u neke informacije koje drugi korisnici ne bi smjeli vidjeti.

Moduli za učešće studenata – moduli za *grupni rad i moduli za radionice*, zajedno sa modulom za *samoprocjenu i portfolio studenta*.

Moduli za upravljanje sistemom – moduli za *autentifikaciju, korisničku autorizaciju i autorizaciju kurseva, registracionu integraciju* i sl. Ovi moduli zavjeduju vjerovatno najveću pažnju, jer se radi o modulima koji omogućavaju prava korišćenja korisnicima. Autentifikacioni moduli omogućavaju Moodle sistemu korišćenje LDAP, IMAP, POP3, NNTP, kao i druge baze podataka kao izvor korisničkih informacija. Zato je otkrivanje i popravljavanje bilo kojih sigurnosnih nedostataka od presudnog značaja za bezbjednost ove platforme.

Moduli za funkcionisanje kurseva – moduli za *upravljanje kursovima, helpdesk modul, moduli za ocjenjivanje, moduli za praćenje napretka studenata*, kao i *moduli za testiranje*. Ovaj segment sistema je jedan od onih na koje treba najviše obratiti pažnju. Mogući napadi na ove module se odnose na napade integriteta, gdje može doći do neovlašćene izmjene podataka. Najkritičnije tačke predstavljaju moduli za upravljanje kursovima i moduli za ocjenjivanje.

Moduli za nastavni plan i program – moduli za *template kurseva* i moduli za *prilagođavanje*. Napadi na ovaj dio sistema su najmanje izraženi, obzirom na to da je svaka promjena veoma lako uočljiva.

Međutim, posmatrajući iz ugla korisnika, Moodle je okarakterisan kao kompleksan sistem za početnike. Preko 60% korisnika su predavači, istraživači i administratori. Uz to, instalacija je kompleksna za tehničare koji su početnici, dok uputstva za tu namjenu posjeduju veliki broj tehničkih izraza, koji su za njih nerazumljivi [3].

Da bi sistem pravilno funkcionisao, potreban je rad osobe koja će njim upravljati, kako bi se na adekvatan način ostvarila kooperacija među predavačima i tehničarima, u cilju postavljanja on-line materijala.

Takođe, kao još jedno od ograničenja navodi se nedostatak jednostavnosti u dobijanju podrške. Naime, forumi sadrže veliki broj informacija, ali su oni uglavnom na engleskom jeziku [3], što pojedinim korisnicima može predstavljati poteškoće u radu.

Moodle ne služi kao prostor za generalno skladištenje podataka. Studenti moraju originalne kopije fajlova čuvati u svojim lokalnim skladištima podataka, jer univerziteti koji hostuju sistem ne prihvataju bilo kakvu odgovornost za izgubljene ili oštećene fajlove u sistemu. Iako sam Moodle ima ugrađenu proceduru backup-a, kako bi se sistem vratio u funkciju ukoliko slučaju nepredviđenih okolnosti i otkazivanja sistema, odgovornost za sve važne podatke snosi sam student.

Uz to, potrebno je na kraju nastavne godine ili po završetku kursa pokrenuti kompletan backup podataka, jer se svi podaci kurseva na početku nove nastavne godine uklanjaju iz sistema. Nastavnici moraju voditi računa o tome da li su obezbijedili adekvatnu kopiju svih podataka koji su vezani za proces studiranja (ocjene, rezultati kvizova, postovi na forumima i sl.). Ukoliko se nastava izvodi u toku ljetnjeg perioda, predavači moraju na vrijeme kontaktirati IT koordinatora sistema, kako podaci za taj kurs ne bi bili uklonjeni prije vremena.

Konačno, računari na univerzitetima su uglavnom adekvatno zaštićeni antivirus zaštitom i redovno skenirani. Međutim, ni tada se sa sigurnošću ne može reći da su svi fajlovi koji se unose u Moodle sistem totalno bezbjedni. Naime, korisnici imaju mogućnost pristupa sistemu i sa lokacije udaljene od univerziteta, pa u cilju dodatne sigurnosti moraju obezbijediti antivirus zaštitu i na tim lokacijama, što se mnogim slučajevima ne poštuje.

3. BEZBJEDNOST MOODLE SISTEMA

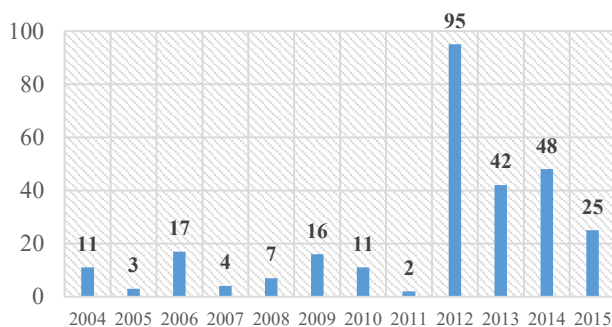
Kao i mnogi drugi sistemi, sa bezbjednosne tačke gledišta Moodle posjeduje određeni broj nedostataka. Prije svega, radi se o open source softveru. Kao takav, on je podložan modifikacijama od strane bilo kojeg korisnika, što sa sobom nosi jednako i prednosti i mane [6].

Statistički podaci uočenih ranjivosti Moodle sistema*, za period od 2004-2015. godine, pokazuju da ukupan broj istih iznosi **281** [4]. Najveći procenat od ukupnog broja odnosi se na XSS (Cross Site Scripting) i pribavljanje određenih informacija, tj. 23,1%, odnosno 22,1%.

Grafikon 1 prikazuje ukupan broj evidentiranih ranjivosti Moodle sistema za period 2004-2015 [4]. Može se jednostavno primijetiti da je u posljednje četiri godine broj

* Statistički podaci su predstavljeni u [4] od strane CVE (Common Vulnerabilities and Exposures), sistema koji je u vlasništvu MITRE Corporation, a koja se finansira od strane najvećih organa državne bezbjednosti SAD-a

znatno veći, kao i da je u toku 2012. godine broj dostigao vrijednost 95, nakon čega se bilježi tendencija pada prijave problema. U toku prethodne godine broj evidentiranih problema je smanjen na 25.



Grafikon 1 – Broj prijavljenih napada na Moodle sistem za period 2004-2015

Međutim, uvidom u prirodu prijavljenih problema i njihovu kompleksnost, zaključuje se da je od ukupnog broja samo šest označeno oznakom „high complexity“, dok su ostali problemi označeni sa „low“ ili „medium complexity“.

Model po kojem se metode i bezbjednosne ranjivosti grupišu je opšte prihvaćen kao tzv. AICA model (Authentication, Integrity, Confidentiality & Availability) [9,13].

U tabeli 1 su prikazane vrste napada i bezbjednosne ranjivosti koje se odnose generalno na sve LMS sisteme.

Vrsta napada	Bezbjednosne ranjivosti
Autentifikacioni napadi (Authentication)	1. Neispravna autentifikacija i upravljanje sesijama 2. Nesigurna komunikacija
Napad na dostupnost (Availability)	1. Onemogućavanje usluga (<i>Denial of service - DoS</i>) i Distribuirano onemogućavanje usluga (<i>Distributed denial of service - DDoS</i>)
Napad na povjerljivost (Confidentiality)	1. Nesigurno kriptografsko skladištenje 2. Nesigurno direktno objektno referenciranje 3. Curenje informacija i neadekvatno upravljanje greškama
Napad na integritet (Integrity)	1. Prelivanje bafera (<i>Buffer overflow</i>) 2. Cross Site Request krivotvorenje (<i>Cross Site Request Forgery</i>) 3. Cross Site Scripting 4. Injection nedostaci 5. Neuspješno ograničenje URL pristupa 6. Izvršenje malicioznih datoteka

Tabela 1 – Vrste napada i bezbjednosne ranjivosti u LMS sistemima

Naime, rezultati brojnih istraživanja su prikazali, između ostalog, nekoliko ključnih nedostataka koji mogu narušiti bezbjednost LMS sistema, pa samim tim i Moodle-a.

Autentifikacioni napadi (Authentication)

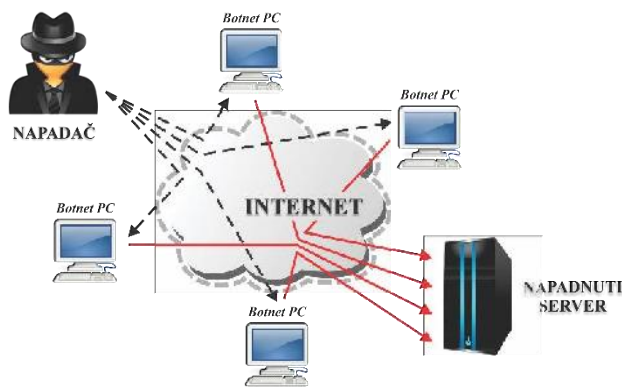
Autentifikacija je proces prilikom koga se provjerava i dokazuje identitet krajnjeg elementa komunikacije, uz

korišćenje digitalnog potpisa [17]. Do ovog tipa napada dolazi kada se napadač predstavi kao legitimni korisnik, koristeći već „ukradenu“ lozinku ili korisničke podatke, ili pristupi nalogu preko uređaja koji se već nalazi u sistemu, a sve sa jedinstvenim ciljem da sebi omogući slobodan pristup naplativim LMS sistemima i njihovim servisima [13,15]. U slučaju da napadač prevaziđe ovaj tip sigurnosti, tada dobija mnogo veću mogućnost za ostale tipove napada. Najčešće ranjivosti su [15,16,18]:

- *neispravna autentifikacija i upravljanje sesijama* (kada funkcije za upravljanje korisničkim podacima i tokeni za sesije nisu pravilno zaštićeni – npr. funkcije remember my password, forgot my password, change my password i sl.);
- *nesigurna komunikacija* (odnosi se na razmjenu informacija bez pravilne enkripcije).

Napad na dostupnost (Availability)

Glavni cilj napada na dostupnost nekog servisa je onemogućavanje dostupnosti istog autorizovanim korisnicima. Ovdje se najviše ističu Denial of Service (DoS) i Distributed Denial of Service (DDoS) napad. Na slici 1 je dat ilustrovani prikaz jednog DDoS napada.



Slika 1 – Ilustracija DDoS napada

Napad na povjerljivost (Confidentiality)

Tajnost podataka omogućava dostupnost sadržaja poruke samo onome kome je ona namijenjena, koristeći kriptografske funkcije u cilju enkripcije [17]. Ovaj tip napada spada u pasivne napade, a omogućava neautorizovani napad na povjerljive resurse, sa ciljem pristupa i širenja tajnih informacija [15]. Najčešće ranjivosti su:

- *nesigurno kriptografsko skladištenje* (odsustvo pravilne enkripcije podataka koji se skladište, jer LMS sistemi rijetko koriste kriptografske funkcije u svrhu zaštite podataka);
- *nesigurno direktno objektno referenciranje* (kada se objekti referenciraju direktno u web interfejs, bez prethodne autorizacije);
- *curenje informacija i neadekvatno upravljanje greškama* (nenamjerno predstavljanje osjetljivih informacija kroz poruke o greškama, koje se mogu iskoristiti za planiranje napada).

Napad na integritet (*Integrity*)

Integritet podataka garantuje zaštitu od izmjene istih. Naime, prilikom slanja podataka koristi se algoritam za kreiranje hash-a tog podatka, koji se prosljeđuje zajedno sa njim. Na prijemnoj strani, koristi se identičan algoritam i tada se hash-ovi upoređuju. Neslaganje hash-ova signalizira da je došlo do izmjene podatka, pa je na taj način narušen integritet [17]. Najznačajnije ranjivosti su:

- *Preliivanje bafera /Buffer overflow/* (kada jedna od komponenti sistema pokušava da sačuva podatak u slobodnom buffer-u, bez provjere svoje veličine; na taj način napadači mogu aktivirati svoj maliciozni kod unošenjem istog ili korišćenjem koda koji se već nalazi u adresnom prostoru [15]);
- *Cross Site Request krivotvorenje – CSRF, XSRF* (odnosi se na narušavanje povjerenja koje sistem garantuje korisniku, na način što će napadač unijeti maliciozni kod u email ili web stranicu i ako je korisnik logovan na taj sajt, njegov browser će zahtijevati pristup nekoj od postavljenih adresa. Zahtjev dolazi zajedno sa cookie-em, pa će ga server smatrati originalnim) [16];
- *Cross Site Scripting – XSS* (omogućava napadaču da postavi dinamičku web stranicu sa malicioznim kodom i pokrene ga u browser-u korisnika sa ciljem da dođe do podataka od korisnika; predstavlja ekstremno opasan napad jer omogućava vidljivost unosa svih korisnika) [15];
- *Injection nedostaci* (napad koji uz podatke unesene kroz online formu od strane regularnog korisnika može unijeti SQL query u aplikaciju; na taj način napadač može čitati osjetljive podatke, mijenjati ih i izvršavati administratorske operacije nad bazom podataka);
- *Neuspješno ograničenje URL pristupa* (omogućava pogađanje adresa i neovlašćen pristup nezaštićenim podacima, kojima imaju pristup samo administratori);
- *Izvršenje malicioznih datoteka* (ovakvi fajlovi se najčešće unose u sistem preko opcije upload-a, u situacijama kada LMS sistemi ne kontrolišu ili ne zabranjuju ovu opciju; obično preko upload-a domaćih zadataka).

Brojne studije su dovele do zaključka da postoje tri glavna tipa napada koji mogu ugroziti bezbjednost Moodle-a. To su:

- *predviđanje korisničkog imena* (Username Prediction),
- *predviđanje lozinke* (Password Prediction) i
- *otmica sesije* (Session Hijacking).

Predviđanje korisničkog imena i lozinke (napad na dizajn)

Moodle generalno posjeduje nedostatak u svom programskom dizajnu, a koji se odnosi na mogućnost predviđanja korisničkog imena i lozinke. Naime, ova vrsta napada se može izvesti koristeći brute force napad.

Kod predviđanja korisničkog imena, umjesto slanja zahtjeva konkretnog korisničkog imena, šalje se više njih sa proizvoljnom lozinkom. Moodle serveru će trebati više

vremena da odgovori na zahtjev kada je korisničko ime važeće, nego u suprotnom slučaju, pa se na taj način može i predvidjeti.

U slučaju da se radi o predviđanju lozinke, napadač šalje nekoliko zahtjeva ka Moodle serveru uz cookie sa praznim poljima. Na taj način se login failure funkcija reorganizuje i postavlja vrijednost na nulu, što omogućava napadaču da može isprobati neograničen broj lozinke [1].

Preuzimanje sesija

Između ostalog, dva napada na sesije su najefektivnija. To su *otmica sesije* i *fiksiranje sesije*.

Otmica sesije (Session Hijacking) spada u napade prisluškivanjem, gdje napadač prisluškuje komunikaciju između klijenta i servera i pokušava da dođe do bitnih informacija. Na taj način se on može predstaviti kao pravi korisnik i preuzeti kontrolu nad korisnikovom sesijom.

Naime, Moodle prepoznaje svoje sesije preko vrijednosti *MoodleSession* i *MoodleSessionTest*, smještene u header-u svakog HTTP zahtjeva koji se prosljeđuje [1,9]. Dobavljanje podataka kompletnog HTTP zahtjeva je relativno jednostavno, obzirom na to da Moodle koristi SSL tunele samo na login servisima i nekoliko administrativnih servisa, tj. u ostalim djelovima HTTP kod je izražen kao čitljiv tekst, pa se na taj način može lako i rastumačiti. Ovo napadaču omogućava jednostavno preuzimanje kontrole nad ciljanom korisničkom sesijom. U ovom slučaju, napadač može organizovati napad tako što će između komunikacije klijenta i servera postaviti tzv. sniffing program koji će za njegove potrebe osluškivati komunikaciju. Taj napad je poznat kao MITM napad (Man-in-the-middle attack) [8,11].

Fiksiranje sesije (Session Fixation) predstavlja aktivni napad, za razliku od prethodno opisanog napada koji je napad prisluškivanjem. On se svodi na presretanje konkretnog HTTP zahtjeva ciljanog korisnika [1].

Takođe, jedna od ranjivosti Moodle sistema koja je označena kao veoma kritična je situacija kada korisnik zaboravi da se izloguje sa sistema. Logovanjem na sistem Moodle aktivira sesiju korisnika i ona ostaje aktivna sve do pokretanja opcije LogOut. Ukoliko korisnik ne aktivira tu opciju, drugo lice može jednostavnim pretraživanjem istorije browser-a pristupiti prethodno zatvorenim stranicama i samom korisničkom nalogu na Moodle sistemu. Uz to, Moodle korisničke podatke čuva u cache memoriji, kojoj napadač kasnije može pristupiti i podatke iskoristiti za napad.

Na osnovu svega prethodno navedenog možemo zaključiti da postoje kritične sigurnosne tačke u samom dizajnu Moodle platforme na čije unaprjeđenje treba posebno obratiti pažnju.

4. PREPORUKE ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI

Generalno, da bi jedan ozbiljan informacijski sistem mogao pravilno funkcionirati, prije svega je potrebno da budu zadovoljeni određeni hardverski kriteriji.

Naime, prije same instalacije i konfiguracije Moodle platforme potrebno je obezbijediti server koji će posjedovati dovoljno operativne memorije (RAM), kako bi se izbjegao problem zglavlivanja sesija i usporenosti samog sistema. Naravno, ovo neće riješiti mogući problem ukoliko server ne posjeduje i brze hard diskove, po mogućnosti, konfigurisane u jedan od RAID sistema, radi redundantnosti podataka. Ukoliko je sistem predviđen za upotrebu od strane većeg broja korisnika, potrebno je razmisliti i o izboru adekvatnog procesora.

Takođe, potrebno je obratiti pažnju na podešavanja servisa koji će opsluživati samu platformu. Na primjer, ukoliko se za podršku platformi koriste PHP, Apache server i MySQL baza podataka, poželjno je omogućiti samo one opcije koje će se odnositi na konkretan sistem.

Uz sve to potrebno je stvoriti i sigurnosne predušlove, a koji se odnose na konfiguraciju sigurnosnog mrežnog harvera (firewall), redovno ažuriranje softvera i operativnog sistema na kojem je smještena Moodle platforma, uklanjanje nepotrebnog softvera i sl.

Konačno, neophodno je redovno realizovati backup procedure kompletnog Moodle sistema.

Kako bi se poboljšala bezbjednost same Moodle platforme, potrebno je neke segmente u softverskom dizajnu znatno unaprijediti.

Pristup sistemu koristeći CAPTCHA opciju – za prevazilaženje problema brute force napada na korisničke podatke za pristup sistemu, jedan od predloga se svodi na uvođenje CAPTCHA opcije prilikom logovanja. Ova opcija će omogućiti korisniku grafički generisan prikaz niza alfanumeričkih karaktera, koji nisu jednostavno čitljivi određenim malicioznim programskim kodovima za prepoznavanje karaktera, čime se sigurnost znatno povećava.

Nesigurna komunikacija – može se prevazići zaštitom kritičnih dijelova sistema, koristeći SSL sertifikate. Naravno, to će povećati opterećenje servera, što je u korelaciji sa prethodno iznesenim predlozima.

U suštini, da bi se izbjegao problem otmice sesija, predlaže se uvođenje SSL modela zaštite za kompletnu komunikaciju u Moodle sistemu. Na taj način će kompletna komunikacija između servera i browser-a korisnika biti enkriptovana, što će znatno otežati napade. Za uvođenje ovog modela zaštite, server na kojem se nalazi Moodle platforma mora posjedovati odgovarajući SSL sertifikat [8,9].

Zaštita od DoS i DDoS napada - jedno od mogućih rješenja je pravilno konfigurisanje *MaxClients* smjernice u

okviru Apache servera, što će omogućiti da se napad eliminiše prije nego kompletna memorija bude iscrpljena [15]. Uz to, poželjno je instalirati i konfigurirati *mod_evasive apache2 module*, koji predstavlja alat za detekciju prijetnji od DoS, DDoS i brute force napada. Takođe, može se koristiti i kao alat za upravljanje mrežnom komunikacijom.

Nesigurno kriptografsko skladištenje – bez obzira na činjenicu da brojni sistemi, kao i Moodle, koriste određene hash algoritme za prevenciju napada na lozinke korisnika, ove procedure se mogu prevazići korišćenjem tzv. metoda *Rainbow Tables*. Jedan od predloga za poboljšanje sigurnosti je upotreba *bcrypt library*, koji predstavlja modifikaciju *Blowfish* enkripcije [15].

Curenje informacija i neadekvatno upravljanje greškama – problem se obično javlja kod onih aplikacija koje su publikovane prije finalne pripreme za krajnje korisnike, bez pravilnog testiranja i bez onemogućavanja određenih parametara koji se odnose na osobe koje razvijaju taj sistem. Naime, radi se o aplikacijama ili sistemima u tzv. *development mode-u* ili *debug mode-u*, gdje se mogu pronaći parametri potrebni za pristup sistemu, kao što su: opcije za konekciju na bazu podataka, ime baze, korisničko ime i lozinka. Kao rješenje za ovaj problem se predstavlja *automatska produkciono-razvojna strategija*, koja bi korisnika upozorila na postojanje razvojnih podešavanja i predložila preusmjeravanje na produkcijski mod.

Prelivanje bafera (Buffer overflow) – problem se može izbjeći pažljivim programiranjem u programskim jezicima koji ne obezbjeđuju buffer overflow protekciju. Primjeri ovakvih jezika su C ili C++, kao i njihove modernizovane varijante, tj. Cyclone, koji nizovima dodjeljuje informacije o veličini.

Izvršenje malicioznih datoteka – prilikom upload-a podaci se obično čuvaju u nekom temporary folderu kome su dodijeljena sva prava, i čitanja i upisa, pa na taj način predstavljaju moguću prijetnju. Poželjno je da taj folder bude smješten na posebnoj disk particiji, uz postavljanje određenih ograničenja na prava, koja se odnose na izvršavanje upload-ovanih datoteka.

5. UPOREDNI PRIKAZ BEZBJEDNOSNE ANALIZE MOODLE SISTEMA

Na samom kraju, predstavljamo uporedni prikaz uočenih ključnih ranjivosti Moodle platforme, zajedno sa predlozima za njihovo prevazilaženje.

Uočene bezbjednosne ranjivosti	Moguće rješenje problema
Neispravna autentifikacija i upravljanje sesijama	uz unos korisničkog imena i lozinke dodati CAPTCHA opciju, kako bi se smanjio efekat brute-force napada
Nesigurna komunikacija	kompletnu komunikaciju između servera i korisnika treba zaštititi SSL modelom zaštite , uz korišćenje adekvatnog SSL sertifikata

Onemogućavanje servisa (DoS) i Distribuirano onemogućavanje servisa (DDoS)	<i>pravilno konfigurirati MaxClients smjernice na Apache serveru instalirati mod_evasive apache2 module za upravljanje mrežnom komunikacijom i detekciju prijetnji od DoS, DDoS i brute-force napada</i>
Nesigurno kriptografsko skladištenje	<i>upotreba bcrypt library, koja predstavlja modifikaciju Blowfish enkripcije</i>
Curenje informacija i neadekvatno upravljanje greškama	<i>postavljanje automatske produkcijsko-razvojne strategije, kako bi se korisnici upozorili na postojanje razvojnih podešavanja i preusmjerili na produkcijski mod</i>
Buffer overflow	<i>pažljivo programirati skripte u programskim jezicima koji ne obezbjeđuju buffer overflow protekciju (C, C++ ili modernizovanu varijantu Cyclone)</i>
Malicious file execution	<i>premjestiti temporary folder za uploadovane dokumente na drugu disk particiju i ograničiti mu prava</i>

Tabela 2 – Usporedni prikaz uočenih ranjivosti Moodle sistema, sa predlozima za njihovo prevazilaženje

ZAKLJUČAK

Da zaključimo, bilo koji informacijski sistem namijenjen većem broju korisnika mora zadovoljavati određene sigurnosne preduoslove. Takođe, moramo naglasiti da ne postoji idealan softver, koji u sebi ne sadrži određena ograničenja i ranjivosti.

Odgovorne kompanije kojima je stalo do konkurentnosti na globalnom tržištu, samim tim i poboljšanja svog softverskog rješenja, konstantno rade na testiranju kritičnih tačaka i pokušavaju da prevaziđu bilo koju nepravilnost koju identifikuju u toku rada. Upravo iz tog razloga Moodle na svojoj oficijelnoj web stranici javno objavljuje sve uočene probleme na koje im korisnici sugerišu.

U toku analize mogli smo primijetiti da Moodle zaista posjeduje brojne ključne ranjivosti koje se odnose na bezbjednost sistema. Takođe, naglašavamo da je analiza vršena u odnosu na Moodle platformu prve i druge generacije. Krajem 2015. godine Moodle je lansirao svoju treću generaciju softvera, tj. verziju 3.0 u kojoj su mnogi prethodno opisani problemi već prevaziđeni.

Izražavamo svoju nadu da će se postojeći problemi svesti na minimum i da će nam na raspolaganju biti platforma koja će u potpunosti zadovoljavati sve potrebe online edukacije, u bezbjednosnom smislu. Vrijeme će pokazati...

NAPOMENA

Analiza je izvedena u okviru aktivnosti Tempus projekta "Enhancement of cyber educational system of Montenegro" (<http://ecesm.net/>).

LITERATURA

[1] Arakelyan, V., „Vulnerable Security Problems in Learning Management System (LMS) Moodle“,

- Mathematical Problems of Computer Science, Vol. 39, pp 129-134, 2013.
- [2] Brandl, K., „Are you ready to „MOODLE“?“, Language Learning & Technology, Vol. 9, No. 2, pp 16-23, 2005.
- [3] Chavan, A., Pavri, S. „Open Source Learning Management in Moodle“, Linux Journal, Vol. 1, No. 2, pp 78-97, 2004.
- [4] CVE Details – The ultimate security vulnerability datasource – <http://www.cvedetails.com>
- [5] Defta, L., Iacob, M. „E-learning Security Vulnerabilities“, 4th World Conference on educational sciences (WCES), Barcelona, Spain, 2012.
- [6] Floyd, C., Schultz, T., Fulton, S. „Security Vulnerabilities in the open source Moodle eLearning System“, Proceedings of the 16th Colloquium for Information Systems Security Education, Florida, USA, 2012.
- [7] Gayoso Martinez, V., Hernandez Encinas, L., Queiruga Dios, A., Hernandez Encinas, A., Martin Vaquero, J. „Avoiding Sensitive Information Leakage in Moodle“, Literacy Information and Computer Education Journal (LICEJ), Special Issue, Vol. 2, Issue 2, 2013.
- [8] Khan, S., AlAjmi, M., Sharma, A. „Safety Measures Investigation in Moodle LMS“, Special Issue of International Journal of Computer Applications, 2012.
- [9] Kumar, S., Dutta, K. „Investigation on security in LMS Moodle“, International Journal of Information Technology and Knowledge Management, Vol. 4, No. 1, pp 233-238, 2011.
- [10] Levanić, D., Križarić, L. „Security of e-learning systems“, Technical Journal, Vol. 7, No. 3, pp 316-321, 2012.
- [11] Miletić, D. „Moodle Security“, Packt Publishing, Birmingham, UK, 2011.
- [12] Moodle Official Website Documentation – <http://www.moodle.org>
- [13] Nickolova, M., Nickolov, E. „Threat model for user security in e-learning systems“, International Journal „Information Technologies and Knowledge“, Vol. 1, 2007.
- [14] Saeed, F. „Comparing and Evaluating Open Source E-learning Platforms“, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), Vol. 3, Issue 3, 2013.
- [15] Stapić, Z., Orehovački, T., Đanić, M. „Determination of optimal security settings for LMS Moodle“, Proceedings of 31st MIPRO International Convention on Information Systems Security, Vol. 5, pp 84-89, Opatija, Hrvatska, 2008.
- [16] Rjaibi, N., Rabai, L., Aissa, A., Louadi, M. „Cyber Security Measurement in Depth for E-learning Systems“, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol. 2, No. 11, pp 1-15, 2012.
- [17] Kovinić, M. „Uvod u kriptografiju i infrastrukturu javnih ključeva (PKI), Akademska mreža Srbije (AMRES), 2010.
- [18] IBM Knowledge Center – <https://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/>

INFORMACIONA BEZBEDNOST U VIRTUELNOM OKRUŽENJU

INFORMATION SECURITY IN A VIRTUAL ENVIRONMENT

mr Rade Dragović¹, Vladimir Kačanovski², Dragan Dragović³, mr Đuro Klipa⁴

Direkcija za elektronsku upravu, Ministarstvo državne uprave i lokalne samouprave¹

Osnovni sud u Valjevu²

Agencija za privredne registre³

Ustavni sud⁴

Sadržaj - *Informaciona bezbednost je u modernom tehnološkom dobu važna oblast koja kroz zahteve u domenu tehnologija, organizacije i proceduralnih zahteva postavlja predušlove za funkcionisanje informacionih sistema. Uvođenjem virtualizacije, pojavljuju se i dodatni rizici u delu zaštite integriteta, raspoloživosti, autentičnosti i neporecivosti podataka. Rad ima za cilj da prezentira okvir postojećih standarda koji definišu predušlove za ostvarivanje informacione bezbednosti u virtuelnom okruženju.*

Abstract - *Information security in the modern technological age is an important area that gives requirements in the field of technology, organization and procedural requirements sets conditions for the operation of information systems. With the advent of virtualization requires, there are additional risks in the work of protecting the integrity, availability, authenticity and non-repudiation of data. The paper aims to present a framework to existing standards that define the conditions for realization information security in to virtual environments.*

1. UVOD

Informaciona bezbednost je jedan od značajnih zahteva koji se postavlja kao uslov informacionim sistemima. Informacioni sistemi koji su koncipirani da u okviru funkcionalnih zahteva imaju potrebu za razmenom podataka ostavljaju brojne mogućnosti za zloupotrebu. Uvođenje dodatnih proceduralnih zahteva, kratki rokovi za implementaciju, nedovoljno dokumentovane procedure i iznuđena rešenja samo značajno utiču na uređenje informacionih sistema. Da bi se onemogućila zloupotreba i obezbedila bezbednost podataka i celine informacionih sistema potrebno je preduzeti određene tehničke, pravno proceduralne i organizacione mere. Tehničke mere su ograničene na IKT platforme na kojima je razvijen, u kojima se održava i način kako se koristi informacioni sistem. Pravnim merama se kroz pozitivnu pravnu regulativu, definiše proceduralni okvir informacione bezbednosti. Ovim merama se uz primenu standarda definiše postupanje sa podacima, kao što je pravljenje rezervnih kopija, projektno tehnička softverska dokumentacija, dokumentacija o računarskim mrežama i sl. Ovim merama se takođe i definiše okvir postupanja sa podacima, kao što je zaštita podataka o ličnosti koji su uspostavljeni zakonom regulativom. Ne treba zaboraviti da su zahtevi zakonske regulative dinamički parametar informacione bezbednosti jer se promenom zakona, podzakonskih akata, uredbama vlade menja proceduralni okvir koji je osnova za funkcionisanje informacione bezbednosti. Svi propusti u projektovanju informacione

bezbednosti, ne mogu se naknadno lako doraditi a time i poštovati pravne predušlove za rad informacionih sistema. Funkcionisanje informacionih sistema u više država ili pravno proceduralnih celina u kojima se primenjuje svakako usložnjava i naglašava ovu komponentu informacione bezbednosti. Tehničke mere koje moraju da obezbede projektovane funkcionalnosti informacionog sistema uz potpuno uvažavanje pravno proceduralnih zahteva u realnom tehničko/tehnološkom okruženju svakako su dodatni izazov; npr. praćenje nivoa više parametara relane bezbednosti koje određeno vendorsko rešenje može da pruži u realnom okruženju. U slučaju inhouse razvoja, provere nivoa potencijalnog rizika koji se može realizovati kroz tehnološki nivo svakako je pretežni posao informatičkog održavanja sistema i stručnosti IKT organizacione jedinice koji tu aktivnost sprovodi. Tehničke mere podrazumevaju direktne mere za tehničke sisteme i podsisteme, ali i indirektno infrastrukturne sisteme koji se koriste za podršku, a na kojima se bazira željeno funkcionisanje informacionog sistema. Organizaciona dimenzija zahteva informacione bezbednosti obuhvata pravno proceduralne i tehnološke zahteve sa direktnim organizacionim zaduženjem odgovornosti za pojedince u sistemu. Tačno se mora znati ko je za šta odgovoran, ko odobrava delovanje po pojedinim aktivnostima, ko je podrška, ko se konsultuje i ko se informiše u svim fazama realizacije aktivnosti nad uređenim informacionim sistemom. Primer dobro podeljenih organizacionih zaduženja/odgovornosti je uspostavljanje RASCI matrice odgovornosti. Standard za informacionu bezbednost ISO/IEC 27001 kroz svoje zahteve jasno insistira na zadovoljenju zahteva u domenu tehnologije, pravno proceduralnim zahtevima i organizacionim merama. Standard za informacionu bezbednost je u mnogim državama, pa i Srbiji (SRPS ISO/IEC 27001), usvojen kao nacionalni standard pa kao takav ima i obavezu primene u domenu državnih institucija i institucija javnog sektora, za razliku od međunarodnih standarda koji imaju dimenziju preporuke ali ne i obaveznosti.

2. CLOUD COMPUTING I DISTRIBUIRANE PLATFORME

Cloud computing (računarstvo u oblaku) predstavlja isporuku IT resursa i kao uslugu krajnjem korisniku. Koncept računarstva u oblaku se oslanja na deljenje resursa preko mreže, najčešće Interneta. Krajni korisnici pristupaju aplikacijama u oblaku dok se softver i podaci nalaze na servirama na udaljenoj lokaciji. Postoje tri osnovna tipa računarstva u oblaku:

- Softver kao usluga, SaaS (Software as a Service); Korisniku se pruža mogućnost upotrebe dostupnih

aplikacija koje se nalaze u infrastrukturi oblaka. Aplikacije su dostupne putem Interneta s različitim klijentskih uređaja, koji su tanki klijenti (PDA uređaji, tableti, mobilni telefon) i bogati klijenti (desktop i laptop računari). Provajder je vlasnik pozadinske infrastrukture, uključujući mrežu, servise, operativne sisteme, sistem za skladištenje podataka, kao i konkretnog softvera. Provajder klad usluge ima kontrolu nad kompletnom infrastrukturom, dok korisnik može koristiti iznajmljeni softver. Korisnici dele resurse provajdera na kojima se nalazi iznajmljeni softver. S korisničke strane to znači da nema dodatnog softverskog ili hardverskog ulaganja, kao ni usluga održavanja sistema za koje je zadužen provajder.

- Platforma kao usluga, PaaS (Cloud Platform as a Service); Usluga omogućuje korisniku uspostavljanje razvojnog i produkcionog okruženja na strani provajdera, bez potrebe ulaganja u infrastrukturu i njenog održavanja. Korisnik može razvijati, testirati i distribuirati vlastite aplikacije koje se pokreću na infrastrukturi provajdera. Provajder obezbeđuje platformu i izvršno okruženje koja najčešće uključuje servere, mrežnu infrastrukturu, sistem za skladištenje podataka, operativne sisteme i programske jezike. Korisnik ima kontrolu nad aplikacijama i posredničkim slojem dok provajder kontroliše ostale slojeve infrastrukture. Pogodnost se ogleda u tome što tim koji radi na razvoju softvera nije ograničen geografskom lokacijom, resursima ostalih članova tima.

- Infrastruktura kao usluga, IaaS (Cloud Infrastructure as a Service). korisniku je kao usluga pružena mogućnost korišćenja računarske infrastrukture uglavnom virtualne platforme. Korisniku je pružena mogućnost upravljanja obradom, skladištenjem podataka, umrežavanjem i drugim osnovnim računarskim resursima. Korisnik može pokrenuti različite vrste programske podrške, od operativnog sistema do aplikacija, i on sam je odovaran za održavanje softvera.

Osnova računarstva u oblaku je konvergentna infrastruktura, koju čine različite IT tehnologije povezane u jednu logičku i funkcionalnu celinu, kao apstrakcija fizičkih resursa virtualizacijom. U modelu računarskog oblaka razlikuju se dva odvojena dela sistema:

- eksterni (front end), koji je korisnički deo i obuhvata delove infrastrukture koji su pod kontrolom korisnika kao i sam način pristupa korisnika usluzi, i
- zadnji deo (back end), koji obuhvata infrastrukturu Cloud provajdera.

Angažovanje visoko stručnih zaposlenih IKT eksperata koji opslužuju tradicionalne separatne multivendorske informacione sisteme po geografski distribuiranim državnim orgnima, predstavlja okruženje koje nema ni naznaka da primenjuje standard ili bar principe informacione bezbednosti. Novi koncepti virtualizacije, uvođenjem cloud computinga i distribuiranih platformi sistema koji su po funkcionalnim/proceduralnim zahtevima srodni, obezbedila bi manji broj potrebnih stručnih IKT eksperata uz manji broj srednje stručnih eksperata – administratora na geografski razuđenim lokacijama države. Ovakva racionalizacija IKT osoblja bi uz smanjenje troškova svakako povećala efikasnost, uvela

sve prednosti centralizovanih sistema i pre svega omogućila uvođenje informacione bezbednosti prema najvišim standardima. Postoji više vrsta virtualizacija:

- Hardverska/serverska virtualizacija,
- Virtualizacija skladišta podataka / storidža,
- Softverska virtualizacija,
- Mrežna virtualizacija,
- Virtualizacija desktopa.

Hardverska/serverska virtualizacija je najzastupljeniji oblik virtualizacije i baziran je na korišćenju virtualnih mašina. Optimizacija resursa se vodi kroz optimizaciju CPU, radne memorije, skladišnog prostora. Postoje primeri dobre prakse koji su u primeni u državnim organima.

Virtualizacija skladišta podataka/storidža pravi jedinstvenu logičku lokaciju gde se smeštaju podaci, gde može postojati i više fizičkih lokacija. Podaci mogu biti premešteni na drugu lokaciju bez smanjenja performansi sistema ili prekida rada korisnika.

Softverska virtualizacija za rad koristi samo jedan softver umesto kupovine potrebnog broja softvera/licenci za rad na pojedinačnim fizičkim serverima. Troškovi licenciranja daju prednost ovom vidu virtualizacije. Virtualizacija mreža je kombinovanje realnih mrežnih resursa u cilju stvaranja virtualnih entiteta, odnosno virtualne mreže. Neki od najvećih bezbednosnih propusta uočeni su u delu loše konfiguracije sigurnosti virtualnih mreža.

Virtualizacija desktop okruženja krajnjeg korisnika primenjuje se za klijente čiji posao je potpuno definisan dokumentovanim procedurama koje se ne menjaju u kratkom vremenskom roku a obavljanje poverenih poslova ne zahteva prisustvo na tačno određenoj lokaciji.

Bez obzira na sve prednosti koje virtualizacija ima, problemi bezbednosti su složeniji u odnosu na tradicionalne data centre. Pored problema izloženosti putem Interneta, postoji i problem bezbednosti Informacionog sistema i podataka koji mogu biti ugroženi od strane pružaoca usluge, koji sada ima pristup čitavoj infrastrukturi. Tradicionalni data centri su najčešće uspešno branjeni primenom firewall-a i mehanizama za detekciju i sprečavanje različitih zlonamernih napada, što u slučaju clouda nije dovoljno jer se iza firewall-a često nalazi još puno korisnika i njihove virtualne infrastrukture do koje imaju slobodan prolaz. Ovi problemi nisu nerešivi. Međutim, potreban je temeljan pristup izradi rešenja prema utvrđenim principima i standardima gde za improvizacije i polovična rešenja ne može biti mesta.

Kada je u pitanju bezbednost podataka, možda ključni bezbednosni aspekt predstavlja enkripcija podataka. Brojna pravna pitanja, bezbedan backup i neophodna visoka raspoloživost koju bi pružalac trebao da obezbedi, dodatno otežava odluku o izboru cloud servisa. Iz tog razloga, prilikom izbora pružaoca usluge, potrebno je uzeti u obzir samo one koji ispunjavaju baš sve neophodne zahteve i standarde.

3. STANDARDI INFORMACIONE BEZBEDNOSTI I DRUGI REFERENTNI U OBLASTI CLOUD COMPUTING-A I DISTRIBUIRANIH PLATFORMI

Međunarodni standard za informacionu bezbednost je ISO/IEC 27001 Information technology - Security techniques - Information security management systems – Requirements, dok je oznaka identičnog nacionalnog standarda SRPS ISO/IEC 27001 Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Sistemi menadžmenta bezbednošću informacija - Zahtevi. Standard specificira zahteve za uspostavljanje, primenu, rad, praćenje, preispitivanje, održavanje i poboljšavanje dokumentovanog ISMS-a unutar konteksta ukupnih poslovnih rizika u organizaciji. On specificira zahteve za implementaciju bezbednosnog upravljanja prilagođenog potrebama pojedinih organizacija ili njihovih delova. Kroz kontrole sadržane u Aneksu A standarda definisani su kontrole na koje posebno treba obratiti pažnju prilikom implementacije cloud/virtuelnih rešenja:

- Kontrola A.6.2.2 - Rad sa udaljenosti. Kontrola zahteva implementiranje politika i pomoćnih mera bezbednosti da bi se zaštitile informacije kojima se pristupa, koje se obrađuju i čuvaju na udaljenim lokacijama.

- Kontrola A.8.1.3 - Prihvatljivo korišćenje imovine. Kontrola zahteva da se identifikuju, dokumentuju i implementiraju pravila za prihvatljivo korišćenje informacija i imovine povezanih sa informacijama i opremom za obradu informacija.

- Kontrola A.9.1 - Poslovni zahtevi za kontrolu pristupa. Kontrola zahteva ograničenje pristupa informacijama i opremi za obradu informacija.

- Kontrola A.9.2 - Menadžment pristupima korisnika. Kontrola zahteva osiguranje pristupa ovlašćenim korisnicima i sprečavanje neovlašćenog pristupa sistemima i uslugama.

- Kontrola A.9.3 - Odgovornosti korisnika. Kontrola zahteva da se korisnici učine odgovornim za očuvanje njihovih informacija o proveri verodostojnosti.

- Kontrola A.9.4 - Kontrola pristupa sistemu i aplikacijama. Kontrola zahteva sprečavanje neovlašćenog pristupa sistemu i aplikacijama.

- Kontrola A.10.1 - Kriptografske kontrole. Kontrola zahteva osiguranje odgovarajućeg i efektivnog korišćenja kriptografije da bi se zaštitili poverljivost, verodostojnost i/ili integritet informacija.

- Kontrola A.12.6 - Menadžment tehničkim ranjivostima. Kontrola zahteva sprečavanje iskorišćavanja tehničkih ranjivosti.

- Kontrola A.12.6.1 - Menadžment tehničkim ranjivostima. Kontrola zahteva da se blagovremeno prikupe informacije o tehničkim ranjivostima informacionih sistema koji se koriste, vrednovati izloženost organizacije tim ranjivostima i preduzeti odgovarajuće mere uzimajući u obzir pripadajući rizik.

- Kontrola A.13.2 - Prenos informacija. Kontrola zahteva održavanje bezbednosti prenosa informacija unutar organizacije i sa bilo kojim eksternim entitetom.

- Kontrola A.15.1 - Bezbednost informacija u odnosima sa isporučiocima. Kontrola zahteva osiguranje zaštite

imovine organizacije koja je dostupna isporučiocima.

- Kontrola A.15.2 - Menadžment uslugama koje pruža isporučilac. Kontrola zahteva održavanje dogovorenog nivoa bezbednosti informacija i pružanja usluga u skladu sa sporazumima o pružanju usluga isporučioca.

- Kontrola A.17.1 - Kontinuitet bezbednosti informacija. Kontrola zahteva kontinuitet bezbednosti informacija mora biti ugrađen u sisteme menadžmenta kontinuitetom poslovanja organizacije.

- Kontrola A.17.2 - Redundanse. Kontrola zahteva obezbeđivanje dostupnosti sredstava za obradu informacija.

- Kontrola A.18.1 - Usklađenost sa zakonskim i ugovornim zahtevima. Kontrola zahteva izbegavanje kršenja bilo kojih propisa, zakonskih, statutaranih ili ugovornih obaveza koje se odnose na bezbednost informacija, kao i bilo kojih zahteva za bezbednost.

- Kontrola A.18.1.1 - Identifikacija primenljivih zakona i ugovornih zahteva. Kontrola za svaki informacioni sistem i organizaciju zahteva da se eksplicitno identifikovati, dokumentovati i ažurno održavati svi odgovarajući zahtevi iz zakona, propisa, zatim statutaranih ugovornih zahteva, kao i pristup organizacije ispunjavanju tih zahteva.

- Kontrola A.18.1.4 - Tajnost i zaštita informacija o ličnosti. Kontrola zahteva da se moraju osigurati tajnost i zaštita informacija o ličnosti onako kako se to zahteva u odgovarajućim zakonskim aktima i propisima, gde je to primenljivo.

Pored implementacije standarda ISO/IEC 27001 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Sistemi menadžmenta bezbednošću informacija - Zahtevi, potrebno je uz neizostavni Kodeks prakse ISO/IEC 27002 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Pravila prakse za kontrole bezbednosti informacija i ISO/IEC 27003 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Smernice za implementaciju sistema menadžmenta bezbednošću informacija, ISO/IEC 27004 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Menadžment bezbednošću informacija - Merenje i ISO/IEC 27005 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Menadžment rizicima po bezbednost informacija.

Uvođenje virtualizacije u poslovanje određene organizacione strukture nadležne za funkcionisanje informacionog sistema svakako će zahtevati i implementaciju standarda: ISO 22301 - Društvena bezbednost - Sistemi menadžmenta kontinuitetom poslovanja - Zahtevi, ISO/IEC 20000-1 - Informacione tehnologije - Menadžment uslugama - Deo 1: Zahtevi za sistem menadžmenta uslugama, ISO/IEC 20000-2 - Informacione tehnologije - Menadžment uslugama - Deo 2: Uputstvo za primenu sistema menadžmenta uslugama, a u mnogim organizacijama i ISO 9001 - Sistemi menadžmenta kvalitetom - Zahtevi.

Neizostavna je primena standarda ISO/IEC 27013 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Smernice za integrisanu primenu ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 20000-1, kao i standarda ISO 37500 – Smernice za outsourcing.

U okviru porodice standarda 27K za uvođenje cloud rešenja potrebno je neizostavno primeniti sledeće standarde:

- ISO/IEC 27017 -Pravila prakse za kontrolu informacione bezbednosti na osnovu ISO / IEC 27002 za cloud usluge,

ISO/IEC 27018 -Pravila prakse za zaštitu ličnih podataka (personally identifiable information - PII) u javnim oblacima delovanja kao PII procesora,

ISO/IEC 27010 -Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Menadžment bezbednošću informacija za komunikaciju između sektora i između organizacija,

ISO/IEC 27013 -Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Smernice za integrisanu primenu ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 20000-1,

ISO/IEC 27032 -Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Smernice za sajber bezbednost,

ISO/IEC 27034-1 Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Bezbednost aplikacije - Deo 1: Pregled i pojmovi,

ISO/IEC 27037 -Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Smernice za identifikovanje, prikupljanje, preuzimanje i očuvanje digitalnih dokaza,

ISO/IEC 27040 - Information technology - Security techniques - Storage security; Pruža detaljne tehničke smernice o tome kako organizacije trebaju da definišu odgovarajući nivo ublažavanja rizika korišćenjem dobro proverenog i doslednog pristupa planiranju, projektovanju, dokumentovanju, i sprovođenju bezbednosti za skladištenje podataka. Bezbednost skladištenja podataka (Storage security) se odnosi na bezbednost podataka gde se skladišti i sigurnost podataka koje se prenose preko komunikacionih linkova (u vezi sa skladištenjem). Bezbednost skladištenja podataka uključuje bezbednost uređaja i medija, sigurnost aktivnosti upravljanja u vezi sa uređajima i medijima, bezbednost aplikacija i usluga, kao i bezbednosti koje su relevantne za krajnje korisnike tokom trajanja uređaja i medija i nakon završetka upotrebe.

Bezbednost skladištenja je relevantno za sve učesnike koji su uključeni u posredovanje, poslovanje, ili korišćenje uređaja za skladištenje podataka, medija i pripadajućih mreža. Ovo uključuje najviše rukovodstvo, kao i druge netehničke menadžere ili korisnike, pored menadžera i administratora koji imaju posebne odgovornosti za informacionu bezbednost ili bezbednost skladišta podataka, rad skladišta podataka, ili koji su odgovorni za ukupnu bezbednost organizacije i razvoj bezbednosnih politika. Za bilo koga ko je uključen u planiranje, projektovanje i sprovođenje arhitekture aspekata bezbednosti skladištenja i mrežne bezbednosti. Standard daje pregled koncepata bezbednosti skladištenja i srodnih definicija. On obuhvata uputstva o aspektima pretnja, dizajn, i kontrole u vezi sa tipičnim scenariom skladištenja i oblasti tehnologije skladištenja. Pored toga, pruža reference ka drugim međunarodnim standardima i tehničkim izveštajima koji se odnose na postojeće prakse i tehnike koje se mogu primeniti na bezbednost skladišta.

ISO/IEC 27041 - Informaciona tehnologija - Sigurnosne tehnike - Vodič za obezbeđivanje pogodnosti i adekvatnosti metode istrage o incidentu,

ISO/IEC 27042 - Informaciona tehnologija - Sigurnosne tehnike - Smjernice za analizu i interpretaciju digitalnih dokaza,

ISO/IEC 27043 - Informaciona tehnologija - Sigurnosne tehnike - Istrage incidenata, principi i procesi

Komisija ISO/IEC JTC 1/SC 38 Cloud Computing and Distributed Platforms je kroz podkomisije/radne grupe:ISO/IEC JTC 1/SC 38/WG 3 Cloud Computing Service Level Agreements (CCSLA), ISO/IEC JTC 1/SC 38/WG 4 Cloud Computing Interoperability and Portability (CCIP), ISO/IEC JTC 1/SC 38/WG 5 Cloud Computing Data and its Flow (CCDF) definisala okvir standarda koji su potrebni za uspostavljanje CLOUD computing i distribuiranih platformi. To su:

- ISO/IEC 17203 Information technology - Open Virtualization Format (OVF) specification; ovim standardom se preciziraotvoren, siguran, portabilan, efikasaniproširivformat zapakovanje i distribucijusoftverakoji će raditi na virtuelnimmašinama.

- ISO/IEC 17788 Information technology - Cloud computing - Overview and vocabulary; Standard daje pregled cloud computinga zajedno sa nizom termina i definicija. On je terminološki osnov za cloud computing standarde. Može se primeniti na sve vrste organizacija (komercijalna preduzeća, vladine institucije, neprofitne organizacije, ...).

- ISO/IEC 17789 Information technology - Cloud computing - Reference architecture; Standardom se precizira cloud computing referentna arhitektura (cloud computing reference architecture - CCRA). Referentna arhitektura obuhvata cloud computing uloge, cloud computing aktivnosti, i cloud computing funkcionalne komponente i njihove veze.

- ISO/IEC 17826 Information technology - Cloud Data Management Interface (CDMI). Standard precizira interfejs za pristup cloud storidžu kao i za upravljanje podacima koji su tamo skladišteni. Može se primeniti i za programere koji vrše implementaciju ili koriste skladištene podatke.

- ISO/IEC 17963 Web Services for Management (WS-Management) Specification. Standard opisuje Web servis protokole bazirane na SOAP za upotrebu u specifičnim oblastima upravljanja. Ovi domeni uključuju upravljanje entitetima, kao što su računari, serveri, uređaji, Web Servisi i druge aplikacije upravljivih entiteta. Usluge mogu izložiti samo WS-Management interfejs ili sastaviti WS-Management interfejs sa nekim od mnogih drugih Web service specifikacija. Ključne aplikacije za ove servise su u oblasti upravljanja sistemima. Kako bi se promovisala interoperativnost između aplikacija za upravljanje i upravljanim resursima standard identifikuje osnovni skup specifikacija Web servisa i zahteva korišćenja koji se izlažu kao zajednički skup operacija centrale ka svim upravljanim sistemima. Ovo uključuje mogućnost da se uradi sledeće:

a) dobijanje, postavljanje (Update), kreiranje, i brisanje pojedinačnih instanca resursa, kao što su podešavanja i dinamičke vrednosti;

b) navođenje sadržaja kontejnera (podataka) i kolekcija (podataka), kao što su velike tabele i logovi;

c) praćenje događaja koje emituju upravljani resursi;
 d) izvršavanje specifičnih metode upravljanja sa jasnim evidentiranjem ulaznih i izlaznih parametara.

U svakoj od ovih oblasti okvira, standard definiše minimalne zahteve za implementaciju za usklađenost implementacije Web servisa. Implementacija je spremna da se proširi iza ovog skupa operacija, i da bira da ne podržava jednu ili više prethodnih oblasti funkcionalnosti ako funkcionalnost nije primerena ciljnom uređaju ili sistemu. Standard ima nameru da ispuni sledeće uslove:

a) da ograniči Web servis protokole i formate tako da Web usluge mogu da se implementiraju sa malim opterećenjem u oba hardvera i softvera za upravljanje servisima;
 b) da odredi minimalne zahteve za usklađenost bez ograničavanja naprednijih implementacija;
 c) da osigura kompatibilnost i interoperabilnost sa WS - Management verzijom 1.0;
 d) da osigura usklađenost sa specifikacijama drugih veb servisa.

- ISO/IEC FDIS 18384-1.2 Information technology - Reference Architecture for Service Oriented Architecture (SOA RA) - Part 1: Terminology and concepts for SOA. Standard uspostavlja rečnik, smernice i opšte tehničke osnovne principe Servisno Orjentisane Arhitekture (SOA), uključujući principe koji se odnose na funkcionalni dizajn, performanse, razvoj, primenu i upravljanje.

- ISO/IEC FDIS 18384-2.2 Information technology - Reference Architecture for Service Oriented Architecture (SOA RA) - Part 2: Reference Architecture for SOA Solutions

- ISO/IEC FDIS 18384-3.2 Information Technology - Reference Architecture for Service Oriented Architecture (SOA RA) - Part 3: Service Oriented Architecture Ontology

- ISO/IEC DIS 19086-(1,2,3) Information technology - Cloud computing - Service level agreement (SLA) framework - Part 1: Overview and concepts - Part 2: Metrics - Part 3: Core requirements

- ISO/IEC AWI 19941 Information Technology - Cloud Computing - Interoperability and Portability

- ISO/IEC CD 19944 Information Technology - Cloud Computing - Data and their Flow across Devices and Cloud Services

- ISO/IEC TR 30102 Information technology - Distributed Application Platforms and Services (DAPS) - General technical principles of Service Oriented Architecture; Standard opisuje opšte tehničke osnovne principe naglašavajući Servisno orijentisanu arhitekturu (SOA), uključujući principe koji se odnose na funkcionalni dizajn, performanse, razvoj, primenu i upravljanje. Standard daje rečnik koji sadrži definicije termina relevantne za SOA. Standard uključuje domenski nezavisni tehnički okvir, adresiranje funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva.

Iako u okviru porodice 27K postoji standard ISO/IEC 27005:2011 Information technology - Security techniques - Information security risk management (SRPS ISO/IEC 27005:2013 - Informacione tehnologije - Tehnike bezbednosti - Menadžment rizicima po bezbednost

informacija) preporuka je autora na bazi iskustva da se koristi standard ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines (SRPS ISO 31000:2015 - Menadžment rizikom - Principi i smernice) kao standard koji pruža bolje mogućnosti za primenu u realnom okruženju jer uzima u obzir različite potrebe specifične organizacije, njene posebne ciljeve, kontekst, strukturu, funkcionisanje, procese, funkcije, projekte, proizvode, usluge ili imovinu i primenjene specifične prakse.

4. ZAKLJUČAK

Prelazak na Cloud okruženje nije apriori neprihvatljivo rešenje sa aspekta informacione bezbednosti ali je ispunjenje zahteva navedenih standarda svakako neophodno kako bi se obezbedili preduslovi za uređeno funkcionisanje IKT sistema. Zahtevi u pravno proceduralnom, tehnološkom i organizacionom domenu moraju biti detaljno analizirani i regulatorno referencirani, jasno dodeljeni u pogledu odgovornosti uloga i na kraju implementirani u jasno dokumentovanom tehnološkom okruženju.

LITERATURA

[1] ITU-T, Security in Telecommunications and Information Technology, ITU 2015

[2] R. Dragović, B. Perović, Lj. Pešić, E. Nuhović, Đ. Klipa, Preporuke za unapređenje bezbednosti baza podataka u pravosudnom informacionom sistemu YUINFO 2012, Zbornik radova

[3] Đ. Klipa, R. Dragović, Bezbednost i tehnološki aspekti društvenih mreža, YUINFO 2012, Zbornik radova

[4] R. Dragović, V. Kačanovski, B. Perović, Politika bezbednosti pravosudnog informacionog sistema, YUINFO 2011, Zbornik radova

[5] R. Dragović, Data mining sistemi kao podrška istražnim radnjama, YUINFO 2011, Zbornik radova

[6] Nikolić V., Dragović R., Interoperabilnosti i bezbednost eGovernment Republike Srbije, TELFOR 2014, Zbornik radova

[7] 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

[8] Dragović R., Ivković M., Perović B., Klipa Đ., Dataveillance i data mining kao tehnološka podrška procesu istražnih radnji, TELFOR 2011, Zbornik radova

[9] Dragović R., Peljević I., Klipa Đ., Strategija implementacije kriptozastite u epravosude, INFOFEST 2012, Zbornik radova

MICROSOFT SQL SERVER 2014 BACKUP ENCRYPTION

MICROSOFT SQL SERVER 2014 BACKUP ENCRYPTION

Mahir Zajmović¹, Hadžib Salkić², Ibrahim Obhodžić³

¹ *Fakultet informacijskih tehnologija, Sveučilište/Univerzitet "Vitez" Vitez, BiH*

² *Fakultet informacijskih tehnologija, Sveučilište/Univerzitet "Vitez" Vitez, BiH*

³ *Fakultet informacijskih tehnologija, Sveučilište/Univerzitet "Vitez" Vitez, BiH*

SAŽETAK

Rezervna kopija (backup) je veoma važana za bilo koju bazu podataka. Ukoliko dođe do neželjenih događaja ili katastrofa, a ako smo uredno radili backup podataka to će nam umnogome pomoći ukoliko se nađemo u nevolji. Isto tako, veoma je važno da čuvamo rezervnu kopiju dobro. Ako ipak rezervna kopija dospije u ruke „loših“ ljudi, sasvim je moguće da će doći do zloupotrebe i da će to postati ozbiljan problem za integritet podataka. U ovom radu ćemo prikazati praktičan primjer kako možemo koristiti ugrađenu osobinu u Microsoft SQL Serveru pomoću koje možemo kriptovati rezervnu kopiju (backup) baze podataka.

Ključne riječi: **backup, kriptovanje, certifikat, SQL Server, algoritam.**

ABSTRACT

Backup is very important for any database. In case of adverse events or disasters, and if we properly working backup data that will greatly help us if we find ourselves in trouble. Also, it is important that we keep a backup well. If you do a backup of falling into the hands of "bad" people, it is quite possible that there will be abuse and that this will become a serious problem for the integrity of the data. In this paper, we present a practical example of how we can use the built-in feature in Microsoft SQL Server means that we can encrypt a backup database.

Key words: **backup, encryption, certificate, SQL Server, algorithm.**

1. UVOD

Database Backup Encryption je potpuno nova i dugo očekivana osobina koja je sada dostupna u sistemu za upravljanje bazama podataka MS SQL Server 2014. Moguće je kreirati kriptovanu datoteku rezervne kopije određivanjem algoritma kriptovanja. Sposobnost da „zaštiti“ rezervnu kopiju s lozinkom postoji dugi niz godina. Ako koristite SQL Server dugo vremena možda ćete se sjetiti „BACKUP“ naredbe koja se koristila u kombinaciji sa „WITH PASSWORD“. Ova opcija je sprečavala neovlašteni pristup datoteci rezervne kopije. Međutim, ovakav pristup nije pružao pouzdanu zaštitu.

Da bismo zaštitili rezervnu kopiju datoteke, Microsoft SQL Server 2008 je uveo novu osobinu „transparentno

kriptovanje podataka (TDE)“. Dakle, baza podatka je morala biti transparentno kriptovana prije kreiranja rezervne kopije. Međutim, Microsoft SQL Server 2012 parametri „PASSWORD“ i „MEDIAPASSWORD“ se više ne koriste prilikom kreiranja rezervne kopije. Na ovaj način, kriptovanje podataka i rezervna kopija enkriptijski su dva različita scenarija.

U slučaju da je baza podataka smještena na lokalnoj razini, nema potrebe da se vrši kriptovanje prije backup-a. Na sreću, Microsoft SQL Server 2014 ima dva nezavisna procesa. Uz kriptovanje podataka moguće je i kriptovanje rezervne kopije datoteke na temelju potvrde ili asinhronog ključa. Podržani algoritmi kriptovanja su:

- AES 128
- AES 192
- AES 256

2. PRAKTIČNA PRIMJENA

Za ilustraciju gore navedenog, kreirat ćemo kriptovanu rezervnu kopiju AdventureWorks baze podataka. Također, moguće je i napraviti rezervnu kopiju izravno na Azure. Ako je potrebno, moguće je vratiti kriptovanu rezervnu kopiju datoteke na Azure.

U radu ćemo koristiti „dbForge Studio for SQL Server“ koji će kreirati kriptovanu datoteku rezervne kopije.

Da bi zaštitili rezervnu kopiju datoteke trebamo kreirati ili certifikat ili asimetrični ključ. Zatim moramo iste provesti do željene razine SQL Servera za vraćanje rezervne kopije. Zato, certifikat ili ključ moraju se izvesti iz izvora SQL Servera i uvesti na ciljni SQL Server. U tom pogledu nema problema sa certifikatom. Međutim, operacija je dosta složenija sa asimetričnim ključevima.

Uzimajući u obzir da naredba „BACKUP ASYMMETRIC KEY“ nije dostupna, nemožemo stvoriti duplikat asimetričnog ključa (u usporedbi sa simetričnim ključem), jedini način je kreirati asimetrični ključ izvan SQL Servera. Tada možemo koristiti „sn.exe“ da isti „prenesemo“ u SQL Server (CREATE ASYMMETRIC KEY 'keyname' FROM FILE = 'filename.snk').

U ovom primjeru nećemo koristiti asimetrične ključeve nego ćemo koristiti certifikate. Što više certifikat je par otvoreno/zatvorenih ključeva.

Prvo ćemo kreirati certifikat poslužitelja (servera) i koristiti ga za kriptovanje rezervne kopije datoteka.

```

1 USE master
2 IF EXISTS (SELECT
3     1
4 FROM sys.certificates
5 WHERE name = 'BackupCertificate')
6 DROP CERTIFICATE BackupCertificate
7 CREATE CERTIFICATE BackupCertificate WITH SUBJECT = 'TrueBackupCertificate'

```

Slika 1. Kreiranje certifikata poslužitelja

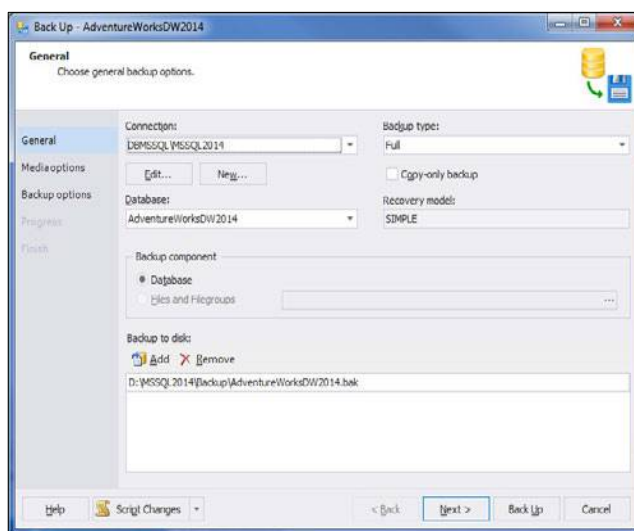
Certifikat će biti zaštićen sa master ključem baze podataka jer nismo odredili „ENCRYPTION BY“ dio naredbe. To je upravo ono što nama i treba. Samo certifikati potpisani sa master ključem baze podataka mogu se koristiti za potrebe kriptovanja. Inače, ako se na primjer, štiti certifikat sa lozinkom ENCRYPTION BY PASSWORD = 'jaka lozinka', pojavit će se sljedeća greška prilikom pokušaja kriptovanja rezervne kopije datoteke:

“Cannot use certificate ‘CertName’, because its private key is not present or it is not protected by the database master key.”

Kriptovane kopije (uz uobičajene rezervne kopije) mogu se pohranjivati lokalno na tvrdom disku i Azure Storage. Umjesto pisanja mnogo linija SQL koda koristit ćemo zgodan alat dbForge Studio for SQL Server Back Up wizard.

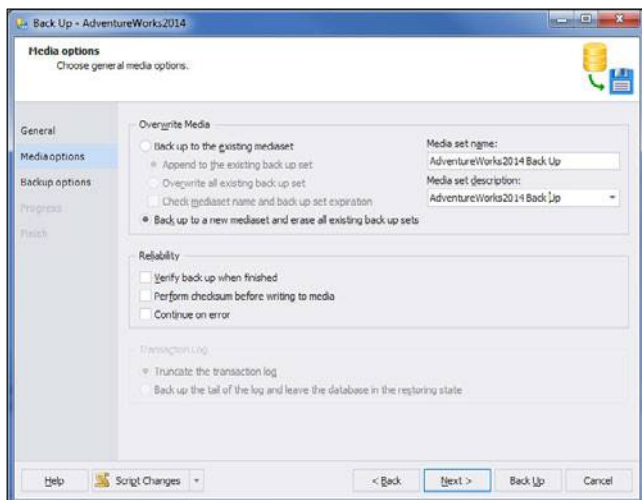
Ovaj čarobnjak omogućuje kreiranje rezervne kopije baze podataka u svega nekoliko klikova.

Korak 1: Konfiguracija veze između DB i lokacije za backup



Slika 2. Kreiranje rezervne kopije

Korak 2: Postavljanje Mediaset-a.



Slika 3. Kreiranje rezervne kopije

```

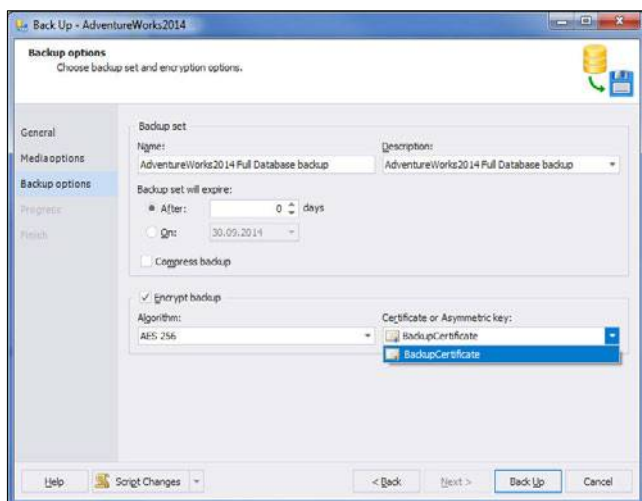
1 IF EXISTS (SELECT
2     1
3     FROM sys.credentials
4     WHERE name = 'WindowsAzureCredentials')
5     DROP CREDENTIAL WindowsAzureCredentials
6 CREATE CREDENTIAL WindowsAzureCredentials WITH IDENTITY = 'bakupstorage'
7     , SECRET = '<Either primary or secondary access key to the storage account.
8     See the account configurations.>'
9
10 backup database AdventureWorks TO
11 url = 'http://bakupstorage.blob.core.windows.net/container/AdventureWorks .bak'
12 with credential = 'WindowsAzureCredentials'
13     , format, compression, stats = 10
14     , encryption (algorithm = aes_256, server certificate = BackupCertificate)

```

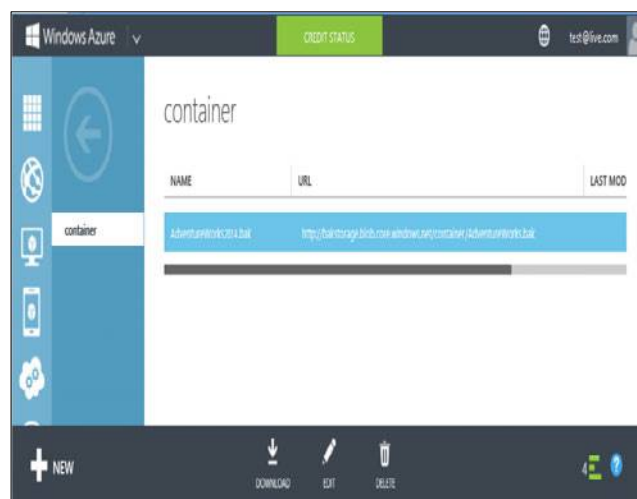
Slika 5. Kreiranje rezervne kopije

Nakon izvršenja skripte u traženom spremniku „blob“ rezervna kopija se pojavljuje.

Korak 3: Izbor algoritma kriptovanja i certifikata.



Slika 4. Kreiranje rezervne kopije



Slika 6. Windows Azure

U slučaju da je ranije kreirana rezervna kopija sa istim imenom u isti spremnik, moguće je da sistem javi sljedeću grešku:

„There is currently a lease on the blob and no lease ID was specified in the request.“

Također, moguće je vraćanje (restore) do datoteka na Windows Azure.

Rezervnu kopiju moguće je poslati na Windows Azure.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je način upotrebe novog načina za kriptovanje rezervne kopije tokom prijenosa. Ovo omogućuje da se izbjegne na primjer „curenje“ podataka tokom prijenosa rezervnih kopija sa jednog računara na drugi. Korištenje certifikata kao načina za kriptovanje podatka pokazalo se veoma pouzdanim i efikasnim. Microsoft SQL Server 2014 na ovaj način je unaprijedio sistem zaštite podataka jer osim što je omogućeno kriptovanje podataka koji su pohranjeni u bazi podataka, također, omogućeno je i kriptovanje datoteke rezervne kopije, osobina koja nije bila izvodljiva u ranijim verzijama Microsoft SQL Servera. Ova mogućnost u mnogome će osigurati veći nivo čuvanja integriteta podatka.

LITERATURA

- [1] <https://blogs.msdn.microsoft.com/mvpawardprogram/2014/06/02/sql-server-2014-backup-encryption/>
- [2] <http://blog.sqlauthority.com>
- [3] <http://www.databasejournal.com/features/mssql/transparent-data-encryption-tde-in-sql-server.html>
- [4] <https://www.mssqltips.com/sqlservertip/3145/sql-server-2014-backup-encryption/>
- [5] <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn425035.aspx>

PRAKTIČNA PRIMENA CMDB-a

CMDB PRACTICAL APPLICATION

Nebojša Milosavljević
Dejan Andrejević
Miloš Đorđević
JKP Naissus Niš

Sadržaj – U ovom radu je opisana osnovna funkcionalnost i polje primene CMDB-a, kao i benefit od njegove implemetacije. Pružen je i kratak osvrt na ITIL specifikaciju koje je CMDB deo, kao i na IT Service Management uopšte.

Abstract – This paper describes CMDB base functionality and application, as well as implementation benefits. Short overview of ITIL specification is provided, which CMDB is part of, and IT Service Management in general.

1. UVOD

Moderno poslovanje se tokom godina promenilo u potpunosti, a informatička oprema je postala osnovno sredstvo za obavljanje skoro svih poslovnih aktivnosti. Od IT sektora se očekuje velika fleksibilnost, da bude u mogućnosti da relativno brzo odgovori na potrebe preduzeća i krajnjih korisnika. Računarska oprema često menja lokacije, korisnike, nadograđuje se hardver, nova oprema menja staru i sl.

U praksi vremenom postaje sve teže održavati bazu podataka ove opreme koja u većini preduzeća se vodi po excel tabelama ili običnim spiskovima. Rastom kompleksnosti informacionog sistema, ali i fizičkim povećanjem količine opreme ovakav način počinje da pokazuje svoje slabosti. Tabele postaju nepregledne i nepraktične, a svaka promena stanja u njima zahteva nekoliko koraka, što vremenom dovodi do sve manje ažurnosti podataka.

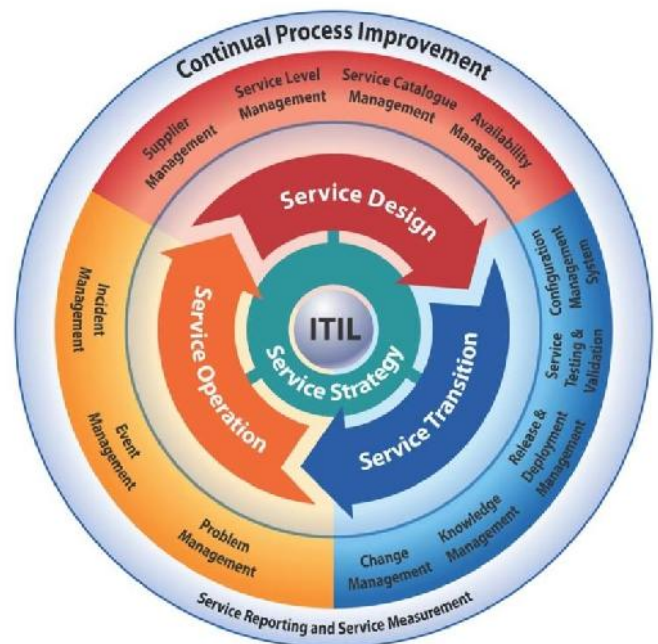
Rešenje ovog problema je korišćenje posebnog softvera za menadžment računarske opreme i usluga, Ovakva rešenja u sebi imaju bazu svih korisnika, opreme i usluga, a cilj je da prikazuju njihovu međusobnu korelaciju.

2. ITIL

ITIL^[1] predstavlja skraćenicu za “Information Technology Infrastructure Library”. Ovo predstavlja skup principa i pravila u menadžmentu IT sistema,

tačnije menadžmenta servisa (ITSM). ITIL je svojevremeno sastavio odsek britanske vlade OGC (Office of Government Commerce), s namerom da prilagodi IT usluge komercijalnim potrebama, tačnije internim potrbama poslovnih organizacija. Pravila opisana u ITIL-u su obuhvaćena u pet tematskih knjiga:

- Uslužna strategija
- Dizajn usluga
- Tranzicija usluga
- Uslužne operacije
- Kontinualno unapređenje usluga

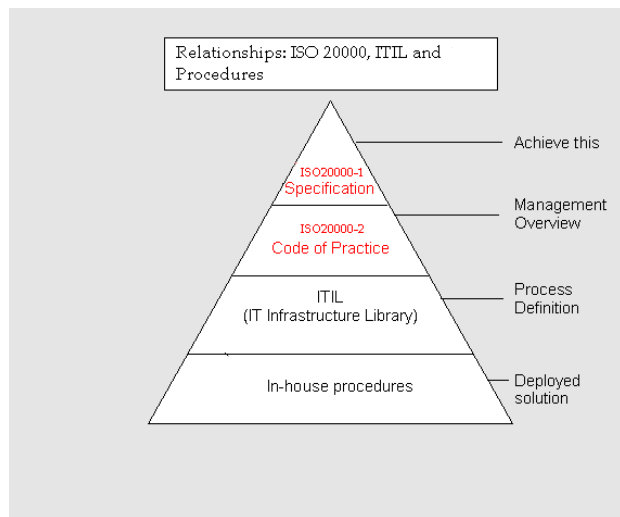


Slika 1: Dijagram ITIL procesa

Ovi principi nisu nastali bez razloga, jer sve veći broj računara i IT sistema u upotrebi nameće potrebu da se kreira nekakav standardizovani oblik pristupa menadžmentu IT sistema i usluga. To nije toliko očigledno u manjim informacionim sistemima, ali što su sistemi veći sa većim brojem korisnika i informatičke opreme potreba za određenom metodologijom postaje jasnija. ITIL unosi red u IT, ali tako da on bude od realne

koristi ostatku poslovnog sistema, i da rezultati njegove prime mogu biti iskorišćene u daljem planiranju i analizi. Postoje kritičari ove standardizacije koji kažu da je ITIL nastao “od birokratije za birokratiju”, tj. da unosi novi sloj nepotrebnih principa rada. Ipak, bitno je napomenuti, ITIL je proizašao iz realnog poslovanja, i on predstavlja skup principa najbolje prakse (best practices).

Da ovo nije još jedna maglovita priča o menadžentu nam govori podatak da postoji i međunarodna sertifikacija ISO 20000, koja definiša pravila ITSM-a. Upravo na ISO 20000 se i bazira kompletan kostur razvoja ITIL-a



Slika 2 – ISO 20000

3. iTOP

iTOP je open-source ITSM Service Desk softversko rešenje. Razvija ga firma Commodo i nudi ga zajednici potpuno besplatno. Postoje i komercijalne verzije iTOP-a, koje nude proširenu funkcionalnost. Dodatne mogućnosti komercijalne verzije se najviše odnose na automatizaciju nekih procesa koje se odnose na interakciju sa korisnicima. Očigledno je da je takva verzija namenjena velikim “enterprise” firmama sa ogromnim brojem zaposlenih i drugačijim standardima interne komunikacije. Sa stanovišta suštinske funkcionalnosti open-source besplatna verzija se ne razlikuje od komercijalne. Tu su svi aspekti i moduli koje ITIL i moderan IT Service Management zahteva:

- Help Desk
- Incident Management
- Change Management
- Service Management
- CMDB
- Data Administration

Kao što vidimo ovo iTOP predstavlja rešenje koje nudi potpunu “ticketing system” funkcionalnost. Osnova ticketing sistema, a i **Help Desk** funkcionalnosti, je support request ili service request (SR / SQ), čije otvaranje može biti inicirano i sa strane korisnika, ali i sa strane tehničke podrške. Bilo koji problem ili promena u informacionom sistemu treba da bude praćena odgovarajućom akcijom, tj. otvaranjem SR ili SQ. U zavisnosti od tipa i složenosti problema, nakon otvaranja osnovnog “ticket-a”, akcija može biti eskalirana na Change ili Incident. To je mnogo opširnija tema i ovom radom neće biti obuhvaćena.

Incident Management - predstavlja način kako se Service Desk suočava sa dnevnim problemima. Po ITIL definiciji “incident” je događaj koji nije deo svakodnevnog IT funkcionalnosti koji prouzrokuje ili može prouzrokovati prekid neke od usluga ili smanjenje kvaliteta te usluge.

Change management - način organizacije svih promena u informacionom sistemu kako bi se smanjio uticaj incidenata na uobičajeno funkcionisanje. Drugim rečima cilj je sprečiti prekid usluga ili barem smanjiti pad kvaliteta usluga prouzrokovane promenama. “Change” je verovatno najobimnija oblast ITSM, jer u njenom opsegu aktivnosti koje pokriva može biti mnogo toga, od isporuke računara korisniku, pa sve do promena na informatičkoj infrastrukturi.

Progresija “Change” procesa bi trebalo da bude sledeća: dobijanje odobrenja od nadređenih, implementacija (uključujući i sav rizik po sisteme koji to nosi), promena u statusu jednog ili više CI-a. Naravno, podrazumevani isod bi trebao da bude nešto što ima pozitivan ishod po funkcionisanje sistema i organizacije u celini.

Service Management - pregled i definicija internih i spoljašnjih ugovora. Ovde se kreiraju i definišu parametri SLA (Service Level Agreement). SLA je vrlo bitan pojam u svetu IT usluga i možemo da kažemo da predstavlja nezamenjivu komponentu ITSM-a. Preko SLA definišemo opseg neke usluge, kvalitet, nivo podrške, kritičnost sistema koji usluga obuhvata i sl. Drugim rečima definiše ugovornu obavezu u tehničko-pravnom aspektu između ugovorenih strana. SLA može biti eksterni, između naše organizacije i spoljašnjeg entiteta koji je korisnik ili provajder usluge, ali može biti interni između IT sektora i nekog drugog sektora unutar organizacije.

Data Management - ovde obavljamo bazični uvoz i izvoz podataka, kao i promenu postojećih. Kao i sva ostala ITSM rešenja omogućen nam je i uvoz CSV tabela u kojima se mogu naći bilo koji podaci vezani za bazu podataka. Npr, na ovaj način možemo izvršiti masovni uvoz svih korisnika koji se nalaze u Aktivnom

direktorijumu koje smo prethodno eksportovali u CSV fajl. Ušteda vremena je koju ovim dobijamo je ogromna. Pored ovoga iTOP pruža i LDAP integraciju koja nam omogućava automatsku replikaciju korisnika.

4. Instaliranje iTOP-a

Instalacija iTOP-a nije komplikovana, zahteva da posedujemo sledeće instalirane komponente:

- web server (Apache, IIS ili nginx)
- PHP 5.3
- MySQL

Sve što je potrebno je da ceo programski direktorijum iskopiramo u odgovarajući web direktorijum na serveru, kao što bi iskopirali i bilo koju drugu web stranu. Kako se baza podataka zasniva na MySQL-u, potreban nam je i neki alat kojim bi vršili administraciju istog. Na osnovu navedenog možemo zaključiti da se za pristup aplikaciji koristi web interfejs i da će raditi iz bilo kog relativno modernog internet pregledača.

5. CMDB

Od svih ITIL modula tj. aspekata primene nama je trenutno najbitniji CMDB. CMDB^[2] predstavlja skraćenicu za CI Management Database. Skraćenica CI (Configurable Item) predstavlja bilo koju komponentu koja je moguće definisati u softveru tj. predmet je menadžmenta u informacionom sistemu. To može biti jedna pojedinačna komponenta, ceo sistem ili usluga. Dakle to je monitor, štampač, desktop računar, server, aplikacija, licenca i sl.

Slika 3 - računar kao novi CI

Svaki CI ima više atributa po kojima ga je moguće definisati, što pomaže u klasifikaciji i pretraživanju baze podataka.

Sušтина je da sa lakoćom dođemo do svih relevantnih podataka o korisniku i računarskoj opremi i da to bude pregledno. Kao što je već pomenuto u klasifikaciji razlikujemo korisnika i CI komponentu.

Sa aspekta korisnika (njegova kartica) možemo videti kojoj službi ili odeljenju pripada i njegovu fizičku lokaciju, i koja sve oprema je vezana za njega, tj. šta korisnik "zadužuje".

Slika 4 – relacija CI → korisnik

Naravno, možemo prikazati i listu određenog broja korisnika svrstanih po nekom od kriterijuma pretraživanja. To može biti cela organizacija ili samo jedan sektor ili grupa korisnika (ili bilo koji kriterijum).

Grupe korisnika je moguće kreirati po potrebi, a to je najčešće po kriterijumu funkcionalnih i/ili organizacionih jedinica unutar same organizacije.

Ovakve grupe se ne vezuju za sam CI, ali su bitne prilikom dodele radnih zadataka koji se odnose na ceo tim, a tim vrši dalju delegaciju poslova. Ovo je bitno i kod promena koje zahtevaju odobrenje nadređenog za izvršenje radnih zadataka.

Na kartici CI (opreme), pored toga što vidimo korisnika na koga je oprema vezana, tu su i podaci o tehničkim karakteristikama. Pored tehničkih podataka, ovde mogu da se nadju i podaci o ugovoru po kome je oprema nabavljena, početku i kraju garancije i sl. Naravno, unos ovih podataka je opcionalan, ali bilo bi krajnje neodgovorno ne uneti ih, jer ti podaci mogu biti vrlo korisni. Bitna funkcionalnost je što CMDB beleži i istoriju promena CI-ja. To znači da imamo na raspolaganju ceo

Search for Objects

YUINFO 2016

Name: Status: Organization: Email:

Phone: Notification: Function:

Total: 4 objects.

Contact	Status	Organization	Email	Phone	Function
Korisnička podrška	Active	JKP Naissus	ITpodrska@naissus.co.rs		
Milosavljević Nebojša	Active	JKP Naissus	nebojsa.milosavljevic@naissus.co.rs		System Admin
Sladana Kostić	Active	JKP Naissus			Šef službe aplikativnog razvoja
Zoran Jovanović	Active	JKP Naissus			Rukovodilac službe

Slika 5 – Pretraživanje korisnika po lokaciji

istorijat korišćenja opreme: promene lokacija, statusa opreme, specifikacije, korisnika. Jednostavno rečeno, istorijat u promenama bilo kog opisnog elementa za taj CI.

- Status set to stock (previous value: production)

- End of warranty set to 2018-01-10
- 4878 appended to Asset number
- OS family set to [Windows](#) (previous value:)
- Purchase date set to 2015-04-10
- Move to production date set to 2015-04-13
- OS version set to [Windows 7 Enterprise](#) (previous value:)

- Object created

Slika 6 – CI istorijat

Da bi ovaj sistem funkcionisao pravilno i elegantno, bitno da postoji dogovorena sistematizovana nomenklatura imenovanja CI-eva. To znači da unutar CMDB-a i drugih sistema (npr. Aktivnog direktorijuma) se koriste ista nepromenljiva imena uređaja. Iako neka ITSM rešenja tehnički nude mogućnost da korisnik sa najvećim nivoom pristupa može da promeni ime CI, najbolja praksa tu mogućnost isključuje. Razlozi su mnogi: forenzički, sigurnosni, a pre svega i praktični. Pre ili kasnije potencijalna promena bi napravila realan problem.

Mora se ponovo naglasiti da prosti unos podataka u CMDB, nije dovoljan da ceo sistem funkcioniše kako treba. Potrebno je definisati principe poslovanja i metodologiju svokodnevnog obavljanja aktivnosti unutar samog IT-ja, a i cele organizacije, jer bilo koje odstupanje i/ili neažurnost će vrlo brzo učiniti bazu podataka nevalidnom.

Upravo ovo je kamen spoticanja mnogih IT sektora. Na raznim mestima se mogu pročitati tvrdnje mnogih administratora kako je CMDB nemoguće sprovesti u delo. Njihov problem su organizacije koje su od temelja pogrešno postavljene. Činjenica je da skoro nigde ne postoji idealna situacija za implementaciju ITSM u celini ili jednog dela specifikacije. Skoro uvek je slučaj da je IT

odsek unajveće operativan unutar organizacije kada dođe potreba za implementacijom nekog menadžment rešenja, a to znači dosta truda, vremena, koordinacije i raskidanja sa starim utemeljenim navikama. “Best case” scenario je da neko gradi IT podršku i sisteme od nule sa već formiranim pravilima ponašanja, a to je vrlo, vrlo, redak slučaj. U svakom slučaju, potpuno funkcionalni CMDB sistemi postoje, a to znači da su mnogi uspešno primenili principe koje ITIL propoveda.

Zak kraj da se osvrnemo na benefite koje nam ITSM pruža sa aspekta analize ili planiranja. Sređen i upotrebljiv sistem nam omogućuje pretragu po mnogim kriterijumima. Sa lakoćom možemo videti koje radne stanice imaju koji operativni sistem (ukoliko planiramo tranziciju na noviju verziju), hardverske karakteristike, količinu IT opreme po sektoru, broj licenci za svaki softver i sl. Informacije o garanciji uređaja drastično olakšavaju “lifecycle management” i servisiranje istih.

6. ZAKLJUČAK

Sve ovo nam daje jedan moćan alat za planiranje daljeg razvoja informacionog sistema. U ovom tekstu jedino smo se zadržali na manjem broju detalja CMDB-a. Druge oblasti ITSM-a zahtevaju mnogo više prostora za opisivanje, i mnogo ozbiljniji pristup menadžmentu i primeni principa. Zato je opisan baš CMDB, ulaz na mala vrata u mnogo veći svet ITSM-a.

LITERATURA

- [1] John O. Long, *ITIL at a Glance*, Springer, Raleigh, USA, 2011
- [2] Larry Klosterboer, *Implementing ITIL Configuration Management*, IBM press, Pearson, USA, 2008

PRIMENA GEOINFORMATIKE PRI MAPIRANJU SOCIJALNE RANJIVOSTI NA POPLAVE

APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR SOCIAL VULNERABILITY ON FLOODS MAPPING

Đorđe Ćosić¹, Srđan Popov², Tanja Novaković¹

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment¹

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za računarstvo i automatiku²

Sadržaj – Razvoj informacionih tehnologija doprineo je širokoj primeni geoinformatike u mnogim segmentima društvenih aktivnosti. Pridruživanje prostorne komponente podacima značajno olakšava proces detekcije problema i donošenja odluka usmerenih ka rešavanju problema. Cilj rada jeste da ukaže na mogućnosti i značaj primene geoinformatike u procesu analize socijalne ranjivosti populacije izložene dejstvu događaja sa katastrofalnim posledicama.

Ključne reči: Geoinformacione tehnologije, Socijalna ranjivost, Poplave

Abstract - The development of information technology has contributed to the widespread application of geoinformation technologies in many aspects of social activities. Joining the spatial component to data significantly simplifies the process of detecting the problem and decision making directed toward problem solving. The aim of this paper is to show the possibilities and importance of geoinformatics application in the social vulnerability analysis of the population that may be affected by the hazardous event.

Key words: Geoinformation technologies, Social vulnerability, Floods

1. UVOD

Razvoj i sprega informacionih i komunikacionih tehnologija doveo je do njihovog kompleksnog povezivanja i preplitanja u svim segmentima života i rada ljudskog društva. Omogućen je protok i dostupnost velike količine podataka koji su našli praktičnu primenu u mnogim naučnim oblastima. Ubrzo je postalo jasno da proces prikupljanja i gomilanja podataka bez unapred postavljenih ciljeva i smernica za formiranje informacionih sistema, koji ujedno predstavljaju i podršku procesu donošenja odluka, ima mali značaj [1]. Pomenuti pristup doprineo je ubrzanju postupka formiranja informacionih sistema i težnji ka stalnom unapređenju, što je u jednom svom segmentu rezultiralo formiranjem geografskog informacionog sistema (GIS) čija stalna nadogradnja traje i danas [1].

Napredak geografskih informacionih sistema otvorio je nove mogućnosti za planiranje, analizu, nadgledanje i rukovođenje u oblasti upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja. GIS je našao značajnu primenu upravo u onim segmentima procesa upravljanja rizikom koji iziskuju uključivanje i obradu velikog broja

parametarski uslovljenih podataka, precizne projekcije i vizualno jasnu sliku mogućeg stanja, pogotovo u situacijama kada pojedini podaci nedostaju. Takođe, primena GIS-a pruža mogućnost vrednovanja dobijenih rešenja, čija brojnost varira od unapred postavljenih kriterijuma, kao i odabir najboljeg, čime je GIS direktno inkorporiran u proces donošenja odluka, odnosno, u sistem za podršku odlučivanju [2]. Prilikom realizacije procesa upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja posebnu pažnju potrebno je posvetiti postupku analize socijalne ranjivosti ugrožene populacije, u okviru koga GIS modeli omogućuju kvantifikaciju moguće ranjivosti i veću preciznost prilikom njene dalje analize u odnosu na postavljene kriterijume.

2. RANJIVOST ENTITETA IZLOŽENIH DEJSTVU DOGAĐAJA SA KATASTROFALNIM POSLEDICAMA

Postoje različiti načini razumevanja termina ranjivosti, a jedan opšte prihvaćen je da se ranjivost može definisati kao stepen do kog određeno društvo, struktura, služba ili geografsko područje može podneti određeni hazard na račun svoje prirode i konstrukcije, kao i udaljenost od područja sklonih hazardnim događajima. Ranjivost je stalna i dinamična osobina koja se u toku događaja ispoljava određenom merom u zavisnosti od jačine štetnog događaja. To znači da se ranjivost često može meriti samo indirektno i retrospektivno. Za ovakvo indirektno merenje kao merilo se uzima nastala šteta. Međutim, sagledavajući obrazac štete određenog društva bez prethodnog poznavanja magnitude događaja ne dozvoljava donošenje zaključka o ranjivosti tog društva. U tom smislu veza jačina/šteta reflektuje ranjivost ugroženog elementa (zajednica, domaćinstvo, nacije, infrastruktura, itd.).

Ranjivost ima više dimenzija - fizičku (izgradnja okoline), društvenu, ekonomsku, faktora sredine, institucionalnu i ljudsku – i mnoge od njih se ne mogu lako kvantitativno odrediti. Kompleksnost ranjivosti nije određena samo mnoštvom dimenzija već i činjenicom da je ona zavisna od lokacije i da joj se parametri menjaju sa geografskim parametrima. Parametri koji određuju ranjivost su različiti za nivo domaćinstva, zajednice i države. Na primer, po ekonomskoj dimenziji za nivo domaćinstva, parametri kao što su iznos i raznovrsnost prihoda svakog pojedinca su relevantni, dok su na nivou države, stopa inflacije i bruto domaćeg proizvoda primereniji. Prilikom analize

ranjivosti ugrožene oblasti posebnu pažnju potrebno je posvetiti analizi socijalne ranjivosti.

2.1. SOCIJALNA RANJIVOST

U cilju razumevanja kako katastrofe pogađaju ljude, jasno je da nije dovoljno samo razumevanje hazarda. Katastrofa se događa kada prirodna pojava pogodi populaciju koja nije adekvatno pripremljena ili nije sposobna da se oporavi, bez pomoći. Ali, važno je napomenuti da hazard mora da utiče na grupu ljudi različitog nivoa pripremljenosti, otpornosti i sa različitim sposobnostima za oporavak. Ranjivost je izraz koji se koristi kako bi se opisalo stanje takvih ljudi. To podrazumeva mnogo više nego samo verovatnoću da će biti povređeni ili usmrćeni od uticaja nekog posebnog hazarda, i uključuje i životni standard tih ljudi i uticaje hazarda kojima su oni izloženi.

Veoma je važno prepoznati socijalnu ranjivost, više nego verovatnoću da dođe do rušenja zgrada ili da dođe do oštećenja infrastrukture. Presudno je poznavanje karakteristika ljudi i različitih uticaja oštećenja fizičke strukture. Socijalna ranjivost predstavlja skup karakteristika osobe:

- Početno stanje (stanje uhranjenosti, fizičko i mentalno zdravlje, moral); takođe karakteristike kao što su godine, pol, rasa...
- Životni standard i otpornost (obrazac imovine i kapitala, prihodi i mogućnosti razmene, stručna sprema)
- Samozaštita (stepen sposobnosti i spremnosti da izgrade siguran dom, da koriste sigurna mesta za izgradnju)
- Socijalna zaštita (opšti oblici pripremljenosti na hazard obezbeđni od strane društva, npr . propisi gradnje, mere ublažavanja, skloništa, pripremljenost)
- Socijalne i političke mreže i institucije (društveni kapital, ali takođe i uloga institucija u stvaranju dobrih uslova za sprovođenje mera predostrožnosti vezanih za hazard, kao i ljudska prava da izraze potrebu za pripremanjem).

Postoji jasna činjenica da su uslovi ranjivosti sami po sebi određeni procesima i faktorima, koji su naizgled prilično udaljeni od uticaja hazarda .Ovi „ osnovni uzroci “, ili institucionalni faktori, ili opšti politički, ekonomski i socijalni procesi od izuzetne su važnosti prilikom procene ranjivosti. Kako su životni standard ljudi, njihova imovina i prihodi određeni ovim političkim i ekonomskim procesima, tako je i sama ranjivost na prirodne katastrofe funkcija ovakve sredine. Sve promenljive ranjivosti su tesno povezane sa životnim standardom ljudi (verovatno je da će ranjivost biti manja ukoliko postoje adekvatan i održiv životni standard), i sa siromaštvom (kada je u pitanju katastrofalni događaj, siromašne grupe stanovništva su ranjivije i manje sposobne da se oporave od posledica događaja).

3. PRIMENA GEOINFORMACIONIH TEHNOLOGIJA PRI MAPIRANJU SOCIJALNE RANJIVOSTI

Geografski informacioni sistem (GIS), je skup informacionih tehnologija koji omogućuje prikupljanje, analizu i obradu prostornih podataka, povezivanje sa drugim vrstama podataka organizovanih u baze podataka, a potom i vizualno prikazivanje dobijenih rezultata na merljiv, jasan i precizan način [3]. Takođe možemo reći da je GIS sistem podrške u odlučivanju koji obuhvata integraciju prostorno referenciranih podataka u okruženje za rešavanje problema [4]. Prednosti GIS-a su brojne, a mogle bi se podeliti u tri osnovne kategorije: 1) vizualizacija podataka, 2) povezivanje geografskih i atributivnih obeležja, 3) mogućnosti interdisciplinarnog odlučivanja [5].

U daljem izlaganju ukazaćemo na mogućnosti i značaj primene GIS-a pri analizi socijalne ranjivosti na poplave.

3.1. ANALIZA SOCIJALNE RANJIVOSTI NA HAZARD POPLAVE U ZONI ISTRAŽIVANJA PETROVARADIN

Zona istraživanja socijalne ranjivosti je „Petrovaradin“. Zona istraživanja se nalazi na nadmorskoj visini od 70 do 90 m. To znači da su pojedini delovi zone ugroženi od poplave.

Za posmatranu zonu određeno je da li postoji opasnost od poplave. Prikupljeni su podaci o visinama vodostaja na datoj mernoj stanici. Podaci o visinama vodostaja dobijeni su od vodoprivrednog preduzeća „Vode Vojvodine“ iz Novog Sada.

Maksimalan vodostaj reke Dunav na mernoj stanici kod Novog Sada zabeležen je 1965. godine i iznosio je 778 cm. Kota terena označena kao “0” iznad koje se meri vodostaj na mernoj stanici kod Novog Sada je na nadmorskoj visini od 71.73m iznad nivoa mora. Maksimalna ili apsolutna visina Dunava kod Novog Sad iznosila je $71.73\text{m} + 7.78\text{m} = 79.51\text{m}$. To je apsolutni maksimum koji se pojavio jednom u 88 merenja. Poplavom koja se javlja jednom u 100 godina smatra se apsolutna visina od 80 m iznad nivoa mora.

Analiza socijalne ranjivosti u zoni istraživanja Petrovaradin realizovana je za poplave koje se javljaju svakih 10, 20 i 100 godina. U tabeli br. 1 dat je prikaz visine vode i period njenog ponavljanja.

Tabela br. 1: Period ponavljanja za određene visine vodostaja

Period (godina)	ponavljanja	Visina vode (m) iznad nivoa mora
10		78
20		78.6
100		80

Izloženost populacije opasnosti od poplave na navedene vodostaje reke Dunav, u prikazanoj zoni istraživanja određena je pomoću digitalnog modela terena (DEM). Kao alat za pravljenje DEM modela koristi se software IMAGINE VIRTUALGIS. DEM model pruža mogućnost prikaza svake tačke posmatranog područja u 3 prostorne koordinate, tj. prikazuje njenu geografsku širinu, dužinu kao i nadmorsku visinu. Na digitalni model terena preklopljeni su avionski ortofoto snimci posmatrane zone. Format koji je korišten za ortofoto snimke je geoTiff format, koji je u razmeri 1:5000 sa koordinatama u Gauss-Krüger sistemu i ručno je georeferenciran.

Tehnikama simulacije i vizualizacije podignut je nivo Dunava na visine koje se javljaju svakih 10, 20 i 100 godina. Na ovaj način dobijen je prostorni prikaz domaćinstava u zoni istraživanja koja su izložena dejstvu poplavnog talasa pri datim visinama vodostaja. Za posmatrana domaćinstva osim ugrožene populacije, uz pomoć GIS-a moguće je utvrditi i dubine do kojih su dati objekti poplavljeni što je ujedno i najvažniji indikator kod procene ranjivosti na poplavu.

Za populaciju koja je izložena poplavi u zoni istraživanja potrebno je odrediti koliko je na tu poplavu i ranjiva. Kao uzorak je prikazano 830 domaćinstava u kojima živi 7.120 ljudi.

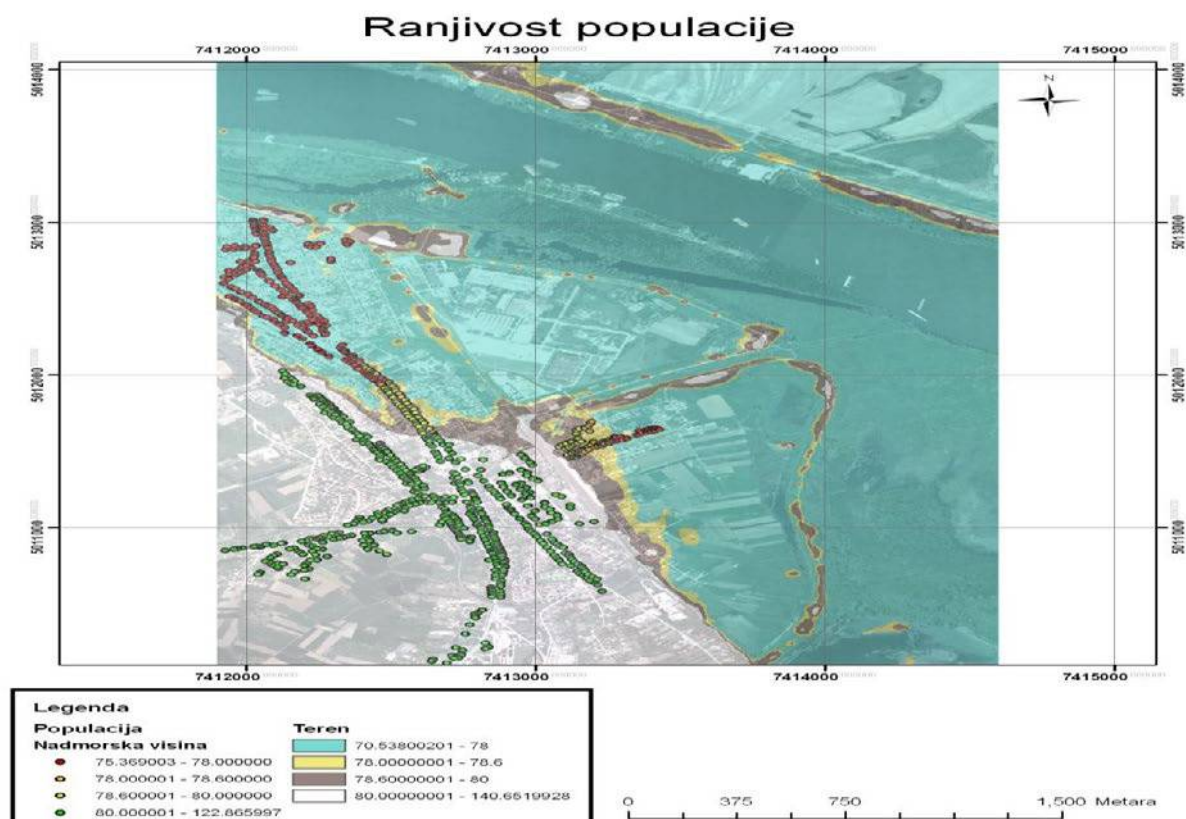
Glavni indikatori za određivanje socijalne ranjivosti su:

- Starosna struktura stanovništva (posebno ranjivi su stariji od 65 godina i mlađi od 6 godina);
- Pol stanovništva (žene su ranjivije od muškaraca);

- Posedovanje polise osiguranja za objekte;
- Posedovanje polise osiguranja za lica;
- Mesečna primanja;
- Zaposlenost;
- Blizina bolnice.

Svi podaci o gore navedenim indikatorima stavljaju se u atributnu tabelu prostorne baze podataka. Na odabranoj zoni istraživanja kao prostorna baza podataka upotrebljena je PostgreSQL baza podataka sa prostornim proširenjem PostGIS.

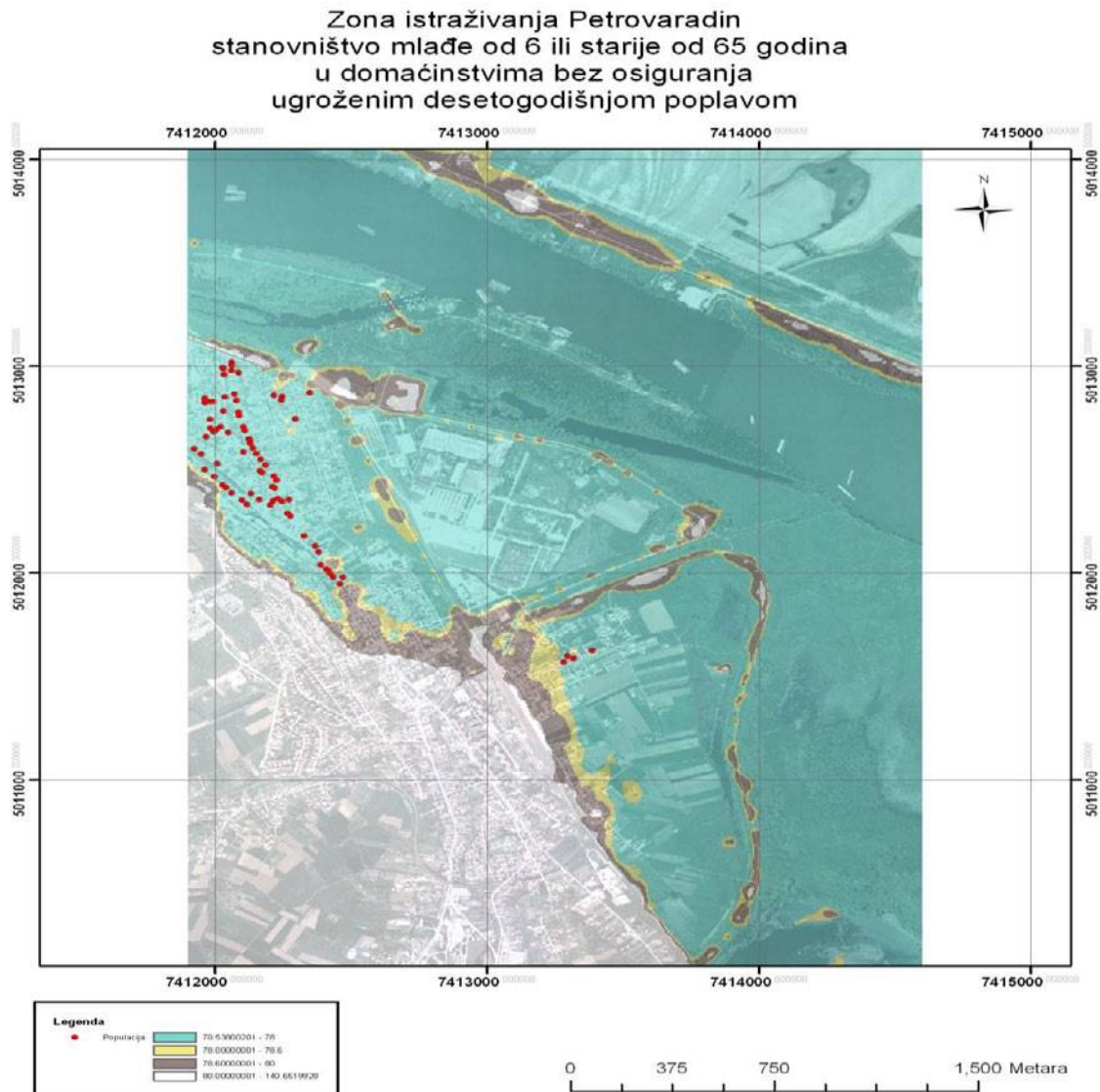
Kod određivanja socijalne ranjivosti populacije važno je prostorno prikazati koja grupa je najranjivija i gde se ona nalazi. Treba uzeti u obzir da su najranjivija deca mlađa od 6 godina i stariji ljudi koji imaju preko 65 godina. Takođe su žene ranjivije od muškaraca, siromašni su ranjiviji od bogatih, a domaćinstva koja poseduju polisu osiguranja su manje ranjiva od onih koji to nemaju. Kad postoji osećaj da će osiguravajuće društvo platiti štetu tada se čovek mnogo manje brine. U ovakvim procenama najvažnije je imati podatke o indikatorima koji se posmatraju. Ako se prikažu poplave u ovoj zoni istraživanja koje se javljaju svakih 10, 20 i 100 godina, ukrštanjem različitih podataka dobijaju se domaćinstva koja su najranjivija na pojedine visine plavljenja (slika br. 1). Crvenom, narandžastom i žutom bojom prikazana su domaćinstva koja su ugrožena od poplava koje se javljaju svakih 10, 20 i 100 godina. Ostala domaćinstva nisu ugrožena od navedenih visina vode.



Slika br. 1: Domaćinstva izložena dejstvu pojedinih visina poplavnog talasa

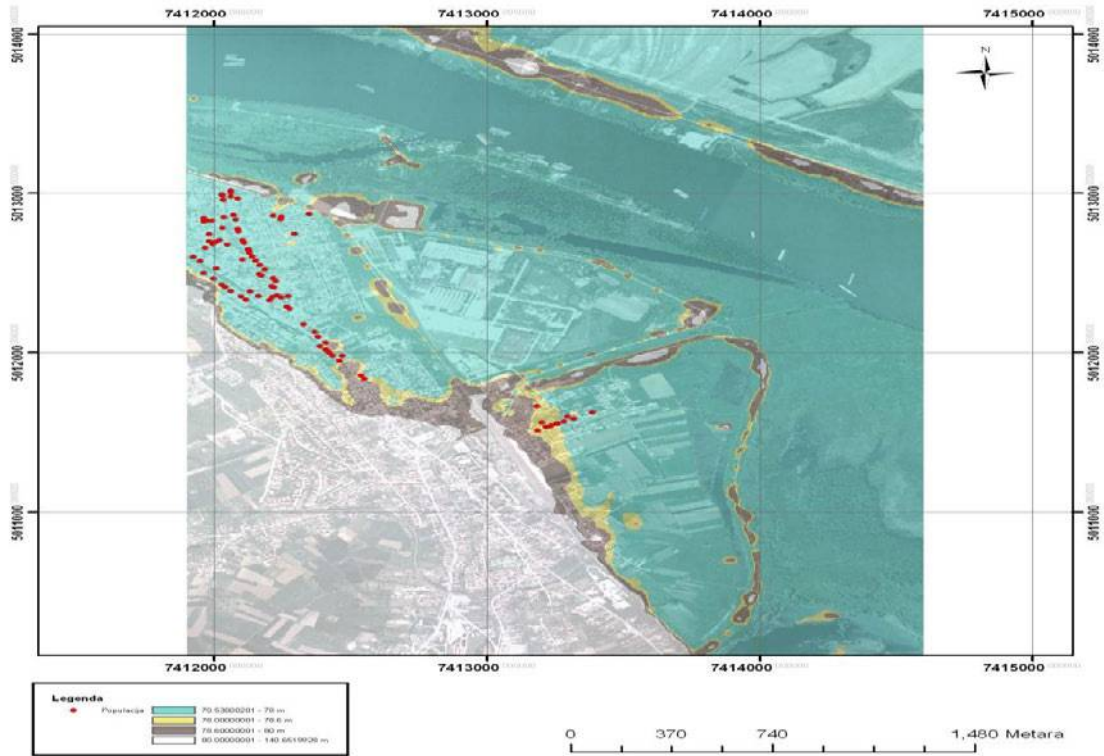
Na sledećim slikama (slika br.2, slika br. 3, slika br.4) prostorno su prikazani različiti indikatori socijalne ranjivosti populacije na određene dubine poplave. Prvo je prikazana zona koja je ugrožena od poplave koja se javlja svakih 10 godina. Za tu zonu prikazana su sva domaćinstva za koja postoje podaci u bazi podataka sa ljudima koji u toj zoni žive. Posebno je važno da su locirani oni koji su najviše ranjivi, a to su svakako deca i stariji, kao i oni koji nisu osigurani.

Isto je prikazano i za oblasti koje su ugrožene od poplave koja se javlja svakih 20 i 100 godina. Uvidom u dobijene prostorne prikaze uočava se da je zona koja je ugrožena od desetogodišnje poplave takođe ugrožena i od dvadesetogodišnje i stogodišnje poplave, ali ne i obrnuto.



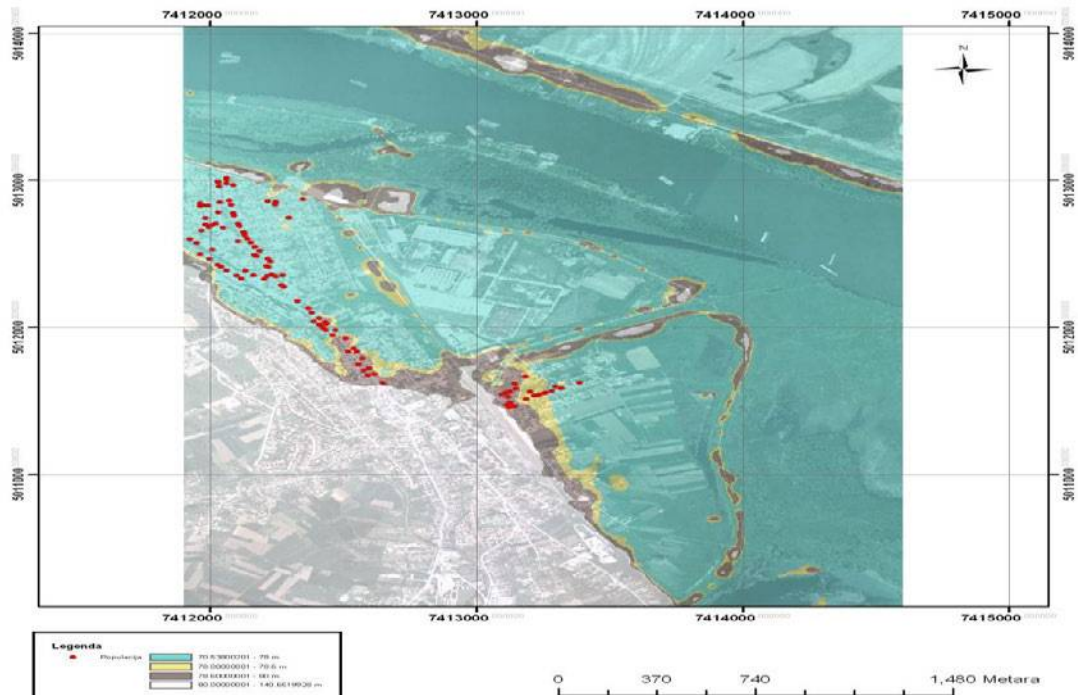
Slika br.2: Domaćinstva ugrožena desetogodišnjom poplavom gde žive ljudi stariji od 65 i deca mlađa od 6 godina i koji nemaju osiguranje

Zona istraživanja Petrovaradin
stanovništvo mlađe od 6 ili starije od 65 godina
bez osiguranja ugroženo dvadesetogodišnjom poplavom



Slika br.3: Domaćinstva ugrožena dvadesetogodišnjom poplavom gde žive ljudi stariji od 65 i deca mlađa od 6 godina i koji nemaju osiguranje

Zona istraživanja Petrovaradin
stanovništvo mlađe od 6 ili starije od 65 godina
bez osiguranja ugroženo stogodišnjom poplavom



Slika br.3: Domaćinstva ugrožena stogodišnjom poplavom gde žive ljudi stariji od 65 i deca mlađa od 6 godina i koji nemaju osiguranje

4. ZAKLJUČAK

Primena GIS-a omogućava dovođenje u zajednički kontekst potrebnih podataka, njihovo kombinovanje, vizualni prikaz i vrednovanje. Na ovaj način, sagledavanjem više različitih scenarija, omogućeno je donošenje kvalitetne odluke u smislu pronalaženja prihvatljivog rešenja za datu situaciju.

Značaj primene GIS-a prilikom procesa analize socijalne ranjivosti ogleda se u mogućnosti sagledavanja prostorne distribucije posebno ranjive populacije što omogućava definisanje prioriteta delovanja tokom realizacije odgovora na katastrofalni događaj. Ovakav pristup analizi socijalne ranjivosti minimizira vreme koje je nadležnim organima potrebno za donošenje odgovarajuće odluke i pruža mogućnost pravovremenog reagovanja na nadolazeću opasnost.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Istraživanja prezentovana u ovom radu delimično su finansirana od strane Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, Autonomne pokrajine Vojvodine u okviru projekta "Procena socijalne ranjivosti područja ugorženog poplavama".

LITERATURA

- [1] Panić M., Milošević M., Jojić Glavonjić T. „The possibility of GIS application for the needs of planning transport of hazardous waste“, Bulletin of the serbian geographical society, Tome XC, No.1, pp. 179-188, 2010.
- [2] Burrough A.P., McDonnell A.R., Principi geografskih informacionih sistema, Građevinski fakultet, Beograd, 2006.
- [3] Radović D., Andrian G., Radović I., Srdić Z., Protić D. „Evolving GIS technologies in nature conservation and spatial planning strategy of Tara NP (Serbia) as a potential UNESCO MAB reserve“, Bulletin of the serbian geographical society, Tome LXXXVIII, No. 3, pp. 87-100, 2009.
- [4] Cowen, D.J., GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 1551-4, 1988.
- [5] Bakić O., Đurđević J. “Vizuelizacija prostornih planova u GIS okruženju”, str. 22-30, 2011.

SINERGIJA ARHITEKTURE ORGANIZACIJE I UPRAVLJANJA POSLOVNIM PROCESIMA

ENTERPRISE ARCHITECTURE AND BUSINESS PROCESS MANAGEMENT SYNERGIES

Milosav Majstorović¹, Dušan Regodić², Gordana Majstorović³, Dušan Krstajić⁴, Radovan Cvetković⁴

¹Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, Beograd,

²Univerzitet Singidunum, Beograd

³Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Srbija

⁴Infolink d.o.o, Beograd

Sadržaj – Ključni faktor za uspešnost kompanija u savremenom, dinamičkom okruženju, je efektivna i efikasna podrška informacione tehnologije (IT) poslovnoj strategiji i procesima. Uprkos velikim naporima učinjenim zadnjih decenija na ovom polju, problem poravnanja IT-a i poslovanja (eng. IT and Business Alignment) nije rešen. Unazad dvadeset godina Arhitektura organizacije (AO) postaje konceptualno i praktično sredstvo za rešavanje problema poravnanja. Da bi AO dobila praktičnu vrednost (tj. bila realizovana) potrebno je povezati njene artefakte sa isporukama rešenja (koja predstavljaju realizaciju planiranih projekata). Isporučka rešenja se odvija kroz inicijative kao što je upravljanje poslovnim procesima (UPP), koje isporučuju operativna poboljšanja i omogućuju agilnost promena organizacije. U ovom radu se daje prikaz osnova AO i UPP, i posebno razmatra njihova sinergija u procesu transformacije postojećeg u buduće stanje organizacije.

Abstract – A key factor for the success of companies in the modern, dynamic environment, is an effective and efficient support of information technology (IT) business strategy and processes. Despite the great efforts made in recent decades in this field, the problem IT and Business alignment is not resolved. Back twenty years, enterprise architecture (EA) becomes the conceptual and practical tool for the alignment issue. To obtain practical value of EA (ie. be realized), it is necessary to connect its artifacts with the delivery of solutions (which represent the implementation of planned projects). Delivering solutions is carried out through initiatives such as business process management (BPM), that deliver operational improvements and allow for changes in organization agility. This paper gives an overview of the EA and the BPM, and especially considering their synergies in the process of transformation of the current state („as is“) of the enterprise in the future („to be“).

1. UVOD

Savremeno poslovanje karakterišu krupne i česte promene, koje iziskuju promenu i poslovnih procesa kojima se poslovanje realizuje. Da bi lakše upravljale ovim promenama kompanije sve češće menjaju tradicionalne, funkcionalno orijentisane forme organizacije u procesno orijentisane. Ovim, fleksibilnost i efikasno upravljanje

poslovnim procesima postaje od esecijalne važnosti za organizacije. Dodatno, sve je veći broj postojećih i novih kompanija koje nude različite servise, umesto tradicionalnih, "opipljivih" proizvoda. Karakteristika ovih kompanija postaje servisno orijentisano poslovanje.

Da bi se omogućio, neprestano, novi razvoj, uvode se nove tehnologije i složenost organizacija raste. Ovaj proces traje više od decenije, i sve je više organizacija koje "pate" od složenih informacionih sistema (IS) koji pokušavaju da zadovolje potrebe poslovnih sistema. Ključni faktor za uspešnost kompanija u dinamičkom okruženju je efektivna i efikasna podrška IT-a poslovnoj strategiji i procesima. Uprkos velikim naporima učinjenim zadnjih decenija na ovom polju, problem poravnanja IT-a i poslovanja nije rešen. Unazad dvadeset godina, AO postaje konceptualno i praktično sredstvo za borbu sa napred spomenutom složenošću i rešavanju problema poravnanja.

Uprkos široke prihvaćenosti AO kao poslovne i IT discipline, postoje ozbiljni izazovi u njenoj praktičnoj primeni. Naime, AO daje opšti okvir za rešavanje problema poravnanja poslovanja i IT, ali njena operacionalizaciju u konkretnom domenu i organizaciji zahteva velike napore. Na primer, okviri za razvoj AO, ne razmatraju eksplicitno sinergiju sa UPP, što otežava koordinaciju planiranja (odgovornost AO) i isporuke rešenja (odgovornost UPP).

U ovom radu se polazi od toga da je za bolji poslovni rezultat organizacije, potrebna kombinacija upravljanja poslovnim procesima (UPP) i arhitekture organizacije (AO), [1]. U tom cilju, u radu se daje nacrt realizacije buduće AO, kroz mapu puta na kojoj se upravlja projektima koji prevode AO iz postojećeg u buduće stanje. Pri ovome, AO definiše ciljeve koje treba postići, a UPP obezbeđuje poslovni kontekst i metriku, osiguravajući kretanje po odgovarajućem koloseku. Razvijeni konceptualni model sinergije AO i UPP daje smernice za operacionalizaciju ovog pristupa u praksi.

Ostatak rada je strukturiran na sledeći način. U narednom, drugom poglavlju, se daje definicija i kratak osvrt na ulogu okvira u razvoju AO. U trećem poglavlju se daje pojmovno određenje UPP i osnovnih koncepata iz ove oblasti, kao i uloga UPP u poravnanju poslovanja i IT. U sledećem poglavlju se razmatra koordinacija planiranja i isporuke rešenja kroz kombinaciju UPP i AO, i daje konceptualni

model za sinergiju između AO i UPP. Na kraju se daju zaključna razmatranja i ističu mogući pravci daljeg rada.

2. ARHITEKTURA ORGANIZACIJE

Da bi se upravljalo složnošću bilo koje velike organizacije ili sistema, potrebna je arhitektura [2]. Međutim, pojam reči 'arhitektura' u mnogim oblastima nije jednoznačan. Najčešće, pod arhitekturom nekog sistema se podrazumeva njegova struktura i funkcije. U [3] je data sledeća definicija: "*arhitektura je fundamentalna organizacija sistema, oličena kroz njegove komponente, odnose između komponenti i sistema sa okruženjem, kao i principijalne smernice za njegovo projektovanje i evoluciju*". U ovom radu pod organizacijom se podrazumeva kolekcija organizacionih celina koje imaju zajednički skup ciljeva i predstavljaju specifičan organizacioni sistem. AO se u literaturi definiše različito. Tako, u [2] AO se definiše kao: "*koherentna celina principa, metoda i modela koji se koriste u projektovanju organizacione strukture, poslovnih procesa i infrastrukture*".

U [4] AO se definiše kao skup koncepata i prakse zasnovane na holističkom pogledu na sistem, principima i zajedničkim jezicima, i dugo postojećim disciplinama inženjerstva i arhitekture. Rad postavlja AO kao arhitekturu cele organizacije, uključujući njen IT. Takođe, opisuje ontologiju potrebnu za holističko definisanje i predstavljanje arhitekture, i naglašava značajne izazove koji se postavljaju pred IT profesionalcima, prosvetiteljima i istraživačima. Na kraju se ističe da je AO jedan od kritičnih alata za uspeh organizacije, i da će poprimati sve značajniju ulogu kako sa zahtevi za brzinom, agilnošću, sinergijom, efikasnošću, kvalitetom i složnošću budu povećavali.

Dakle, AO opisuje i modeluje elemente organizacije, i pokazuje kako su oni oraganizovani i povezani, i kako funkcionišu kao celina. AO sama po sebi nije artifakt, već produkuje artefakte (npr. modele) koji ilustruju postojeće i buduće (željeno) stanje organizacije [5]. Iako je AO već duže vreme veoma značajna oblast istraživanja ([6], [2], [7], [4]) još uvek ne postoji potpun konsenzus o terminologiji AO, konceptima, pristupima i ishodima, tj. rezultatima razvoja AO. U svakom slučaju, iako se AO u početku odnosila pre svega na arhitekturu i razvoj informacionog sistema (IS-a), danas je to pristup za sveobuhvatno modelovanje arhitekture peduzeća, u kojoj se daju standardne komponente IS-a, ali i modeli organizacije i softverske arhitekture preko kojih se implementira neki IS.

Razvoj AO je stalan proces koji uključuje razvoj, sprovođenje, primenu i propagiranje rezultata. Ovaj proces treba da bude poravnat (usklađen) sa unutrašnjim razvojem organizacije, kao i sa njenim okruženjem. Ovo uključuje, kako strategijske, tako i operativne aktivnosti organizacije. Iako arhitektura obuhvata relativno stabilne delove poslovanja i tehnologije, arhitektura se mora prilagođavati promenama, tako da proizvodi arhitekture (artifakti) imaju privremeni status. Naime, arhitektura se menja zbog promena okruženja i novih tehničkih mogućnosti koje utiču na esencijalne ciljeve poslovnog sistema i načina realizacije tih ciljeva. Dobra arhitektura mora jasno pokazivati relaciju između arhitekturnih odluka i poslovnih ciljeva organizacije [2]. U razvoju AO neophodno je napraviti manje ili više apstraktnu reprezentaciju poslojećeg (eng. "as-is") i budućeg (eng. "to-be") stanja organizacije, kao i mapu puta koja će omogućiti transformaciju iz tekućeg u buduće stanje (slika1.).



Slika 1. Razvoj i proces transformacije AO

AO budućeg stanja se pravi na osnovu misije, vizije, strategije i poslovnih ciljeva organizacije. Dakle, poslovanje je pokretač i daje usmerenje za razvoj AO. Kreiranje mape puta za prevođenje postojećeg stanja u buduće (željeno) stanje uključuje mnoštvo projekata koji menjaju postojeću AO, tj. vrše njenu transformaciju. Na ovaj način, projekti predstavljaju implementaciju promena u organizaciji, tj. određene AO.

Najvažnija karakteristika AO je da ona predstavlja celovit pogled na organizaciju. Tako, ona uključuje različite domene u organizaciji, i treba da predstavlja optimalno

rešenje u kontekstu cele organizacije, tj. kako njenih delova, tako i celine. Da bi se postigao željeni kvalitet AO, potreban je pristup koji će omogućiti potrebno razumevanje i komunikaciju svih uključenih učesnika iz različitih domena. Za razliku, na primer, od arhitekture u građevinarstvu, koja ima hiljadugodišnju istoriju, i u kojoj je razvijen i uspostavljen zajednički jezik i kultura, takav opšti okvir u poslovanju i IT-u, još uvek nedostaje [2]. U tekućoj praksi, koriste se različiti okviri, jezici za specifikaciju, tj. različiti modeli, tehnike i alati za razvoj AO, ([6, 8, 9, 10, 11, 12]). U nastavku, o okviru ovog poglavlja, daje se osvrt na ulogu okvira u razvoju AO, i

ukratko prikazuju Zahmanov [6], i TOGAF [11] okvir, čiji uticaj na AO, se u literaturi najviše naglašava.

Kreiranje arhitekture organizacije efikasnije je uz korišćenje okvira, koji pomažu da se definišu oblasti koja će arhitektura obuhvatiti, i kategorizuju artefakti za isporuku, čime se obezbeđuje organizovan i logičan pristup za kreatore AO. Okviri za AO sadrže skup modela, principa i metoda koji se koriste za implementaciju AO. Okviri uspostavljaju vezu između artefakta AO, i obezbeđuju zajednički rečnik za sve zainteresovane strane u kontekstu AO.

Uočena uloga i značaj okvira za razvoj AO doprinelo je razvoju više okvira u kontekstu opštih i specifičnih pristupa. Većina današnjih okvira nastala je kao nadogradnja Zahmanovog okvira [6]. Ovaj okvir predstavlja jednostavnu logičku strukturu za klasifikovanje i organizovanje deskriptivnih prikaza organizacije, koji su značajni za upravljanje i razvoj sistema u okviru organizacije. Okvir je fokusiran na konstrukciju pogleda na organizaciju, pre nego što obezbeđuje proces ili metodologiju za kreiranje arhitekture. Organizacija se predstavlja sa matricom od šest kolona i redova. Kolone imaju sledeće atribute (različiti aspekti razumevanja organizacije): šta, kako, gde, ko, kada i zašto. Redovi matrice predstavljaju uloge u procesu projektovanja, a šire gledano obezbeđuju taksonomiju preduzeća i predstavljaju različite poglede posmatranja: planer, vlasnik, projektant, izvođač, programer i korisnik.

Ovako koncipiran, Zahmanov okvir omogućuje: dobru klasifikaciju pogleda svih zainteresovanih učesnika u organizaciji, popunjavanje ćelija matrice sa artefaktima, horizontalno (između različitih pogleda – perspektiva) i vertikalno (od koncepta do tehničke implementacije) povezivanje ćelija matrice, proveru kompletnosti deskriptivnih prikaza složenih poslovnih sistema. Prednosti Zahmanovog okvira su [2]: laka razumljivost; celovit pogled na organizaciju; definisan je nezavisno od alata ili metodologija; bilo koji koncept, ili problem, može biti mapiran na pogodno mesto u matrici. Najčešće navođeni problemi primene Zahmanovog okvira su ([2]): nedostatak metodologija, koje pokrivaju sve aspekte okvira; nepostojanje čvrstih pravila za povezivanje ćelija okvira; nedostatak popularnih notacija za modelovanje svih kolona okvira; veliki broj ćelija, koji je prepreka za praktičnu primenu. Uprkos ovim nedostacima, Zahmanov okvir se još uvek puno koristi, a Zahmanov rad je izneo izazove i viziju arhitekture organizacije za narednih dvadeset godina. Izazovi su se odnosili, pre svega, na upravljanje složenošću u distribuiranim sistemima.

TOGAF (The Open Group Architectural Framework) je otvoren, industrijski okvir za arhitekturu organizacije [11]. Prvobitno je zamišljen kao opšti okvir i metodologija za razvoj tehničke arhitekture, ali je evaluirao u okvir i metod za razvoj arhitekture organizacije, i najviše je korišćen okvir za AO u industriji. Okvir je opisan kroz skup dokumenata na Open Group javnom web serveru [11], i može se slobodno koristiti u organizacijama koje žele razvoj AO.

TOGAF okvir podržava četiri, opšte prihvaćena, arhitekturna domena koji predstavljaju komponente AO:

- **Poslovna arhitektura** definiše poslovnu strategiju, upravljanje i ključne poslovne procese.
- **Arhitektura podataka** opisuje strukturu logičkih i fizičkih skupova podataka i resurse za upravljanje podacima.
- **Aplikaciona arhitektura** obezbeđuje skicu pojedinačnih aplikacija, njihov razmeštaj, međusobnu interakciju, i njihov odnos sa centralnim poslovnim procesima organizacije.
- **Tehnološka arhitektura** opisuje softverske i hardverske funkcionalnosti koje su neophodne za podršku razvoja i razmeštaja poslovanja, podataka i aplikacionih servisa. Ona uključuje: IT infrastrukturu, računarske mreže, komunikacije, tehnološke standarde, itd.

TOGAF se zasniva na sledećoj misiji i strategiji:

- **Misija:** Stvaranje sistema koji će omogućiti slobodan protok informacija (eng. boundaryless information flow).
- **Strategija:**
 - Rad sa korisnicima u cilju obuhvatanja, razumevanja i bavljenja s tekućim i nadolazećim zahtevima, uspostavljanje politike, i razmena najboljih praksi.
 - Rad sa dobavljačima, konzorcijumima i telima za standardizaciju u cilju razvoja konsenzusa i olakšavanja interoperabilnosti.

TOGAF sadrži tri glavna dela:

1. **TOGAF metod za razvoj AO** (eng. TOGAF Architecture Development Method - ADM), koji definiše kako izvesti AO za specifičnu organizaciju, koja će odslikavati konkretne poslovne potrebe. ADM obezbeđuje sledeće:
 - a. Pozdan, dokazan pravac za razvoj arhitekture.
 - b. Arhitekturne poglede koji omogućuju arhitektama da adekvatno obrade složeni skup zahteva.
 - c. Ostvarivanje veza ka praktičnim studijama slučaja.
 - d. Smernice za korišćenja alata pri razvoju arhitekture.
2. **Kontinuum organizacije** (eng. Enterprise Continuum), repozitorijum svih arhitekturnih artefakta (modela, šablona, arhitekturnih opisa, itd.), koji postoje kako u konkretnoj organizaciji, tako i u široj IT industriji, a na raspolaganju su za razvoj arhitekture. Na odgovarajućim mestima širom TOGAF ADM postoje podsetnici o tome koja arhitekturna sredstva treba koristiti
3. **TOGAF baza resursa** (eng. TOGAF Resource Base), koja je skup resursa (smernica, šablona, dodatnih informacija, itd.) koji pomažu arhitektama u korišćenju ADM.

3. UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA

Upravljanje poslovnim procesima je tema još od industrijske revolucije. Od tada, ova oblast je posmatrana i obrađivana sa različitih pogleda: ekonomskog, sociološkog, psihološkog, knjigovodstvenog, inženjerskog, kao i ugla poslovne administracije [13]. Ovde će upravljanje poslovnim procesima biti razmatrano iz perspektive računarstva, ili šire gledano informacione tehnologije (IT). U zadnjoj deceniji, IT je doprineo kreiranju sasvim novih pravaca u organizaciji poslovnih procesa. U ovom kontekstu, od posebne važnosti je razvoj sistema za upravljanje poslovnim procesima - SUPP (eng. Business Process Management Systems – BPMS). SUPP su generički softverski sistemi čiji rad se zasniva na eksplicitno projektovanim procesima i koji pružaju podršku u izvršenju i upravljanju operativnim poslovnim procesima.

UPP se oslanja na koncept optimizacije poslovnih procesa koji postoji već čitav vek, i koji je bio ključna komponenta industrijske revolucije. Zadnjih decenija fokus je suptilno pomeren prema UPP. Ključna razlika koju je donelo UPP se odnosi na projektovanje dinamičkih procesa, kao i orkestraciju i automatizaciju procesa kroz IT. Pored toga što je smanjilo troškove, kroz kontinuirano unapređenje i automatizaciju procesa, UPP takođe obezbeđuje osnovu za agilno poslovanje, svrsishodan IT, i njihovu konvergenciju. Ovi koncepti su ilustrovani na slici 2., [1]. Levi deo slike prikazuje ključne rezultate UPP, koji predstavljaju motor za poravnanje poslovanja i IT. U ovom kontekstu, poslovni pogled definiše sa jedne strane poslovni model i poslovne kompetencije, a sa druge, strategijske poslovne ciljeve i kritične faktore uspeha. Procesni pogled definiše arhitekturu procesa, koja uključuje dekompoziciju i modele procesa, kao i ključne indikatore performansi i indikatore performansi procesa. Ovako postavljena arhitektura procesa omogućuje validaciju tekućih operativnih procesa. Naravno, IT omogućuje realizaciju ovako postavljene arhitekture procesa.



Slika 2. UPP kao motor za poravnanje poslovanja i IT

U [1], UPP se definiše kao: *Disciplina za isporuku rešenja, zasnovana na praksi servisno-orijentisane arhitekture (SOA), koja predstavlja motor za agilnost i efikasnost poslovanja, unapređenje organizacionih činioaca i*

merljivih poslovnih ciljeva. Ova definicija sugerise da je UPP nedvosmisleno orijentisano na *isporuku rešenja*, a ne na planiranje organizacije. Tipično, projekti UPP su usmereni na unapređenje tekućih procesa koje ne remeti uspostavljenu politiku poslovanja cele organizacije. Dakle, UPP nije fokusirano na reinženjering samog poslovanja. Planiranje organizacije je prevashodno oblast AO. U nastavku se razmatra sinergija AO i UPP

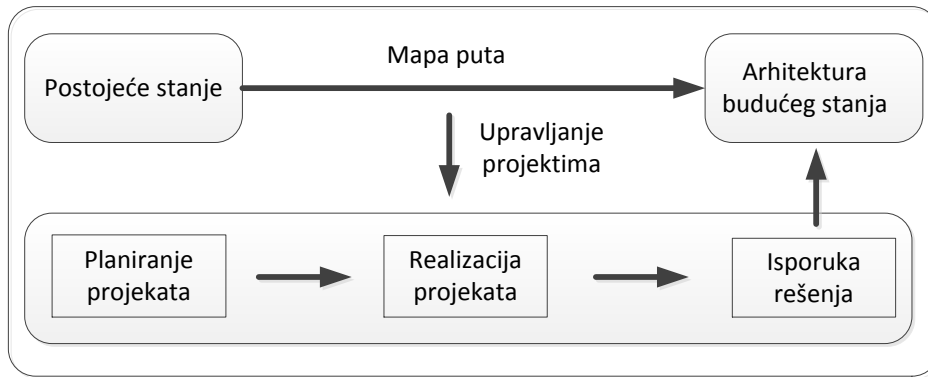
4. SINERGIJA UPP I AO

Da bi AO dobila praktičnu vrednost (tj. bila realizovana) potrebno je povezati njene artefakte sa isporukom rešenja (koja predstavljaju realizaciju planiranih projekata). Isporuca rešenja se odvija kroz inicijative kao što je UPP, koje isporučuju operativna poboljšanja i omogućuju agilnost promena organizacije. Planiranje i upravljanje realizacijom buduće arhitekture organizacije prikazano je na slici 3. Za tranziciju iz postojećeg u buduće stanje dolazi se preko mape puta, kojom se planiraju promene i upravlja AO. Na osnovu mape puta se vrši upravljanje planiranim projektima, čijom realizacijom se dobijaju i isporučuju rešenja kojima se realizuje definisana, buduća arhitektura organizacije.

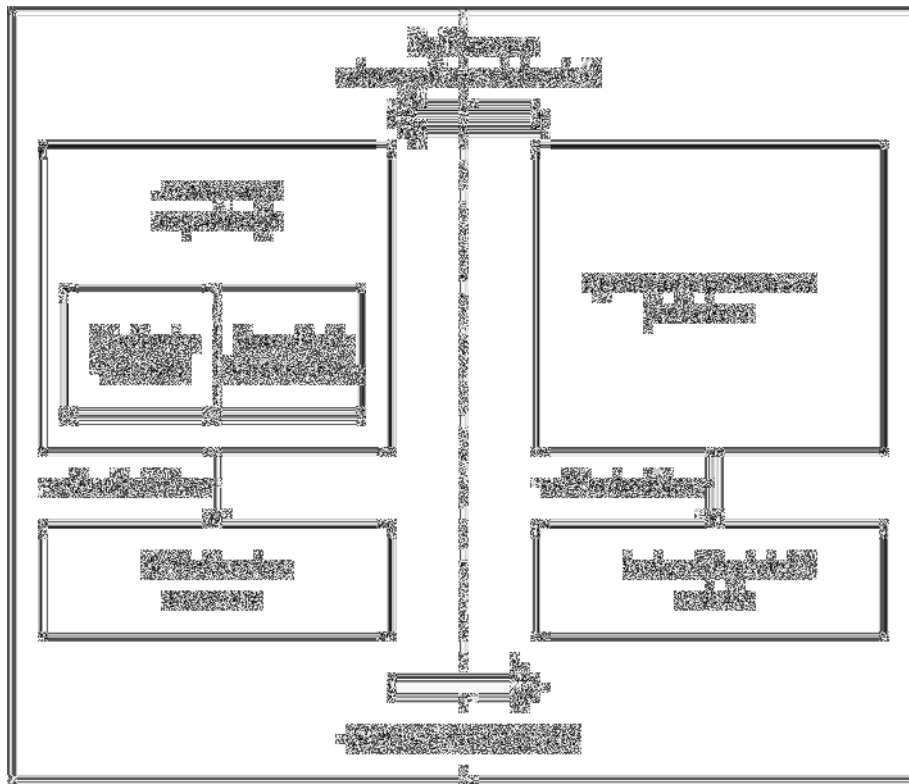
Dobar i skalabilan pristup za koordinaciju planiranja i izvršenja u procesu transformacije tekućeg stanja organizacije u buduće stanje, je kombinacija UPP i AO. UPP i AO imaju sopstvene vrednosti, međutim, kroz prirodnu sinergiju, zajedno daju bolje poslovne ishode i doprinose strategijskom poravnanju poslovanja i IT. U kombinaciji, UPP obezbeđuje poslovni kontekst, razumevanje i metriku, a AO daje disciplinu za prevođenje poslovne vizije i strategije u arhitekturne promene (slika 4.), [1].

Planiranje promena je neophodno za moderne organizacije, pri čemu, planovi koji ne dožive izvršenje (realizaciju) imaju malu vrednost. Kontinualno inapređenje poslovanja se izvodi iz odgovarajuće koordinacije planiranja i izvršenja. Ova koordinacija zahteva poznavanje životnog ciklusa organizacije i uspostavljanje valjane kolaboracije i upravljanje procesima promene. Tako, optimizacija poslovnih procesa i rešenja nije više dovoljna, organizacija treba da optimizuje i sam proces promena.

Ako prihvatimo fundamentalnu premisu da je potrebno upravljati procesima i informacijama, kao i integrisati planiranje i isporuku rešenja kroz organizaciju, sinergijski kombinujući UPP i AO, postavlja se pitanje kako to postići. Pri ovome, treba identifikovati važne promene, pronaći optimalno vreme za implementaciju ovih promena, i na kraju, izvršiti efektivno promene. Različite discipline, kao što su UPP, AO, softversko inženjerstvo, itd., najčešće daju različite odgovore i pristupe, na napred postavljeno pitanje. Različiti pogledi ilustruju činjenicu da različiti učesnici imaju specifične ciljeve, i različito poimanje o tome šta sadrže efektivne promene, i kako ih realizovati. Najšešće, ovi pogledi su zasnovani na disciplinama s kojima su pojedini učesnici familijarni.

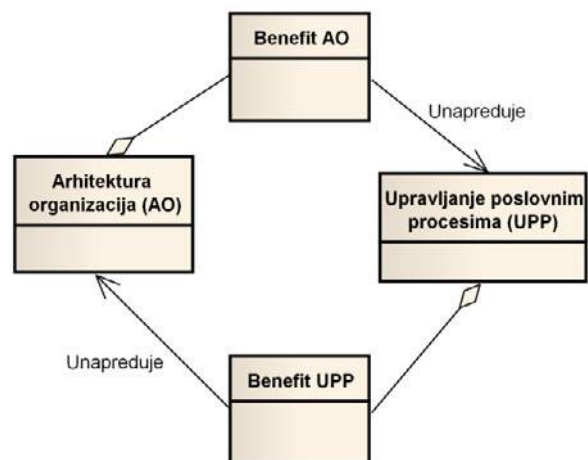


Slika 3. Realizacija buduće AO



Slika 4. Koordinacija planiranja i isporuke rešenja kroz kombinaciju UPP i AO

Na slici 5. je prikazan konceptualni model sinergije AO i UPP. Njihov odnos je prikazan kroz benefite koje ove discipline pružaju, i kojima jedna drugu obogaćuju, tj. unapređuju. Na primer, AO obezbeđuje modele organizacione strukture, mapu poslovnih procesa, modele podataka i aplikacija. Ovi modeli se direktno koriste u odgovarajućim fazama životnog ciklusa UPP (kao što su projektovanje, konfigurisanje, implementacija i izvršenje poslovnih procesa). Tako, projektima UPP se upravlja i usmerava na osnovu rezultata AO. Dakle, kada je reč o PP, AO obezbeđuje njihovu klasifikaciju i dekompoziciju, a UPP njihove modele. Tako, UPP obezbeđuje modele i metrike PP, što predstavlja valjan poslovni kontekst, koji je preduslov za efektivno planiranje arhitekturnih promena (što je zadatak AO).



Slika 5. Konceptualni model sinergije AO i UPP

5. ZAKLJUČAK

Poravnanje mogućnosti IT-a sa poslovnim ciljevima je osnova za postizanje agilnosti i konkurentnosti savremenih organizacija u dinamičnom tržišnom okruženju. Tako, postizanje visokog stepena ovog poravnanja, je jedan od najviših prioriteta IT i poslovnih rukovodilaca već više godina. AO kao pristup koji predstavlja arhitekturu cele organizacije, uključujući i sve aspekte IT u njoj, više od dvadeset godina predstavlja konceptualno i praktično sredstvo za rešavanje problema poravnanja poslovanja i IT.

Dok skoro svi okviri za razvoj AO uključuju modele poslovnih procesa, nijedan od njih eksplicitno ne inkorporira UPP. U ovom radu je razmotrena kombinacija UPP i AO kako bi se izvršila koordinaciju planiranja (odgovornost AO) i isporuke rešanja (odgovornost UPP). Kao rezultat ove elaboracije nastao je i nacrt realizacije buduće AO, kroz mapu puta na kojoj se upravlja projektima koji prevode AO iz postojećeg u buduće stanje. Pri ovome, AO definiše ciljeve koje treba postići, a UPP obezbeđuje poslovni kontekst i metriku, osiguravajući kretanje po odgovarajućem koloseku. Takođe, razvijen je i konceptualni model sinergije AO i UPP, koji pokazuje odnos ove dve discipline i omogućuje modelovanje benefita koje one pružaju, i kojima jedna drugu obogaćuju, tj. unapređuju.

Koliko je težak problem postizanja željene AO, ilustruje i razmatranje dato u [1], u kojem se pravi paralela između problema prerastanja plemenskih zajednica u nacije i izazova koji stoje pred modernim organizacijama. Naime, mnoge organizacije su još uvek u "plemenskom" stadijumu, u kojem nije uspostavljen zajednički jezik i mapa puta za postizanje željene AO. Dodatno, mnogi delovi organizacije ("plemena") ne vide druge organizacione delove, i u mnogim slučajevima, ne brinu zbog toga.

Da bi se ubrzao prelaz iz "plemenske zajednice" u "modernu naciju", prvo je neophodno uspostaviti zajednički, i od svih prepoznat, prostor (pejzaž, mapu) organizacije. Tada je moguće razmotriti kako uspostaviti saradnju u tom prostoru, i njime upravljati (vladati). U ovom cilju, u daljem radu se planira razvoj konceptualnog modela prostora (mape) organizacije, koji bi olakšao definisanje i operacionalizaciju mape puta za prelaz iz postojećeg u buduće stanje organizacije. Ovaj konceptualni model bi modelovao elemente organizacije koji doživljavaju promene (transformacije), kao i različite životne cikluse transformacija i faze tih transformacija. Apstraktni nivo konceptualnog modela omogućavao bi primenu u većini organizacija. Naime, u praktičnoj primeni, ovaj bi se model metodološkim postupkom postepenog detaljisanja konkretizovao u skladu sa konkretnim potrebama.

LITERATURA

- [1] Jensen C.T., Cline O., Owen M., Combining Business Process Management and Enterprise Architecture for Better Business Outcomes, IBM, Njujork, 2011.
- [2] Lankhorst M., Enterprise Architecture at Work, Third Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [3] IEEE Computer Society, IEEE Std 1471-2000: IEEE Recommended Practice for Architecture description of Software-Intensive Systems. IEEE, New York, 2000.
- [4] Kappelman L. A., Zachman J. A., "The Enterprise and Its Architecture: Ontology & Challenges", Journal of Computer Information Systems, Summer 2013.
- [5] Seppänen, V. "Interconnections and differences between EA and SOA in government ICT development, In *Proceedings of the 31st Information Systems Research Seminar in Scandinavia*, 2008.
- [6] Zachman J. A., "A Framework for Information Systems Architecture", IBM Systems Journal, vol. 26, no. 3, IBM Publication G321-5298. 914-945-3836 or 914-945-2018. 1987.
- [7] Sessions R., "A Comparison of the Top Four Enterprise-Architecture Methodologies", ObjectWatch, Inc., May 2007.
- [8] U.S. Department of Defense, "Technical Architecture Framework for Information Management (TAFIM)", Volumes 1-8. Version 2.0. Reston, VA: DISA Center for Architecture, 1994.
- [9] The Chief Information Officers Council A04, "Federal Enterprise Architecture Framework", Version 1.1. September 1999.
- [10] Gartner, "Gartner Enterprise Architecture Framework: Evolution 2005", Gartner ID: G00130855, October 25, 2005.
- [11] Open Group Standard, TOGAF® Version 9.1, Document Number: G116, 2011.
- [12] <http://www.tmforum.org/browse.aspx>
- [13] Aalst, W.M.P. van der, Hee, K.M. van, Workflow Management: Models, Methods and Systems, Massachusetts Institute of Technology, 2002.

GIS KAO ALAT ZA USTANOVLJAVANJE UTICAJA NA PROSTORNE RELACIJE

GIS AS A TOOL FOR ESTABLISHING THE INFLUENCE ON THE SPATIAL RELATIONS

Bajagic Slobodan¹, Marija R Jeftić², Radovan Nevenić³
Microstar¹, Geografski fakultet², Institut za šumarstvo³

Sadržaj- *Primena digitalnog GIS alata za izradu analiza pritiska urbanih sadržaja i delatnosti na životnu sredinu određenog prostora prikazana u ovom radu, odnosi se na relacije sektorskih i ostalih pritiska na odabrane prirodne i kulturne sisteme priobalnog područja Istarske županije, posebno ekološke. Metoda preklapanja (Overlay), kao posebna performansa GIS alata daje široke mogućnosti za izradu brojnih analiza uticaja na prirodne i kulturne sisteme životne sredine.*

Abstract- *Application of digital GIS tools for producing analyses of the pressures urban facilities and activities on the environment of a given area is shown in this paper, refers to the relations of sectoral and other pressures considered significant values shore part of the Region of Istria, especially ecological. The method of overlapping (Overlay), as special performance GIS tools gives wide possibilities of making numbers of Impact analyses on the contents of the environment.*

1. UVOD

Šira uticajna područja gradova i naselja potrebno je obuhvatiti kao posebnu plansko-razvojnu i programsku celinu (širi urbani sistem), u sklopu kojeg će se pratiti i istraživati procesi i odnosi, donositi odgovarajuće odluke prostornog uređenja i razvojne politike radi sagledavanja složenosti razvoja i očuvanja prirodnog okruženja sa ekološkim i rekreacionim potencijalima.

Razvojni ciljevi odnose se prvenstveno na smanjivanje rasta velikih gradova i omogućavanje uravnotežene koncentracije funkcija, na uspostavu funkcionalnih veza između urbanih središta i ruralnih sredina – naselja [2], poboljšanje uslova života i opremljenosti u perifernim zonama (posebno onim bez funkcija i komunalne opreme).

Analiza pritiska urbanih sadržaja i delatnosti prikazana u ovom radu odnosi se na relacije sektorskih i ostalih pritiska na razmatrane značajnije prirodne i kulturne sisteme područja, posebno ekološke, u okviru Nacrta prijedloga Izmena i dopuna Prostornog plana Istarske županije (PPIŽ)-a., Republike Hrvatske. Procena pritiska planskog rešenja iz Nacrta predloga Izmena i dopuna PPIŽ-a na prirodne i kulturne sisteme je analizirana kroz sadržaje koji su direktno ili indirektno pod pritiskom nekih od antropogenih

aktivnosti, a to su: pritisci na vazduh, vode, more, zemljište, zaštićena područja prirode, biodiverzitet, kulturnu baštinu, predeo i dr.

Rezultat analize prikazan je za svaki prirodni i kulturni sistem grafičkim prikazom “Združeni model”, koji se sastoji iz međusobno preklapljenih (*Overlay*) **shp** slojeva prostornog modela sadržaja životne sredine i prostornog modela pritiska. Kod združenog modela, zbog preklapanja podataka svi slojevi (**shp** slojevi) bez obzira na preklapanje zadržali su svoje zasebno polje s pripadajućim opisom. U združenoj tablici dodato je novo polje za procenu pritiska, na osnovu čega je vrednovan mogući pritisak na element prostora, prema unapred definisanim ponderima za svaki sadržaj životne sredine.

Podloga za izradu grafičkog prikaza vektorski su podaci u dwg formatu Nacrta prijedloga izmena i dopuna PPIŽ-a. Svi dwg slojevi (*Layers*) su transformirani u shp GIS format, a definirane su i tabele s poljima u koje su upisani odgovarajući podaci za svaki **shp** sloj.

Za svaki od odabranih prostornih sadržaja iz GIS baze podataka selektovani su samo oni prostorni podaci, koji najbolje definišu delove životne sredine, a koji su pod pritiskom razvojnih delatnosti. Izborom prostornih podataka, odnosno slojeva (*Layers*) iz baze podataka izrađen je za svaki sadržaj prostorni model.

S obzirom na to da je procena uticaja vrlo subjektivan pristup, (*Overly*) metoda omogućuje ekspertni timski rad i korekciju ponderiranja, kako bi se subjektivna procena smanjila na najmanju moguću meru.

U združenom modelu se nalaze međusobno preklapljeni svi prostorni podaci s pripadajućim opisnim podacima, a selekcijom preko pretraživača (**Query Builder**) selektovani su samo oni podaci koji zadovoljavaju postavljene uslove.

2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja je ustanovljavanje mogućnosti ograničenja negativnih uticaja razvojnih delatnosti u prostoru uz pomoć GIS digitalnog alata za izradu aplikacija, analiza prostora. Prostorno planiranje, zaštita prostora, sa svim svojim vrednostima je specifična naučna oblast koja zahteva dokumentovane analize [6] i kvantificirane rezultate u cilju očuvanja i unapređenja razvoja mreže naselja, funkcionalno urbanih regiona [5], određivanja stepena zaštite i

smernica za očuvanje prirodnih i kulturnih vrednosti određenog prostora, potrebe i opravdanost eksploatacije mineralnih sirovina, mogućnost razvoja rekreativnih i turističkih potencijala.

3. METODOLOGIJA

Naučno utemeljena metodologija preklapanja (*Overlay*) nastala je kao potreba da se u prostorno planiranje ugrade kriterijumi zaštite sredine, prirodnih resursa i kulturnih vrijednosti, odnosno da se prilikom izrade prostornih i urbanističkih planova definišu vrednosni kriterijumi na osnovu kojih će se vršiti procena uticaja neke planirane razvojne delatnosti na postojeće prirodne i kulturne vrednosti.

Prof. Karl Štajnic (Carl Steinitz) kao jedan od osnivača digitalnog pristupa, Geografskog informacionog sistema GIS-a [4], razvio je inovativnu metodu izrade prostorne baze podataka i modela vrednovanja, na osnovu kojih je procenjivao uticaj na prirodne sisteme., a institut ESRI (Environmental System Research Institute) 1990. godine razvija digitalni alat i univerzalni format pod nazivom *Shapefile*, čime su stvorene neograničene mogućnosti, korišćenja metode preklapanja (*Overlay*).

Šta je GIS u pristupu istraživanja ponašanja prirodnih sistema

Najbolja definicija GIS-a odnosno Geografskog informacionog sistema opisana je u GIS rečniku[1] i glasi: GIS je Integrirani skup kompjuterskih programa i podataka koji se koriste za pregled i upravljanje informacijama o prostoru, analizu prostornih odnosa, i modeliranje prostornih procesa, pruža okvir za analitičko prikupljanje, organizaciju i povezivanje prostornih podataka i informacija, u cilju održivog razvoja.

Postupak GIS primene se sastoji iz:

- digitalne baze prostornih podataka, koju čine slojevi podataka (*Layers*),
- razvojnih modela odnosno planiranih delatnosti u prostoru, koje vrše pritisak na sadržaje životne sredine,
- Modela uticaja odnosno sadržaje životne sredine, na koje se vrši pritisak,
- Združenih modela (*Overlay*) na osnovu kojih se analitički procenjuju pritisci planiranih delatnosti na sadržaje životne sredine,

Prednost GIS-a je u tome što mogu da se memorišu gotovo neograničene količine različitih prostornih informacija (grafička baza podataka) i takođe neograničeni broj opisnih podataka (atributna baza podataka). Razumljivo je da se baza podataka određuje prema nivou odnosno razmeri prostornog plana i problema koji su predmet analitičke procene.

Pod uslovom da je GIS baza podataka dobro definisana, moguće je da se metodom preklapanja

izrade razvojni modeli [3], modeli uticaja i združeni modeli, da se dobiju analitički vrlo precizne prostorne i opisne (statističke) informacije o svakom i najmanjem delu prostora.

Podaci koji se preklapaju zadržavaju sva svoja prethodna prostorna i opisna svojstva tako da je moguće ponderisanjem da se procjeni uticaj na mestima gde postoji konflikt.

Metodološki koncept

Metodološki koncept je postavljen na način, da analitički i što objektivnije otkriju konflikti u prostoru [7] a, kroz prostorne modele sugerise način za njihovo smanjenje ili potpuno izbegavanje.

Prostorni model [11] je sustina *Overlay* metoda, jer se na taj način vrši preklapanje različitih tematskih sadržaja u ovom slučaju jednog od modela sadržaja životne sredine sa modelom pritisaka razvojnih delatnosti na odabran element prostora. Konačan rezultat je ukazivanje na kritična područja kao i smernice i predlog za redefiniciju ili korekcije planskih dokumenata.

Združeni modeli u zavisnosti od tipologije predstavljaju interakciju područja nastalih preklapanjem sadržaja životne sredine i razvojnih delatnosti [9].

Da bi se procenio pritisak na svaki pojedinačni sadržaj potrebno je da se izrade tri temeljne podloge i to:

1. Model sadržaja životne sredine – podloga svih površina koje čine odabrani prirodni ili kulturni sistem
2. Model pritiska – podloga svih površina koje čine pritisak na životnu sredinu
3. Združeni model – grafički prikaz koji se sastoji iz međusobno relacijski preklapljenih (*Overlay*) **shp** slojeva, odnosno podloge 1. i podloge 2., odnosno svih pripadajućih polja u kojima su opisane pojedinačne prostorne i opisne varijable.

GIS baza podataka

Kriterijumi za izbor prostornih pojava i njihovih prostornih varijabli određeni su na osnovu zakonomernosti pojavljivanja razvojnih delatnosti unutar granice Plana i uticaja postojećih i planiranih delatnosti na odabrane prirodne ili kulturne sisteme, kao i na socio-ekonomske faktore.

Zbog velikog broja različitih podataka u cilju izvođenja metode preklapanja, izvršena je kompletna transformacija svih raspoloživih izvornih podataka važećeg Prostornog plana (*dwg Layers*) u **shp** GIS format [8].

Baza je izrađena na temelju sledećih poligona, linija i tačaka:

Poligoni

Područje za razvoj naselja (veće od 25 ha);
 privredna namena – proizvodna, pretežito industrijska;
 područje za iskorišćavanje mineralnih sirovina;
 stambeno turistička naselja;
 ugostiteljsko turistička namena;
 sportsko-rekreativna namena;
 posebno vredno obradivo zemljište;
 vredno obradivo zemljište;
 ostala obradiva zemljita;
 šuma privredne namene;
 zaštitna šuma;
 šuma posebne namene;
 vodne površine;
 unutrašnje obalno more;
 spoljno obalno more;
 rekreacija u moru;
 lučko područje;
 područja uzgajališta (akvakultura);
 nacionalni park;
 park prirode;
 posebni rezervat;
 park šuma;
 značajni predeo;
 spomenik prirode;
 spomenik parkovske arhitekture;
 arheološko područje;
 posebno vredan predeo;
 područje pojačane erozije;
 oštećeno zemljište erozijom;
 vodonosno područje;
 zaštićeno podmorje i dr.

Linije

Autoput;
 ostale državne saobraćajnice;
 železnička pruga I. reda
 železnička pruga II. reda
 magistralni gasovod 75 BAR-a, za međunarodni transport;
 magistralni gasovod 75 BAR-a (kopneni i podmorski), za međunarodni transport, alternativne deonice;
 potencijalni gasovodi 50/70 BAR-a (kopneni i podmorski) – koridor u istraživanju;
 regionalni gasovod;
 regionalni gasovod, u istraživanju
 lokalni gasovod;
 potencijalni 400 kV dalekovod – koridor u istraživanju;
 dalekovod 220 kV;
 dalekovod 110 kV;
 dalekovod 110 kV, u istraživanju i dr.

Tačke

građevina za obradu i privremeno odlaganje ostalog opasnog otpada;
 sabirno mesto opasnog otpada;
 odlagalište otpada;
 mala hidroelektrana;
 termoelektrana;
 ispušt otpadnih voda;

morska luka posebnog međunarodno – privrednog značaja;
 morska luka županijskog značaja;
 morska luka lokalnog značaja;
 morska luka posebne namene državnog značaja LN;
 nautički turizam, M – marina;
 morska luka posebne namene državnog značaja SM – suva marina;
 morska luka posebne namene državnog značaja LI – industrijska luka;
 morska luka posebne namene državnog značaja LB – brodogradilište;
 morska luka posebne namene državnog značaja LS – sportska luka;
 morska luka za posebne namene županijskog značaja LN - nautički turizam, M – marina;
 morska luka za posebne namene županijskog značaja – sidrište;
 morska luka za posebne namene županijskog značaja - ribarska luka;
 morska luka za posebne namene županijskog značaja - sportska luka;
 sidrište za velike brodove iznad 100000 t;
 napušteno odlagalšte otpada;
 sanacija eksploatacionog polja;
 ispušt otpadnih voda;

4. REZULTAT**Izrada združenog modela uticaja razvojnih delatnosti na prirodni sistem more.**

Izrada združenog modela za more, postupak - kod izrade modela MORE korišćeni su slojevi (Layer):

1. Unutarnje obalno more.
2. Zaštićeno podmorje

KOPNO

([E3] = "Istražni prostor u postupku 2001-2002") = 1
 ([E3] = "Potencijalni istražni prostor") = 1

([Gp_sve_] = "Lučko područje") = 1
 ([Gp_sve_] = "Područja za razvoj naselja > 25 ha") = 1
 ([Gp_sve_] = "Posebna namena - aerodrom") = 1
 ([Gp_sve_] = "Pretežno industrijska II") = 1
 ([Gp_sve_] = "Sport") = 3
 ([Gp_sve_] = "Stambeno turistička naselja") = 1
 ([Gp_sve_] = "Turističko razvojno područje") = 1
 ([Gp_sve_] = "Uzgajalište - akvakultura") = 1

([Gp_sve_] = " Posebno vredno poljoprivredno područje - P1") = 2
 ([Gp_sve_] = "Vredno poljoprivredno područje P2") = 3 (ali je zbog E3 PONDER 1)
 ([Gp_sve_] = "Turističko razvojno područje") = 1
 ([Gp_sve_] = "Uzgajalište - akvakultura") = 1
 ([Golf] = "Golf igralište") = 3

Pritisak planiranih delatnosti i saržaja nacрта priedloga izmena i dopuna Prostornig plana Istarske župnije (PPIŽ)-a na more iskazani su u rezultatu združenog

modela uticaja, gde su kriterijumi za utvrđivanje pritiska na more i vrednovanje (ponderisanje) pritiska, prikazano u Tabeli 1.

Tabela 1. Združeni model pritiska na more

Model more	Model pritiska na more na području ZOP-a	Združeni model	Pritisak - ponder 1 do 3	
Unutarnje obalno more	na području ZOP-a : Područje uzgajališta - akvakultura Lučko područje Područje za razvoj naselja Privredna namena - proizvodna Stambeno turistička naselja, Ugostiteljsko turistička namena Područje za iskorišćavanje mineralnih sirovina (Potencijalni istražni prostor mineralne sirovine; Istražni prostor u postupku) Lučko područje, Marine Područje uzgajališta - akvakultura	Unutarnje obalno more +/ Područje za razvoj naselja, Privredna namena - proizvodna, Stambeno turistička naselja, Ugostiteljsko turistička namena Područje za iskorišćavanje mineralnih sirovina (Potencijalni istražni prostor mineralne sirovine; Istražni prostor u postupku) Lučko područje, Marine Područje uzgajališta - akvakultura	Vrlo veliki pritisak (1)	
		Unutarnje obalno more +/ Posebno vredno obradivo zem. Vredno obradivo zem. Posebna namena na području ZOP-a		Srednje veliki Pritisak (2)
		Unutarnje obalno more +/ Sportsko - rekreacijska namena, golf i ostalo, Saobraćaj na području ZOP-a		Mali pritisak (3)

Područja koja direktno opterećuju morsku sredinu i imaju najveći negativni uticaj na more su lučka

područja, područja akvakulture, marine, sportske i druge luke. Najveći negativni uticaj na obalno more imaju lučka područja, površine područja akvakulture, koje je direktno opterećeno pritiscima usled aktivnosti koje se događaju u samom moru.

Osim direktnih pritiska u moru, obalni pojas potencijalno je ugrožen opterećenjima usled antropogenih pritiska sa kopnenog dela. Za razmatranje uticaja kopnenog dela na more, razmatrane su aktivnosti unutar zaštitnog obalnog pojasa Istarske županije (ZOP) u širini od 1000 m od obalne linije.

Udeo površina pritiska s kopna na more prikazani su u Tabeli 2.

Tabla 2. Analiza površina pritiska na more - Udeo površina pritiska

	Ukupna površina pritiska kopnenog dela na more (u km ²)	Udeo površine pojedinačnog stepena pritiska u odnosu na površinu ZOP-a kopnenog dela IŽ (u %)
vrlo veliki Pritisak (1)	96,62	70,70
srednje veliki Pritisak (2)	33,76	24,70
mali Pritisak (3)	6,28	4,60
ukupno	136,66	100,00

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Združeni model je pokazao da je morski deo obalnog pojasa, potencijalno pod antropogenim pritiskom kopnenog dela od oko 136,66 km² [10].

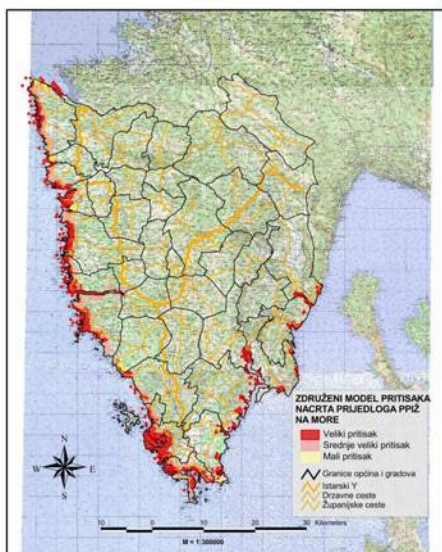
Površina pod vrlo velikim pritiskom (1) iznosi približno 96,62 km² ili 70,70 % površine Zaštićenog obalnog pojasa (ZOP-a) kopnenog dela Istarske županije (IŽ). Pritisak s kopna se prvenstveno odnosi na razvojne delatnosti područja za razvoj naselja, područja ugostiteljsko turističke namene, privrednih (proizvodnih) područja kao i površina za iskorišćavanje mineralnih sirovina.

Obalno more dodatno je pod direktnim pritiskom aktivnosti koje se odvijaju u samom moru, kao što su područja uzgajališta-akvakultura na oko 13,08 km², lučkih područja, marina i drugih luka na oko 25,16 km².

Pod srednje velikim pritiskom (2) se nalazi oko 33,76 km² ili 24,70 % površine ZOP-a kopnenog dela IŽ. To je najvećim delom Pritisak poljoprivrednih područja, površina za iskorišćavanje mineralnih sirovina. Pod malim pritiskom (3) se nalazi oko 6,28 km² ili 4,60 % površine ZOP-a kopnenog dela IŽ.

Struktura pojedinačnih udela pritiska u odnosu na more, prikazana je u Tabeli 3.

LITERATURA



Slika 1. Združeni model pritisaka Nacrta predloga izmena i dopuna PPIŽ-a na more

Tabela 3. Pojedinačni udeo površina pritisaka u odnosu na kategorije pritisaka

Udeo pojedinačnih pritisaka unutar pripadajuće kategorije pritisaka na more u km²

Vrsta antropogenih pritisaka	vrlo veliki Pritisak (1)	veliki Pritisak (2)	mali Pritisak (3)
Područje za razvoj naselja	50,92	0	0
Ugostiteljsko turistička namena	45,54	0	0
Sportska namena, golf	0	0	4,26
Sportsko-rekreativna namena, ostalo	0	2,33	2,02
Privredna namena - proizvodna	6,32	0	0
Posebna namena	0	0,48	0
Posebno vredno obradivo zemljište	0	25,64	0
Vredno obradivo zemljište	0	0	0
Površine za iskorišćavanje mineralnih sirovina	3,84	5,31	0
Područje uzgajališta - akvakultura	13,08	0	0
Luka	25,16	0	0

GIS Analizom je utvrđeno da najveći pritisak na more dolazi od antropogenih pritisaka s kopna u obalnom području (stanovanje, turizam, industrija) kao i od direktnih pritisaka aktivnosti koje se odvijaju u moru, kao što su lučka područja, područja akvakulture, marine, sportske i druge luke.

- [1] **** A GIS Dictionary. Environment System Research Institute. Redlands, Ca, USA.
- [2] Nevenić, R. M. Funkcionalno urbani region-instrument policentričnog prostornog razvoja Srbije. Beograd: Geografski fakultet, disertacija, 2013.
- [3] Fortheringham, A.S and Wegener, M. Spatial Models and GIS – New Potential and New Models. Taylor and Francis, 2000.
- [4] Steinitz, C. Interstate Highway 84 in Rhode Island, Draft Environmental Impact Statement. Steinitz- Rogers Associates, Inc. Vol. 1 of 3, Vol. 2 of 3, Vol. 3 of 3. Department of Transportation, State of Rhode Island and Providence Plantation, Vol. 5. 1975.
- [5] Nevenić, R. M. Functional urban region- the instrument of polycentric spatial development of Serbia, Conference Proceedings of 2nd International Scientific Conference - Regional Development, Spatial Planning and Strategic Governance (RESPAG), Institute of Architecture and Urban&Spatial Planning, Belgrade, ISBN 978-86-80329-76-5, pp. 479-487, 2013.
- [6] Nevenic, R. Mogućnosti ustanovljavanja zona negativnog uticaja na šumski pokrivač i ekološku stabilnost Deliblatske peščare. Specijalni rezervat prirode "Deliblatska peščara". Zbornik radova VII. Javno preduzeće Vojvodina šume, Novi Sad. p.p. 187-196, 2005.
- [7] Steinitz, C. A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design, Esri Press, 2012.
- [8] Bajagic, S. KUP (Karst Underground Protection, CBC OP IPA SI-HR, 2009-2012). "Upgrade of GIS system and design of Web-Gis application for accessing the Database speleological objects in region of Istria", 2012.
- [9] Bajagic, S. GIS and protection of the litoral area of Istria, GIS Croatia 98, International GIS Poster Exhibition and Conference, Osijek, Croatia, 1998.
- [10] Radolović, D. et al. Strateška studija utjecaja na okoliš Izmjena i dopuna Prostornog plana Istarske županije. URBIS, Pula. 2015. Knjiga 1, 2015.
- [11] Nevenic, R. and Bajagic, S. Impact of New highway Bridge on the recreation Island Ada Ciganlija Environment- Belgrade, Serbia, Internatiol Conference and Exhibition-GIS SILESIA 2003, University of Silesia, Poland, 2003.

ON THE POSSIBILITIES OF GIS IN PREVENTION AND MITIGATION OF FLOODS AND OTHER NATURAL CATASTROPHIC EVENTS

MOGUĆNOSTI PRIMENE GIS-a U PREVENCIJI I UBLAŽAVANJU POPLAVA I DRUGIH PRIRODNIH KATASTROFALNIH DOGAĐAJA

Svetlana Stevović¹, dipl.građ.ing, Žarko Nestorović², dipl.geod.ing.

¹Fakultet za graditeljski menadžment, Univerzitet Union Nikola Tesla, Beograd, Srbija

²JP EPS Ogranak Đerdap 1, Kladovo, Srbija, zarko.nestorovic@djerdap.rs

Abstract – *Natural catastrophic events have a consequence in intangible and material losses of huge scale. Intangible losses, in form of human lives and/or values which could have been created in absence of catastrophic event, could be considered as irrecoverable, while material losses could be easier quantified and recovered by smaller or larger social efforts. The size of material damage which is consequence of catastrophic event requires significant funding to restore material goods in previous state. This paper aims to consider possibility of GIS application in prevention and mitigation consequences of natural catastrophic event. Application of GIS is justified because the cost of its forming, and utilization is significantly smaller than its contribution in reduction of damage and cost of natural catastrophic event.*

Keywords: *GIS, natural catastrophic events, prevention, mitigation, floods.*

Sadržaj – *Prirodni katastrofalni događaji imaju za posledicu nematerijalne i materijalne štete velikih razmera. Nematerijalne štete, u obliku gubitaka ljudskih života i izgubljenih vrednosti koje bi mogle biti stvorene da tih događaja nije bilo, se mogu smatrati nenadoknadivim, dok je materijalne gubitke moguće lakše kvantifikovati i nadoknaditi manjim ili većim naporima društva. Veličina materijalne štete koja je posledica katastrofalnih događaja uvek zahteva značajan finansijski iznos kako bi se materijalna dobra vratila u funkciju koju su imala pre katastrofalnog događaja. U ovom radu se razmatraju mogućnosti za primenu GIS-a u prevenciji i ublažavanju posledica katastrofalnog događaja. Primena GIS-a ima opravdanja jer je trošak njegovog formiranja i primene manji od njegovog doprinosa smanjenju šteta koje mogu nastati usled katastrofalnog događaja.*

Glavne reči: *GIS, prirodni katastrofalni događaji, prevencija, ublažavanje, poplave.*

1. UVOD

Prirodni katastrofalni događaji mogu se, sa aspekta ljudskih težnji ka izgradnji uslova za civilizovani život, smatrati konstantnom pretnjom odnosno pretnjom čija je verovatnoća pojave takva da ugrožava funkcionisanje civilizacijskih tekovina u dugom vremenskom periodu [1]. Poplave, zemljotresi, pojava klizišta i drugih nestabilnosti većih područja mogu ugroziti gradove, saobraćajnice, hidrotehničke i druge infrastrukturne objekte od egzistencijalnog značaja za funkcionisanje savremene ljudske zajednice [2].

I pored toga što se veliki značaj pridaje analizi svih ovih uticaja u fazi projektovanja objekata, eliminacija svih negativnih uticaja na izgrađene objekte nije u potpunosti moguća niti je, po ekonomskim parametrima, prihvatljivo izgraditi objekte koji bi bili otporni na sve pretpostavljene (čak i poznate i predvidive) uticaje [3].

Jedini način da uticaji prirodnih katastrofalnih događaja budu na prihvatljivom nivou jeste iznalaženje odgovarajućih sredstava i mehanizama koji bi rizike i hazarde sveli u prihvatljive okvire [4].

Drugi vid mogućeg ugrožavanja civilizacijskih dostignuća (pa i opstanka ljudske vrste) jesu globalne pretnje u vidu klimatskih promena, katastrofalnih poplava, požara, epidemijskih bolesti, gladi ili ratnih sukoba širih razmera [5].

Nasuprot smrtonosnoj reputaciji zemljotresa, epidemija i gladi, mnogo veće razmere u skraćenju života svetske populacije izazivaju događaji koji često ostaju nezabeleženi: nasilje, bolesti i glad koji se smatraju normalnom pojavom u mnogim delovima sveta i to naročito (mada ne samo) u manje razvijenim zemljama [6].

Iako nesreće izazvane prirodnim hazardom, nisu najveća pretnja čovečanstvu, bez obzira na smrtonosnu reputaciju zemljotresa, epidemija i gladi, ne može se zanemariti činjenica da one nanose značajne gubitke u ljudskim životima i materijalnim dobrima [7].

Naročito se mora imati u vidu da u manje razvijenim zemljama i male štete izazivaju srazmerno veliki pad društvenog bruto proizvoda i da sanacija tih šteta predstavlja značajnu prepreku ubrzanju njihovog razvoja [8].

Geografski informacioni sistem (GIS) u tom smislu mogu imati značajnu ulogu u prevenciji i ublažavanju određenih katastrofalnih događaja [9]. Prevencija katastrofalnih događaja može se pomoću GIS-a ostvariti kroz razmatranje različitih mogućih scenarija uzrokovanih prirodnim hazardom i planiranjem infrastrukturnih i drugih objekata na način koji umanjuje ili eliminiše njegovo štetno dejstvo.

Pri tome se pojavljuje nekoliko rizika povezanih sa pravilnim predviđanjem mogućih katastrofalnih prirodnih

događaja i prostiranjem njihovog uticaja. Termin „predviđanje“ u kontekstu ovog rada treba koristiti u naučnom smislu odnosno shvatiti ga kao vrednost skupa parametara dobijenih na osnovu određenog modela i sa zadatim početnim uslovima [10].

Cilj ovog rada jeste da ukaže na mogućnosti primene GIS-a u prevenciji i ublažavanja uticaja prirodnih katastrofalnih događaja kroz ukazivanje na karakter informacija koje savremeni GIS pružaju [11].

Pri tome se posebno naglašava značaj i nezamenljivost ekspertskog znanja, pri analizi informacija sadržanih u geografskim informacionim sistemima. Takođe ne treba izgubiti iz vida da projektovanje i realizacija geografskih informacionih sistema treba da obezbedi sadržaj, obim i kvalitet informacija za njihovo korišćenje u predviđanju nastanka i uticaja prirodnih katastrofalnih događaja [12].

Ova činjenica implicitno sugeriše da pri projektovanju geografskih informacionih sistema mora da se insistira na tačnosti i obuhvatnosti podataka, odnosno da složene pojave kao što su prirodne katastrofe koje su same po sebi teško predvidive kako po karakteru, trenutku i lokaciji na kojoj mogu da nastanu, treba sagledati iz ugla podataka raspoloživih u okviru konkretnog geografskog informacionog sistema [13].

2. PRIRODA I KARAKTER KATASTROFALNIH DOGAĐAJA

Katastrofalni događaji u svakodnevnom životu se posmatraju kao iznenadni neželjeni događaji koji ostavljaju značajne posledice na živote ljudi izazivajući njihove gubitke ili uništenje materijalni dobara od značaja za funkcionisanje ljudskog društva. Precizno definisanje i određivanje ovog pojma, zahteva značajne intelektualne napore.

Jedan od načina za objašnjenje katastrofalnih događaja jeste teorija katastrofe [14] koja se pojavila u literaturi kasnih šezdesetih godina dvadesetog veka. Za razliku od klasične fizike, od Njutna do opšte teorije relativnosti, koja suštinski predstavlja različite oblike glatkog ponašanja, teorija katastrofe se bavi iznenadnim skokovima koji su posledica glatkih (postepenih) promena u konkretnoj situaciji [15].

Teorija katastrofe, iako osporavana od strane pojedinih autora, opisuje matematičke modele koji mogu poslužiti za modeliranje određenih događaja.

Na primer: kontinuirane padavine na određenom području mogu izazvati poplave i klizišta koja će se iznenada aktivirati, pomeranje tektonskih ploča može dovesti do zemljotresa koji ukoliko se dogodi na morskom dnu, ima za posledicu cunami, što za posledicu može imati gubitak velikog broja ljudskih života, materijalnih dobara i nuklearnu katastrofu kao što je to bio slučaj sa nuklearnom elektranom Fukušima [16].

Teorija normalnih akcidenata [17] sugeriše da u svim složenim sistemima postoji potencijal za katastrofalni događaj i da je širenje posledica katastrofalnog događaja kroz sistem posledica čvrstine veza između elemenata.

Iako se ova teorija odnosi prvenstveno na složene tehnološke sisteme ona predstavlja logičnu kariku u razmatranju složenih posledica prirodnih katastrofa na ljudsko društvo jer su tehnološki sistemi bitan faktor za održanje kvaliteta života na trenutnom nivou civilizacijskog razvoja.

Navedene teorije ukazuju na prirodu katastrofalnih događaja, odnosno njihov karakter ali se konkretizacija katastrofalnih događaja postiže kroz određivanje rizika.

Prema [18], [19] rizik je proizvod hazarda i ranjivosti određene socijalne zajednice. Rizik obuhvata verovatnoću štetnih posledica ili očekivanih gubitaka (broj smrtnih slučajeva, povreda, gubitka imovine, prekinutih ekonomskih aktivnosti ili narušavanje životne sredine), nastalih usled interakcije između prirodnih ili ljudskim aktivnostima izazvanih hazarda.

Hazard podrazumeva potencijalno štetan fizički događaj, fenomen ili ljudsku aktivnost koja može izazvati gubitke ljudskih života, povrede, oštećenje imovine, prekid društvenih i ekonomskih tokova ili degradaciju životne sredine.

Ranjivost podrazumeva uslove određene fizičkim društvenim, ekonomskim i faktorima ili procesima u okruženju koji povećavaju osetljivost društva na uticaj hazarda. Matematička formulacija rizika katastrofalnog događaja može se prikazati sledećom jednačinom:

$$R = H * V \quad (1)$$

gde je:

- R – rizik;
- H – hazard i
- V – ranjivost.

Naizgled jednostavna jednačina (1) značajno dobija na složenosti ako se ima u vidu da je svaki od njenih članova složena funkcija različitih faktora. Pri tome je teško u svakoj konkretnoj situaciji (za pojedini katastrofalni događaj) identifikovati sve faktore i njihove potencijalne uticaje na svaki od članova jednačine (1).

Ako se uzme u obzir i činjenica da postoji različita povezanost između pojedinih faktora u jednačini (1) odnosno da se međuuticaji pojedinih faktora mogu pojačavati ili poništavati onda se može neposredno zaključiti da složenost katastrofalnog događaja implicira malu verovatnoću sigurnog predviđanja njegovih posledica.

Na osnovu kratkog prikaza problematike katastrofalnih događaja neposredno se može zaključiti da je pridavanje odgovarajućeg značaja ovim pojavama opravdano

odnosno da postoji ekonomska opravdanost ulaganja u sve aktivnosti koje mogu smanjiti i/ili ublažiti neželjene (štetne) posledice.

3. GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEM (GIS)

Geografski informacioni sistem (GIS) predstavlja deo realnosti kroz sistem podataka organizovanih i strukturiranih na način koji omogućuje korisnicima efikasan pristup traženim informacijama na skupu raspoloživih informacija.

U literaturi se naglašava razlika između pojma „reprezentacija“ koji se upotrebljava u konceptualnim i naučnim diskusijama i termina „model“ koji se koristi u praktičnim primenama i bazama podataka. U literaturi postoje različite definicije geografskih informacionih sistema.

Istovremeno, u literaturi [20] navodi se da je geografski informacioni sistem (GIS) softverski paket za smeštanje, analizu i prezentaciju geografskih informacija, dok literatura [21] definiše geografski informacioni sistem (GIS) kao klasu specijalnih informacionih sistema koje ne prate samo događaje, aktivnosti i stvari već i lokaciju gde ovi događaji, aktivnosti i objekti postoje ili se ostvaruju.

Zajedničko za definicije geografskih informacionih sisteme jeste da se oni vezuju za lokaciju odnosno za određene koordinate tačaka u prostoru.

Definicije koordinatnih sistema i njihovo detaljno izučavanje prevazilazi obim ovog rada, ali se ovom pitanju u oblasti geodezije pridaje velika pažnja.

Zbog stalnih promena u Zemljinoj kori neophodno je naglasiti činjenicu da očuvanje koordinatnih sistema nije jednostavan proces i da zanemarivanje ove činjenice kod geografskih informacionih sistema koji imaju zahteve za visokom tačnošću u prostoru, može izazvati značajne greške.

Sažeto se može konstatovati da stalne promene prostornih koordinata pojedinih objekata ili geografskih pojava, iako one u kratkom vremenskom periodu mogu biti relativno male, u dužem vremenskom periodu mogu dostići značajne promene (promene koordinata pojedinih tačaka ili područja usled kretanja tektonskih ploča na primer).

Druga osobina informacija u geografskim informacionim sistemima jeste da su one istorijske. Dakle GIS se sastoji od informacija o događajima i procesima koji su se već ostvarili i od čijeg je ostvarenja prošao određeni vremenski period, koji je najmanje jednak vremenskom intervalu neophodnom da se informacije prikupe i uskladište.

Neposredna posledica ove činjenice jeste da su informacije neažurne (da ne odgovaraju trenutnom stanju pojave koju opisuju) i da najčešće nisu kompletne.

Nekompletnost informacija o posmatranoj pojavi je posledica činjenice da nije moguće prikupiti i preneti sve informacije koje određuju jednu pojavu u geografski informacioni sistem, delom zbog ograničenih mogućnosti računarskih sistema da prihvate sve informacije o posmatranoj pojavi i da omogućuje njenu efikasnu analizu i pristup traženim informacijama.

Pored navedenih osobina geografskih informacionih sistema (promene položaja objekata u prostoru, neažurnost i nekompletnost geoprostornih informacija) koje uslovljavaju odstupanja postojećih informacija u odnosu na stanje posmatranih pojava postoje brojni i različiti izvori grešaka koji utiču na tačnost sadržaja (greške merenja, terenski podaci, tačnost podloga koje se koriste i drugo) [22].

Sažeto se može zaključiti da geografski informacioni sistemi (GIS) prikazuju određeni deo realnosti koja je sama po sebi promenljiva, a uz to je i sama predstava realnosti u okviru GIS-a nekompletna, neažurna i opterećena greškama.

Mera odstupanja informacija sadržanih u geografskim informacionim sistemima u odnosu na realnost koju oni reprezentuju, određuje i meru greške u zaključcima koji se donose na osnovu tih informacija.

4. GIS I KATASTROFALNI DOGAĐAJI

Elementarno pitanje koje se može postaviti o vezi GIS-a i katastrofalnih događaja jeste da li GIS može da pomogne u prevenciji i/ili ublažavanju katastrofalnih događaja. Odgovor na ovo pitanje je sigurno potvrđan ali se moraju razmotriti granice korišćenja GIS-a i njegovog doprinosa prevenciji i/ili ublažavanju posledica katastrofalnih događaja.

Suštinska razlika između katastrofalnih događaja i GIS-a jeste vremenska razlika koja se pojavljuje između ova dva fenomena. GIS, kao što je naglašeno, sadrži istorijske podatke (koji uz to nisu kompletni i sadrže određene greške), odnosno prikazuje prošlost dok se pojava katastrofalnog događaja očekuje u budućnosti i pri tome se ne može predvideti precizno.

Pri razmatranju korišćenja GIS-a za prevenciju i/ili ublažavanje posledica katastrofalnog događaja nastaje paradoks, jer je u budućnosti potrebno, pomoću nekompletnih i neažurnih informacija, predvideti posledice katastrofalnog događaja za koji se ne zna ni mesto ni vreme ostvarenja katastrofalnog događaja.

Kako su obe pojave vrlo složene, i GIS i katastrofalni događaji koji su određeni velikim brojem promenljivih i velikim brojem veza između njih, a pri tome različiti potencijalni katastrofalni događaji mogu biti posledica drugih složenih fenomena, teško je očekivati da je moguće razviti zahtevani nivo znanja za obe ove pojave od strane jedne osobe.

Odavde neposredno sledi da je pri prevenciji i/ili ublažavanju posledica katastrofalnih događaja neophodan timski multidisciplinarnih rad. Takođe, ako se ima u vidu da je razvoj stručnjaka težak i dugotrajan proces [23] onda neposredno sledi da se ovom pitanju mora pristupiti na osnovi strategijskog razmišljanja odnosno na dugi rok i na osnovi dugoročnog obezbeđivanja resursa za realizaciju ovih procesa.

Pri tome su učenje na tuđim i sopstvenim iskustvima, uspostavljanje i stalno usavršavanje GIS-a neophodan uslov izgradnje sistema prevencije posledica katastrofalnih događaja.

Ublažavanje posledica katastrofalnih događaja može se posmatrati iz ugla korišćenja postojećih informacija kada su lokacija, vrsta i posledice već poznate.

U tom slučaju informacije sadržane u GIS-u mogu poslužiti za određivanje prioriteta i za optimalnu dislokaciju raspoloživih resursa za organizovanje aktivnosti kojima se umanjuju posledice ili skraćuje vreme reagovanja.

Primer reagovanja Republičkog geodetskog Zavoda, pri katastrofalnim poplavama 2014 godine ukazuje da se pri ublažavanju posledica katastrofalnih događaja može koristiti postojeća infrastruktura geoprostornih podataka [24], iako to nije bila njena primarna svrha.

Konkretizacija primene GIS-a pri prevenciji i/ili ublažavanju posledica katastrofalnih događaja može se posmatrati i kroz primenu jednačine (1).

Naime u ovu jednačinu moguće je pored navedenih promenljivih uključiti i GIS. Simbolički se tada jednačina (1) može predstaviti na ledeći način:

$$R(\sum r_i, GIS) = H(\sum h_i, GIS) * V(\sum v_i, GIS) \quad (2)$$

pri čemu je:

- $\sum r_i$ – parametri rizika;
- $\sum h_i$ – parametri hazarda i
- $\sum v_i$ – parametri osetljivosti.

Jednačina (2) ukazuje da su parametri pojedinih faktora rizika dekomponovani na elementarne uticaje i da je GIS sastavni deo jednačine rizika.

Pitanje adekvatnosti GIS-a po pojedinim promenljivim treba da bude predmet analize za svaki pretpostavljeni ili ostvareni katastrofalni događaj.

5. EKONOMSKI ASPEKT PRIMENE GIS-a

Ekonomska opravdanost formiranja specijalizovanog GIS-a za potrebe prevencije i/ili ublažavanja posledica katastrofalnih događaja ne može se meriti standardnim ekonomskim parametrima povraćaja na investicije ili profitom [25]. Ovo neposredno sledi iz činjenice da se katastrofalni događaji ne moraju ostvariti, dok je

istovremeno neophodno angažovati određene resurse koji ostaju zarobljeni u toj oblasti.

Troškovi GIS-a su svakako vezani za razvoj određenih tehnologija (informacione i komunikacione tehnologije) razvoj stručnjaka, održavanje i ažuriranje sistema, razradu scenarija, proširenje i usavršavanje metoda rada sa multidisciplinarnosti, preko interdisciplinarnosti, do intradisciplinarnosti, i slično.

Takođe se ne mogu meriti ni potrebom posebnih analiza pri projektovanju specifičnih objekata, kao što su na primer brane [26], jer i takvi objekti ostvaruju određene prihode koji omogućavaju finansiranje sistema za upravljanje rizikom [27].

Međutim, dugoročno posmatrano, postojanje sistema za upravljanje rizicima pri katastrofalnim događajima i formiranje GIS-a koji omogući smanjenje njihovih štetnih posledica, ili preventivno ukaže na potencijalne scenarije, ima ekonomskog opravdanja kroz razvoj opšte i tehničke kulture koja može dovesti do smanjenja rizika i ranjivosti društvene zajednice ili nekih njenih delova [28].

Posebno se mogu analizirati podaci iz katastrofalnih poplava i/ili zemljotresa koji su pogodili pojedina područja Srbije u skorijoj prošlosti i na taj način bolje sagledati mogućnosti korišćenja postojećih i potreba za formiranjem novih sistema geoprostornih podataka.

6. ZAKLJUČAK

Katastrofalni događaji, kao složene i teško predvidive pojave, mogu izazvati neželjene posledice velikih razmera kako u pogledu gubitaka ljudskih života tako i u pogledu nastanka materijalne štete.

Geografski informacioni sistemi i pored svojih osobina koje mogu dovesti do razlika između postojećih pojava i njihove reprezentacije kroz sistem raspoloživih podataka i dalje predstavljaju najmanje pogrešnu predstavu posmatrane realnosti (prostora) i najbolji izvor informacija u prevenciji i ublažavanju posledica katastrofalnih događaja.

Ekspertska znanje stečeno kroz iskustvo je nezamenljivi element u prevenciji i/ili ublažavanju posledica katastrofalnih događaja, pri čemu je neophodan multidisciplinarni, interdisciplinarni i intradisciplinarni pristup, kako zbog složenosti samog GIS-a tako i zbog složenosti uzročno posledičnih veza i fenomena koji mogu dovesti do katastrofalnog događaja.

Ekonomska opravdanost formiranja GIS-a za potrebe prevencije i ublažavanja posledica katastrofalnog događaja ne može se meriti klasičnim ekonomskim parametrima.

Formiranje GIS-a za prevenciju i/ili ublažavanje posledica katastrofalnih događaja je strategijskog karaktera jer zahteva trajno angažovanje, razvoj i održavanje resursa

(znanja, informacione i komunikacione tehnologije, infrastrukture prostornih podataka).

LITERATURA

- [1] Le TVH, Nguyen HN, Wolanski E, Tran TC, Haruyama S. The combined impact on the flooding in Vietnam's Mekong River delta of local man-made structures, sea level rise, and dams upstream in the river catchment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2007;71:110-6.
- [2] Barredo JI. Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Natural hazards*. 2007;42:125-48.
- [3] Youssef AM, Pradhan B, Hassan AM. Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*. 2011;62:611-23.
- [4] Mergili M, Schneider J. Regional-scale analysis of lake outburst hazards in the southwestern Pamir, Tajikistan, based on remote sensing and GIS. *Natural Hazards and Earth System Science*. 2011;11:1447-62.
- [5] Chen K, Blong R, Jacobson C. Towards an integrated approach to natural hazards risk assessment using GIS: with reference to bushfires. *Environmental management*. 2003;31:0546-60.
- [6] Blaikie P., Cannon T., Davis. I, Wisner B. *At Risk: Natural hazards, People's Vulnerability and Disasters*, Routledge London and New York, 1994.
- [7] Fedeski M, Gwilliam J. Urban sustainability in the presence of flood and geological hazards: The development of a GIS-based vulnerability and risk assessment methodology. *Landscape and urban planning*. 2007;83:50-61.
- [8] Zenger A. Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling. *Environmental Modelling & Software*. 2002;17:287-94.
- [9] Jain S, Singh R, Seth S. Design flood estimation using GIS supported GIUHAapproach. *Water Resources Management*. 2000;14:369-76.
- [10] Lin M-L, Chen C-W. Using GIS-based spatial geocomputation from remotely sensed data for drought risk-sensitive assessment. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. 2011;7:657-68.
- [11] Qi H, Altinakar MS. A GIS-based decision support system for integrated flood management under uncertainty with two dimensional numerical simulations. *Environmental Modelling & Software*. 2011;26:817-21.
- [12] Aboelata M, Bowles DS, McClelland DM. GIS model for estimating dam failure life loss. 2002.
- [13] Youssef AM, Pradhan B, Hassan AM. Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*. 2011;62:611-23.
- [14] Arnold, I.V: *Catastrophe theory*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2004
- [15] Poston, T., Stewart, J.: *Catastrophe Theory and its Applications*, London; San Francisco; Pitman, 1978.
- [16] Lochbaum D., Lyman E., Stranham S.O.: *Fukushima The Story of a Nuclear Disaster*, Union of Concerned Scientists, The New Press, New York, 2014.
- [17] Perrow C.: *Normal Accidents Living with High-Risk Technology*, Princeton University Press, Princeton New Jersey, 1984.
- [18] FIG publication No. 38: *The contribution of the Surveying Profession to Disaster Risk Management*, FIG Report, 2006 (<http://www.fig.net/resources/publications/figpub/index.asp>, 01.02. 2016)
- [19] Wisner B., Blaikie P., Cannon T., Davis I.: *At Risk Natural hazards, People's vulnerability and disasters*, Second Edition, Routledge, New York, 2004.
- [20] Longley A. P., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W.: *Geographic Information Science & Systems*, John Wailey, Inc, 2015.
- [21] Heuvelink, G.B.G.: *Prenos grešaka kod GIS modeliranja životne sredine*, Prevod sa engleskog Blagojević D. i Bajat B., Građevinski fakultet Beograd, Beograd, 2007.
- [22] Burrough P.A., McDonnell R.A.: *Principi Geografskih Informacionih Sistema – prostorni Geoinformacioni sistemi i Geostatistika*, Prevod sa engleskog Bajat B. i Blagojević D., Građevinski fakultet Beograd, Beograd, 2006.
- [23] Dreyfus, S.E., Dreyfus, H.L.: *A Five-Stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition*, Operations Research Center, University of California, 1980.
- [24] Jevtić V., Milojević D.: *Značaj geopodataka i WEB servisa u sanaciji posledica poplava*, YU Info, Zbornik radova, str. 45-50, Kopaonik, 2015.
- [25] Yi C-S, Lee J-H, Shim M-P. GIS-based distributed technique for assessing economic loss from flood damage: pre-feasibility study for the Anyang Stream Basin in Korea. *Natural hazards*. 2010;55:251-72.
- [26] Cannata M, Marzocchi R. Two-dimensional dam break flooding simulation: a GIS-embedded approach. *Natural hazards*. 2012;61:1143-59.
- [27] Seker D, Kabdasli S, Rudvan B. Risk assessment of a dam-break using GIS technology. *Water Science & Technology*. 2003;48:89-95.
- [28] Wang S, Zao J. Analysis of regional economy in time-space disparities of Gansu Province based on GIS and ESDA [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*. 2009;8:002.

REQUIREMENTS AND NEEDS FOR DIFFERENT FREQUENCY BANDS IN 5G NETWORK

Nenad Radosavljević

Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge

Sadržaj - *Zahtevi za frekvencijskim spektrom, potrebe za pristupom mnogobrojnim frekvencijskim opsezima, njihov uticaj, kao i aspekti licenciranja u 5G mobilnoj mreži opisani su u ovom radu.*

Abstract - *The spectrum requirements and needs for access to various spectrum ranges, the challenges and implications on spectrum and licensing aspects in 5G network are described in this paper.*

1. INTRODUCTION

Exponential growth in the amount of traffic carried through mobile networks and mobile data traffic has doubled during 2010–2011. Following this trend for the rest of the decade shows that global mobile traffic will increase 1000 times from 2010 to 2020 [1].

Important factor associated with the enormous mobile traffic growth is the increasing demand for advanced multi-media applications such as Ultra-High Definition (UHD). Today, mobile video accounts for more than 50% of global mobile data traffic, which is anticipated to rise to two-thirds by 2018. Also, social networking has become important for mobile users, introducing new consumption behavior and a considerable amount of mobile data traffic.

5G network will represent the evolution of mobile communication and will be key component for implementation of new technology with main goal to support massive capacity and massive connectivity [2], [3].

2. MAIN ASPECTS OF 5G NETWORKS

Apart from 1000 times traffic growth, the increasing number of connected devices imposes another challenge on the future mobile network. It is envisaged that in the future connected society, everyone and everything will be inter-connected where tens to hundreds of devices will serve every person.

Based on all this needs and demands ITU-R has identified three main fundamental aspects of 5G:

- Enhanced broadband access
- Ultra-reliable network with very low latency
- Massive machine to machine communication

Mobile communications will play a pivotal role in enabling efficient and safe transportation by allowing vehicles to communicate with each other. This type of machine-to-machine (M2M) communications requires very stringent latency (less than 1 ms), which imposes

further challenges on the future network. The 1000 times mobile traffic growth along with billions of connected devices is pushing the cellular system to a broadband ubiquitous network with extreme capacity.

Critical issue of 5G is the allocation of new spectrum to satisfy wireless communications in the next decade. The 5G spectrum requirements are primarily driven by the combination of expected increases in traffic capacity demands and the support for new use cases that will be enabled by the 5G network. The 5G requirements to support 5G use cases (e.g. peak data rate greater than 10 Gbps, cell edge data rate of 100 Mbps and 1 ms end-to-end latency) could potentially be met in a variety of carrier frequencies. These 5G use cases include enhanced mobile broadband to deliver applications such as high definition video, supported both in very high density and with ubiquitous coverage [4].

Another category of 5G use cases include ultra reliable communication in the automotive industry, which follows very strict criteria regarding the latency and expectations is that this parameter will be improved more than 20 times compared to the 4G network. Achieving this demands brings a lot of benefits including better safety, fewer collisions, less congestion, better fuel economy and even higher productivity for the drivers [5].

All these scenarios are just increased requirements in terms of the frequency spectrum, and the convenience of having them 5G network support depends on the physical characteristics of the different frequency bands and from low to high frequencies. For example, lower frequencies have better propagation characteristics and better coverage and thus support the implementation of the macro and micro cells, while higher frequencies support wider bandwidth carriers (due to potential large spectrum availability at mm-wave bands).

3. 5G APPLICATIONS REQUIREMENTS

Many applications are designed for 5G. These include enhancements to some of the existing 4G use cases as well as some new applications. High-resolution (4k, 8k), virtual reality, the Internet of Things, applications for critical situations represent some off applications which will be used in the future.

To be enabled, these applications each have specific technical requirements that need to be addressed through adequate design of the 5G radio interfaces and access to appropriate frequency ranges. While some of these applications, such as high resolution video, would require ultra-fast connection speeds, others might need very robust performance and wide reaching range.

In the table 1. are listed potential requirements for different scenarios in 5G network.

Usage Scenario	Application	High-level Requirement
Enhanced Mobile Broadband	UHD video (4k, 8k) 3D Video	Ultra-high speed radio links Low latency
	Virtual Reality	Ultra-high speed radio links Ultra-low latency
	Tactile Internet	Ultra-low latency
	Cloud gaming	Ultra-high speed radio links Low latency
	Vehicular (cars, buses, trains)	Ultra-high speed radio links Short to long range
Ultra-reliable Communications	Industrial automation Mission-critical applications	Ultra-high reliability radio links High speed radio links Low to ultra-low latency
	Self-driving vehicles	Ultra-high reliability radio links High speed radio links Operation near fast moving obstacles
Massive machine type communications	Smart home	Operation in dense environment Obstacle penetration
	Smart office	High reliability radio links
	Smart city	Short to long range Operation in cluttered environment Operation near fast moving obstacles High reliability radio links

Table 1. High-level Requirement for 5G

4. THE IMPACT ON THE SPECTRUM NEEDS

The requirements listed in the above table include the potential implications for the type and amount of spectrum required for optimal performance of 5G network. A factor that affects the amount of spectrum is ultra high speeds achieved in the range of several gigabits per second can be achieved by using an extremely wide bandwidths of several hundred MHz or more. Another example of factor which influence the type of spectrum is the case where it is necessary to provide ultra reliable communication for scenario such as mission critical application which require enormous coverage using of lower frequency bands.

Relationship between 5G network requirements and impacts on spectrum are shown in Table 2:

High-level Requirement	Potential Spectrum-Related Implications
Ultra-high speed radio links	Ultra-wide carrier bandwidths, e.g. 500 MHz Multi-gigabit fronthaul/backhaul
High speed radio links	Wide carrier bandwidths, e.g. 100 MHz Gigabit fronthaul/backhaul
Ultra-low latency	Short range implications
Low latency	Mid-short range implications
Ultra-high reliability radio links	Impact of rain and other atmospheric effects on link availability in higher frequencies, e.g. mm-wave, for outdoor operations.
High reliability radio links	Impact of rain and other atmospheric effects on link availability in higher frequencies, e.g. mm-wave
Short range	Higher frequencies, e.g. mm-wave
Long range	Lower frequencies, e.g. sub-3 GHz

Table 2. Spectrum-related implication of various requirements

Based on information from table above can be concluded that deployment environments are very important due to fact that cellular network work together with another systems operating in adjacent bands that impact the performance of a cellular system. As a result, the amount of spectrum required to deliver a certain level of guaranteed performance is also related to factors such as interference from adjacent systems. One way to lower these risks is the establishment of guard bands between various operators and between an operator and adjacent non-cellular services. Detailed spectrum estimation should take into consideration the need for providing adequate isolation between adjacent systems through guard bands.

5. DIFFERENT SPECTRUM RESOURCES FOR 5G

While certain applications would require highly robust performance over a long distance (a characteristic of lower frequencies), other applications would need very high throughput over shorter distances (a characteristic of higher frequencies). These aspects could be optimally achieved by service providers having access to a variety of bands to deliver a full 5G service [6].

5G implies to the next generation of mobile technology that will allow for massively increased connectivity for a networked society, enhanced mobile broadband and the introduction of new modes of communication for very high reliability and service guarantee. It will be a very flexible, heterogeneous system employing numerous technological enhancements that can be configured to provide connectivity simultaneously to a wide range of application types with differing characteristics and requirements. To support these needs, 5G systems will require access to spectrum with the appropriate

characteristics. Several important aspects for regulators to consider as they prepare for 5G include:

- To 5G network is interoperable with existing 4G network and provide new radio access that will support many new and evolving use cases.
- Higher frequency bands offer real promise for the provision of very high data rates and high system capacity in dense deployments.
- Wider spectrum allocations enable wider bandwidth signals which, in turn, enable high data rates and shorter transmission intervals, permitting new applications that can provide, for example, very low latency access.

5.1. SPECTRUM BELOW 6 GHZ

As 5G systems develop over time, the mobile spectrum bands below 6 GHz will be valuable to allow the smooth migration from LTE usage to 5G. Also, in parallel with this 4G network is still developing using complex modulation and carrier aggregation which will aim to expanded bandwidth capabilities beyond current limitations. These new LTE features can be implemented in mobile bands below 6 GHz in a timely manner and without major spectrum allocation rule changes. As a result, the mobile broadband industry can evolve 4G systems and phase into 5G technologies in bands below 6 GHz. The continuous increase in data and video traffic makes it essential to increase the amount of spectrum within which these technologies can be deployed and in a way that is compatible with currently allocated bands, so that current and new bands can be used in a complementary manner and in the same devices with comparable technology. Therefore, new frequency bands below 6 GHz can be used together with existing broadband spectrum in a proper way. That is, the spectrum below 6 GHz, may be put to use in order to expand the capacity and availability of the existing broadband network.

5.2. WORLD RADIOCOMMUNICATIONS CONFERENCE WRC-15

WRC-15 was held in November 2015 and was aimed to review the regulations in the field of radio communications regarding the use of radio-frequency spectrum. The most important items on the agenda were related to consideration of additional spectrum for the purposes of mobile service as well as the identification of frequency bands for International Mobile Telecommunications (IMT). Also discussed are the results of ITU-R recommendation on use of the band of 694 MHz to 790 MHz. The main idea of the conference is to further the purpose of spectrum for IMT. It is estimated that by 2020, the need for IMT to provide a total of 1340 MHz to 1960 MHz, depending on the density of users in certain countries [7].

Radio frequency bands that are supported for IMT on WRC-15:

L-band: 1427 – 1452 MHz and 1492 to 1518 MHz, noting that the band of the 1452-1492 MHz identified in Region 2 (Americas) and 3 (Asia-Pacific), while in Region 1 identification was limited to African and Middle Eastern countries [8], [9].

C-band: 3400 - 3600 MHz was identified in Region 1 and Region 2 and most countries of the Region 3.

Band 3600 - 3700 MHz has been identified in several countries of the Region 2, and similarly proposals for identification in the upper C band (3800-4200 MHz and 4800-4990 MHz) resulted in only partial identification in the range 4800- 4990 MHz.

Band 694-790 MHz is supported globally for IMT with a note that this band has better propagation characteristics and that compatibility is achieved in mobile and another services.

Global identification of frequency spectrum on WRC-15 for above mentioned bands represent a first step in implementing new technologies, while further analysis of allocation of frequency spectrum above 6 GHz will be held in 2019 on WRC-19, figure 1.



Figure 1. WRC roadmap

5.3. SPECTRUM ABOVE 6 GHZ

5G network also expected advantages from utilizing spectrum at much higher frequencies because the greater bandwidth, available at higher frequencies, could support significantly higher data rates. There is a direct relationship between bandwidth and data rates and according with that to achieve significantly data rates much higher bandwidth are expected to be needed. Bands above 6 GHz with greater frequency blocks present a more realistic opportunity to meet the demands for high speeds than bands below 6 GHz [10].

Taking into consideration which bands above 6 GHz might be suitable for 5G technologies, it is important that we appropriately take into account any impact this might have on existing uses, including the extent to which sharing of spectrum will be possible. The spectrum above 6 GHz is already used for important services, for example, 40% of range 6 - 100 GHz is used for fixed radio links, while 23% is used for satellite communications.

Still is unclear what spectrum in higher frequency bands will be available for mobile communication, and the entire frequency range up to approximately 100GHz will

be considered in next period. The lower part of this frequency range, below 30GHz, is preferred from the point of view of propagation reasons. These losses must be compensated by increasing the antenna gain (at the transmitter or receiver side) as the frequency is increased. At the same time, very large amounts of spectrum and the possibility of very wide transmission bandwidths, in the order of 1GHz or even more, will only be available in frequency bands above 30GHz.

All these concerns will be discussed at the WRC-19 with a focus to define the frequency bands for mobile services in a way that effectively and efficiently is operational with existing services.

6. SPECTRUM SHARING

As already known, spectrum used for cellular communication has been in licensed bands, where regulatory bodies have granted exclusive rights for an entity to use the spectrum to offer services. Process of gaining exclusive rights also depends from country to country and may involve :

- Public auctions to grant the right to use spectrum as service
- Obligation to build specified services within a defined time
- Reservation of right approved for a public-service

On the other hand, many of radio spectrum has traditionally been allocated for military radars where spectrum is not utilised all the time. Based on that fact concept of shared spectrum has been introduced and Authorised/Licensed Shared Access model (ASA/LSA) has been proposed to utilize the spectrum without interfering with the already existing user [11]. The ASA/LSA concept could be one solution for mobile network operators to access additional spectrum for mobile broadband and could be explored to facilitate access to specific capacity bands, within specified geographical or technical limits. The ASA/LSA proposes a new, complementary way of authorising spectrum and could give to operators the possibility to gain access to new spectrum, which may be impossible otherwise.

For unlicensed bands, the regulator establishes rules for how applications, technologies and industries shall use the spectrum that allows applications and users to coexist under limited interference with each other. The rules are defined openly with no limitation on technologies and application other than requirements to avoid harmful interference and reduce risk for interference. With unlicensed spectrum, there is no process for establishing rights for its use, and therefore it may be used by any device that is compliant with usage rules, such as maximum power levels and bandwidth limitations.

7. CONCLUSION

Based on reports from ITU, more than 9 billion mobile subscriptions worldwide are expected by year 2020. Exactly this growth represent most important challenge for new generation of mobile network because 5G network will need to satisfy all high demanding services which are reflected very high achievable data rates, ultra reliable network with ultra low latency. Important thing to do this is utilisation adequate frequency bands that will ensure that all requirements are met. Thus, in this paper are analyzed relevant aspects of 5G requirements with focus on fact that lower spectrum bands will allow the smooth migration from 4G LTE usage to 5G.

And because of the fact that future applications and needs will be very demanding proper, optimal and efficient use of the frequency spectrum will enable the basis for the implementation of 5G technology in a correct and useful way for the whole society.

REFERENCES

- [1] Jonathan Rodrigez, Fundamentals of 5G Mobile Networks, Wiley, 2015.
- [2] Ericsson White Paper, 5G Radio Access, Ericsson, 2015.
- [3] 5G: A Technology Vision, Huawei, 2015.
- [4] 5G Spectrum Recommendations, 4G Americas', 2015.
- [5] 4G Americas' Recommendations on 5G Requirements and Solutions, 4G Americas', 2014.
- [6] Christopher Cox, An introduction to LTE, Wiley, 2014.
- [7]http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2015/56.aspx#.Vq12gbIrLIV
- [8]<http://www.huawei.com/en/news/2015/12/Huawei%20WRC>
- [9] ECC Recommendation 15(01), CEPT, 2015.
- [10] OfCom, Spectrum above 6 GHz for future mobile communications, OfCom, 2015.
- [11] Licensed Shared Access (LSA) and Authorised Shared Access (ASA), GSMA, 2013.

UPOTREBA HOPFIELDOVE NEURALNE MREŽE ZA RUTIRANJE I DODELA TALASNIH DUŽINA U OPTIČKIM MREŽAMA

Nenad Kojić¹, Irini Reljin², Branimir Reljin³

Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije¹

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu²

Inovacioni centar Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu³

Sadržaj – Problem rutiranja u potpuno optičkim mrežama se može posmatrati u nekoliko faza od kojih su najznačajnije pronalaženje putanje signala i određivanje talasnih dužina na pojedinim deonicama putanje. Ove dve faze se mogu analizirati odvojeno ili paralelno pri čemu svaka ima svoja pojedinačna pravila, ograničenja i/ili uslove. Problem rutiranja u potpuno optičkim mrežama se iz tog razloga može tretirati kao složen optimizacioni problem. Kako se Hopfield-ova neuralna mreža pokazala kao dobar alat za rešavanje različitih vrsta optimizacionih problema, u ovom radu će se predstaviti jedno rešenje problema rutiranja i dodele talasnih dužina primenom ove neuralne mreže. Kako sukcesivna realizacija ovih faza daje lošije rezultate, predloženo rešenje će ove dve faze analizirati i realizovati u objedinjenom procesu.

Abstract - Routing problem in all optical networks can be realised through several phases. The most important phases are finding routing paths and realised wavelength assignment. These two phases can be analyzed separately or together. Each phase has its own individual rules, restrictions and/or conditions. For that reason, routing problem in all optical networks is treated as a complex optimization problem. As the Hopfield neural network proved a good results for solving various kinds of optimization problems, this paper will present one solution for routing and wavelengths assignment problems using Hopfield neural network. Bearing in mind that routing process, where are routing and wavelength phase are realised separately, provides worse results, the proposed solution will these two phases analysed and implement as a unified process.

1. UVOD

Intenzivan razvoj mrežnih servisa i povećanje broja korisnika različitih vrsta mrežnih usluga zahtevao je tehnološki razvoj mrežne infrastrukture. Danas, prenos velike količine podataka, kako u jezgru mreže tako i po principu „tačka-tačka“, najčešće realizuju optički sistemi. Ovi sistemi se konstantno razvijaju i unapređuju, čime se postižu sve veće brzine, veća pouzdanost i bolji kvalitet prenosa signala. U prvim realizacijama optičkih mreža pojedini delovi komunikacionih mreža su bili električni dok su se drugi delovi realizovali optikom [1]. Ovakva realizacija je zahtevala češće ili ređe konverzije iz električnog u optički signal, ili obrnuto. Tehnološkim razvojem optičkih rutera, optičkih komponenata kod krajnjih korisnika i sve masovnijom primenom optičke infrastrukture, došlo se do unapređenja komunikacione mreže gde se kompletna komunikacija može realizovati

samo primenom optičkog signala [2]. Ovakve mreže se nazivaju potpuno optičke mreže i u njima nije potrebna konverzija optičkog tj. električnog signala.

Među ovakvim optičkim sistemima, optički komunikacioni sistemi sa talasnim multipleksom (*Wavelength Division Multiplexing* - WDM), predstavljaju vrlo popularnu tehnologiju za iskorišćenje najvećeg dela propusnog opsega optičkog vlakna [1]. Ako u potpuno optičkim mrežama čvorovi imaju sposobnost rutiranja talasnih dužina tada se ove mreže nazivaju optičkim mrežama sa talasnim rutiranjem (*Wavelength Routed Optical Networks* - WRON) [1], [2].

Potpuno optička konekcija, za komunikaciju od izvorišta do odredišta, naziva se svetlosnim putem. Svetlosni put predstavlja fizičku putanju po kojoj se prenosi optički signal, koji nosi korisničku informaciju. Ova informacija se prenosi duž svih optičkih linkova koji pripadaju tom svetlosnom putu, dok traje prenos podataka [1].

Prenos podataka na svakom od linkova, unutar optičkog puta, realizuje se na određenoj talasnoj dužini. Ceo svetlosni put može biti realizovan na jednoj talasnoj dužini ili se na pojedinim deonicama puta može vršiti optička konverzija u druge talasne dužine. Ukoliko mrežni čvorovi tj. ruteri, imaju mogućnost konverzije talasnih dužina onda se postiže bolji komunikacioni sistem jer postoji veći broj mogućih kombinacija od izvorišta do odredišta. Time se smanjuje verovatnoća blokade, smanjuje kašnjenje signala i lakše garantuje kvalitet servisa. U ovakvim mrežama proces pronalaženja putanje od izvorišta do odredišta se realizuje u dve faze [1], [2]:

1. Faza rutiranja i
2. Faza dodele talasnih dužina.

U fazi rutiranja potrebno je pronaći skup fizičkih linkova kojima se može ostvariti kontinualna veza izvorišta i odredišta, i koja po mogućstvu treba da bude što je moguće kraća. Nakon pronalaženja ovakve putanje, potrebno je u drugoj fazi dodeliti svakom pojedinačnoj deonici talasnu dužinu, iz skupa slobodnih talasnih dužina tog linka, uz uslov da imamo što manji broj konverzija u čvorovima mreža. Ovaj postupak se u literaturi naziva Rutiranje i dodela talasnih dužina (*Routing and Wavelength Assignment* – RWA) i predstavlja ključni problem u radu sa optičkim mrežama [1], [2]. RWA se može posmatrati i kao optimizacioni problem, jer postoji veliki broj uslova kako za fazu rutiranja tako i za fazu dodele talasnih dužina, koje treba analizirati i koji mogu biti, manje ili više, međusobno suprotstavljani. Ove faze se zbog kompleksnosti najčešće realizuju odvojeno, ali je njihovo objedinjavanje tj. istovremena realizacija vrlo poželjna jer se tako pronalazi optimalno rešenje za kompleksne uslove obe faze.

U ovom radu će se predstaviti jedno rešenje za objedinjenu analizu i rešavanje RWA problema. Ovo rešenje je dodatno prilagođeno radu veštačke neuralne mreže koja treba da pronađe optimalnu putanju u proizvoljnoj topologiji mreže u zadatim uslovima [3]. Rad je organizovan u pet poglavlja. Nakon uvodnog dela, predstavice se najčešće korišćeni algoritmi kako za fazu rutiranja tako i za fazu dodele talasnih dužina. Osnovne karakteristike korišćene neuralne mreže i njene specifičnosti predstavice se u trećem poglavlju, dok će u četvrtom biti dat opis predloženog algoritma i njegova implementacija. Na kraju rada će se definisati zaključak i buduće smernice u razvoju predloženog algoritma.

2. ALGORITMI ZA RUTIRANJE I DODELU TALASNIH DUŽINA

Podela algoritama za selekciju rute može se izvršiti na pet glavnih pod kategorija [4], [5]:

1. Fiksno rutiranje (*Fixed Routing* - FR)
2. Fiksno Alternativno rutiranje (*Fixed Alternate Routing* - FAR)
3. Iscrpljujuće rutiranje (*Exhaust Routing* -ER)
4. Najmanje opterećena putanja (*Least congested path routing* -LCPR) i
5. Istovremena selekcija talasne dužine i rute (*Joint Wavelength Route Selection* - JWRS).

Algoritam FR podrazumeva unapred definisane putanje za svaku od kombinacija izvor-odredište. Kada dođe zahtev za upotrebu te rute mreža će uspostaviti svetlosni put za prenos podataka. Ukoliko se desi da na bilo kom od linkova unapred definisana talasna dužina ne može da se obezbedi, konekcija će biti neostvariva.

Algoritam FAR je modifikacija algoritma fiksnog rutiranja. Svaka od putanja se takođe računa pre početka rutiranja u mreži, ali se sada za svaki od parova izvor-odredište odredi skup mogućih ruta koji predstavlja podskup svih mogućih ruta za vezu datog para čvorova. Jedna od ruta kandidata biće odabrana na zahtev za uspostavljanje veze.

Kod ER načina rutiranja mreža mora da omogući prosleđivanje trenutnih podataka i da se njihova eventualna promena dinamički detektuje. Na osnovu podataka i stanja svih linkova u mreži definišu se sve rute koje postoje od izvorišnog do destinacijskog čvora. Tada se na osnovu kriterijuma svake od ruta bira najbolja ruta kojom se vrši prenos zahtevanog saobraćaja. Sam proces odlučivanja najčešće je zasnovan na Dijkstra algoritmu.

Kod metode LCPR postoji grupa unapred definisanih putanja od izvornog ka odredišnom čvoru. Kada se pojavi zahtev za prenos nekog signala algoritam pronalazi najbolju od ponuđene grupe putanja po kriterijumu najmanjeg opterećenja sa stanovišta upotrebe talasnih dužina. Tako linkovi koji imaju manje talasnih dužina na kojima se šalju drugi signali u tom trenutku postaju više verovatni da će biti izabrani kao najpovoljniji.

Poslednji tip iz ove grupe algoritama je metod JWRS. Ovaj algoritam je baziran na nedostacima prethodnih, pri čemu su sve dobre karakteristike zadržane. Ranije opisani algoritmi posmatraju pojedinačno putanju i talasnu dužinu, ili zajedno ali po nekom redosledu prioriteta.

Međutim pokazalo se da je uporedno poređenje i odlučivanje mnogo kvalitetnije [4]. Pored toga što rutu i talasnu dužinu posmatra istovremeno, algoritam ova dva parametra vidi kao grupu parametara. Na taj način ruta se opisuje sa više potencijalnih parametara. Najčešće korišćeni parametri su: broj hopova, kapacitet, kašnjenje, verovatnoća zauzetosti, verovatnoća otkaza itd, dok se talasna dužina opisuje parametrom najveće-najmanje korišćenosti, prostorne raspodeljenosti itd. Na osnovu svih ovih parametara istovremeno se izračunava konačna cena za svaku od ponuđenih putanja koja uključuje i putanju i talasnu dužinu. Nakon definisanja cena za sve linkove a samim tim i putanje, bira ce putanja sa najmanjom cenom.

Opisani metodi se odnose na realizaciju prve faze RWA procesa tj. rutiranje. Drugi deo ovog procesa, dodela talasnih dužina, se takođe može realizovati na nekoliko različitih načina. U literaturi postoji veći broj ponuđenih metoda, ali se najčešće podela sastoji od [4], [5]:

1. *Fixed order (first fit) assignment* – FF
2. *Most used assignment* - MU
3. *Least used assignment* – LU
4. *Random order assignment*- RO
5. *Maximal sum* - MS
6. *Relative capacity loss* - RCL

Algoritam FF podrazumeva da je unapred difinisana lista prioriteta pojedinih talasnih dužina, i po toj listi se vrši dodela. Jedini kriterijum koji se koristi je eventualna zauzetost konkretne talasne dužine, kada se uzima sledeća sa liste.

Algoritam MU pretražuje zastupljenost talasnih dužina na svakom od linkova, počevši od one talasne dužine koja je najzastupljenija.

Algoritam LU pretražuje zastupljenost talasnih dužina na svakom od linkova, počevši od one talasne dužine koja je najmanje zastupljena.

Algoritam RO podrazumeva dodelu talasne dužine, iz skupa ponuđenih, po slučajnom izboru.

MS i RCL algoritmi se uglavnom preporučuju za multi-fiber networks. MS algoritam ima za cilj da maksimizuje preostale kapacitete na linkovima, nakon uspostavljanja svetlosnog puta. Kapacitet putanje je suma svih pojedinačnih kapaciteta linkova za sve talasne dužine na njima, dok se kapacitet putanje na talasnoj dužini λ_i definiše kao broj vlakana na kojima je talasna dužina λ_i dostupna za novu putanju. MS na taj način pokušava da odabere talasnu dužinu tako da i nakon njenog zauzimanja oстане relativno dovoljno kapaciteta za naredne svetlosne puteve.

Sa druge strane RCL je baziran na MS sa ciljem da minimizuje gubitke u kapacitetu. Ovaj algoritam treba da uzme u obzir dinamiku u dostupnom kapacitetu, pre ali i nakon zauzimanja nekih talasnih dužina po linkovima, za ostvarivanje budućih konekcija.

Opisani algoritmi pokazuju kompleksnost celokupnog RWA procesa. Dodatno treba imati u vidu potrebu da se ceo postupak mora realizovati u kratkom vremenskom periodu sa što manjom verovatnoćom blokade. Time se otvara prostor da se ovaj problem rešava primenom različitih oblika veštačke inteligencije.

3. HOPFIELD-OVA NEURALNA MREŽA

Hopfield-ova neuralna mreža pripada grupi rekurentnih veštačkih neuralnih mreža [3]. Kod ovakvih tipova mreža, određeni parametri mreže se modifikuju u iterativnom postupku vraćanja zakasnelog signala sa izlaza mreža na njen ulaz, sve dok mreža ne dođe do stacionarnog režima rada. Stacionarni režim se analizira kroz praćenje promena matematičke funkcije koja opisuje rad ove mreže i koja se naziva energijska funkcija [3] [6]. Energijska funkcija u sebi sadrži sve ulazne podatke, različite koeficijente i parametre mreže kao i matricu prenosa \mathbf{V} . U svakoj novoj iteraciji vraćanja signala sa izlaza na ulaz matrica prenosa \mathbf{V} se modifikuje i njeni elementi se manje ili više menjaju. Ulaskom u stacionarno stanje, dobija se konačni oblik matrice \mathbf{V} , a u njoj i rešenje analiziranog problema.

Ova mreža je pokazala mogućnost da se koristi u rešavanju složenih optimizacionih problema, pa će se i u ovom radu poći od takve jedne njene realizacije [6]. Hopfield-ova neuralna mreža je dosta dobila na značaju kada su u radu [7], Hopfield i Tank pokazali da ova mreža daje vrlo dobra rešenja za potrebe optimizacije putanje trgovačkog putnika a da pri tome ima relativno malu složenost algoritma, posebno kada broj gradova raste. Efikasnost svog modela Hopfield je demonstrirao na složenom optimizacionom problemu trgovačkog putnika sa 30 gradova [7].

Godine 1993. Ali-Kamoun predlažu primenu ove mreže na parametre koji ne moraju biti samo fizička rastojanja između gradova [8] i uvode niz značajnih poboljšanja u Hopfield-ov model. Za mrežu sa n neurona, njihov model koristi $n(n-1)$ neuron da bi pronašao konačnu putanju. Razlog za ovo je uklanjanje svih elemenata po glavnoj dijagonali matrice. Matrica po kojoj se vrši optimizacija dobija opšti naziv matrica cena. Ali-Kamoun predlažu i poboljšani oblik energijske funkcije definisan kao [8]

$$E = \frac{\mu_1}{2} \sum_X \sum_{i \neq X} C_{Xi} v_{Xi} + \frac{\mu_2}{2} \sum_X \sum_{i \neq X} \rho_{Xi} v_{Xi} + \frac{\mu_3}{2} \sum_X \left(\sum_{i \neq X} v_{Xi} - \sum_{i \neq X} v_{iX} \right)^2 + \frac{\mu_4}{2} \sum_i \sum_{X \neq i} v_{Xi} (1 - v_{Xi}) + \frac{\mu_5}{2} (1 - v_{di}) \quad (1)$$

Matrica \mathbf{C} , sa vrednostima C_{Xi} definiše cene linkova između dva čvora grafa tj. rutera (X i i). Pored ovoga, značajna novina u predlogu Ali-Kamouna je i uvođenje matrice povezanosti \mathbf{p} .

Element ove matrice ρ_{Xi} može imati vrednost 1 (ako čvorovi X i i nisu povezani) ili 0 (ako su povezani). Na taj način, drugi sabirak u predloženoj energijskoj funkciji ima ulogu da nepostojeći linkovi ne budu sastavni deo konačne putanje. Treći sabirak treba da obezbedi validnost i konzistentnost putanje (ukoliko putanja ulazi u čvor, iz njega mora i izaći, pod uslovom da to nisu izvorišni i odredišni čvor). Četvrti sabirak treba da obezbedi konvergenciju mreže ka stabilnim stanjima, tj. da izlazne vrednosti neurona budu $v_i \in \{0,1\}$. U slučaju da je vrednost 1, posmatrani čvor se nalazi u konačnoj putanji, dok 0 označava suprotno. Poslednji sabirak ima ulogu da obezbedi da se u konačnoj putanji nađe povratna veza od odredišta do izvorišta. Na ovaj način se

obezbeđuje prisustvo izvorišta i odredišta u konačnoj putanji.

Polazeći od ove energijske funkcije, realizovan je kod za njenu simulaciju, za potrebe rada [9] i [10], pri čemu su i definisani svi potrebni parametri za njen rad, tako da će se to rešenje uzeti kao početno za ovaj rad tj. za integraciju predloženog algoritma za RWA.

4. PREDLOŽENI ALGORITAM ZA RWA

Predloženo rešenje ponudiće potpuno nov pristup u rešavanju ovog problema, pri čemu ključnu odluku u odlučivanju ima modifikovani model Hopfield-ove neuralne mreže [9]. Polazna pretpostavka je da postoji mreža, proizvoljne topologije (proizvoljan broj čvorova, povezanost linkovima među njima i proizvoljan broj i raspodela talasnih dužina po linkovima) i da je poznata raspodela talasnih dužina po linkovima. Ovaj algoritam pored svih uslova koje je trebalo i prethodno opisani da zadovolji ima dodatne realne uslove i ograničenja:

1. Omogućen je proizvoljan odabir i broj rutera koji rade konverziju talasnih dužina
2. Omogućeno je proizvoljno definisanje težinskih koeficijenata za konverzije iz jedne u drugu konkretnu talasnu dužinu (na primer konverzija iz λ_1 u λ_2 ima težinski koeficijent 0.1 dok konverzija iz λ_1 u λ_5 ima težinski koeficijent 0.3)
3. Omogućeno je da težinski koeficijenti konverzije imaju različite vrednosti, čak i za iste parove konverzija, u različitim ruterima (na primer konverzija iz λ_1 u λ_2 , u ruteru R1, ima težinski koeficijent 0.1 dok konverzija iz λ_1 u λ_2 , u ruteru R2, ima težinski koeficijent 0.2)
4. Omogućeno je da se pojedine konverzije u pojedinim ruterima zabrane
5. Omogućeno je favorizovanje rada bez konverzije, ukoliko je to tehnički moguće u trenutku odlučivanja
6. Omogućeno je da se favorizuje talasna dužina sa kojom se kreće iz izvorišnog čvora, kao i talasna dužina sa kojom se dolazi do odredišnog čvora.

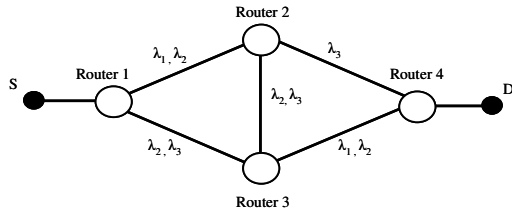
Predloženi algoritam ima nekoliko faza koje se sekvencijalno odvijaju i koje su originalno predložene za ovaj algoritam:

- a) Modifikacija topologije originalne mreže
- b) Automatsko kreiranje svih matrica ulaznih faktora u skladu sa modifikovanom topologijom
- c) Procesiranje ulaznih faktora u Hopfield-ovoj neuralnoj mreži
- d) Inverzna konverzija izlaznih matrica neuralne mreže dobijene za modifikovanu topologiju
- e) Grafički prikaz dobijenih rezultata

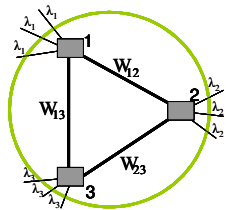
Modifikacija topologije originalne mreže, podrazumeva primenu kreiranja modela rutera na ukupnu topologiju mreže. Kao rezultat se dobija potpuno nova topologija, koja se može koristiti za potrebe rada neuralne mreže. Predloženi model za svaki od rutera mreže se predstavlja kao posebna podmreža. Ova mreža ima onoliko internih čvorova koliko ima različitih talasnih dužina koje se stiču, preko bilo kog direktno povezanog linka, na ovaj ruter.

Ovaj uslov se može uniformno generalisati kao ukupan broj različitih talasnih dužina u mreži. Interni čvorovi mreže su povezani internim linkovima, u oznaci W_{ij} , označavajući težinski koeficijent konverzije između talasne dužine λ_i i λ_j u posmatranom ruteru.

Ako se posmatra model mreže, na slici 1, sa četiri rutera i tri talasne dužine, gde su ruteri 1 i 4 izabrani za izvorišni odnosno odredišni, predloženi model rutera bi izgledao kao na slici 2.

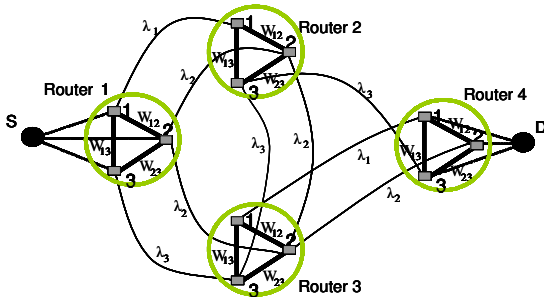


Slika 1. Topologija mreže sa četiri rutera i tri talasne dužine.



Slika 2. Predloženi model rutera za slučaj kada postoje maksimalno tri talasne dužine.

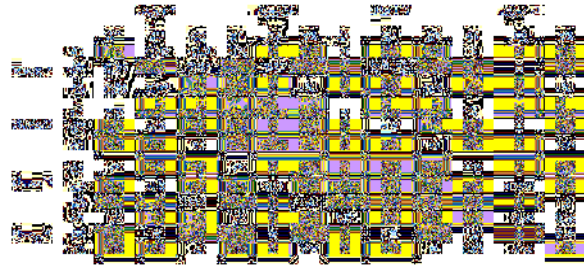
Nakon modifikacije rutera, potrebno je modifikovati i svaki od linkova mreže. Svaki link se modeluje sa onoliko novih linkova koliko ima maksimalno dozvoljenih talasnih dužina. Na taj način svaki novi link je namenjen za prenos po samo jednoj talasnoj dužini. Svaki novi link između dva novomodelovana rutera, je povezan sa odgovarajućim internim čvorovima rutera, koji su dodeljeni konkretnoj talasnoj dužini. Ova modifikacija je prikazana na slici 3.



Slika 3. Konačna modifikacija topologije mreže sa slike 1.

Automatsko kreiranje svih matrica ulaznih faktora u skladu sa modifikovanom topologijom podrazumeva postupak kreiranja svih matrica ulaznih faktora (matrice ρ , matrice cene C , matrica raspodele talasnih dužina, itd.) u skladu sa novodobijenom topologijom mreže. Ovaj postupak predstavlja primenu niza matematičkih transformacija sa ciljem dobijanja novoformiranih matrica koje su ranga $Broj_Rutera \times Broj_Talasnih_Duzina$. Ako se pretpostavi da su talasne dužine slučajno raspoređene

po linkovima, sa slike 1, i da su cene linkova slučajno izabrane, novoformirana matrica C , može imati izgled kao na slici 4. Vrednosti elemenata dobijene matrice po glavnoj dijagonali su uvek 0, jer se konverzija iste talasne dužine ne vrši.



Slika 4. Struktura novoformirane matrice C , sa slučajno dodeljenim vrednostima.

Elementi matrice, slika 4, koji su u preseku iste oznake rutera po vertikali i horizontali, ukazuju na cenu konverzije talasne dužine u drugu talasnu dužinu u tom ruteru. Npr. vrednost 0.02, u trećoj koloni prvog reda matrice sa slike 4, ukazuje na cenu konverzije talasne dužine λ_1 u λ_2 u Ruteru 1.

Na ovaj način cene linkova i cene konverzija talasnih dužina su dovedene na isti nivo uticaja, i predstavljeni su istim parametrom u novodobijenoj mreži.

Procesiranje ulaznih faktora u Hopfield-ovoj neuralnoj mreži podrazumeva pokretanje koda koji realizuje Hopfield-ovu neuralnu mrežu i koja koristi sve novoformirane matrice ulaznih faktora. Način formiranja nove matrice C je objašnjen u prethodnoj tački, dok se matrica ρ formira po standardnim principima korišćenog Hopfield-Tank modela, ali u odnosu na novoformiranu matricu C . Kao izlaz iz neuralne mreže dobija se matrica V , koja je ranga kao i novoformirana matrica C .

Inverzna konverzija izlaznih matrica neuralne mreže dobijene za modifikovanu topologiju predstavlja fazu u kojoj se matematičkim relacijama vrši inverzan proces u odnosu na fazu Automatskog kreiranja svih matrica ulaznih faktora u skladu sa modifikovanom topologijom. U ovoj fazi se vrši transformacija matrice V u matricu V ranga $Broj_rutera \times Broj_rutera$. Na taj način se dobija matrica koja ukazuje na konačnu putanju dobijenu ovom procedurom u smislu redosleda rutera u toj putanji.

		Router 1			Router 2			Router 3			Router 4		
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_1	λ_2	λ_3	λ_1	λ_2	λ_3	λ_1	λ_2	λ_3
Router 1	λ_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	λ_2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	λ_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Router 2	λ_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	λ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	λ_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Router 3	λ_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	λ_2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	λ_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Router 4	λ_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	λ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	λ_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 5. Struktura novodobijene matrice V , sa slučajno dodeljenim vrednostima.

Istovremeno, na bazi originalne matrice V , jasno se dobija raspodela talasnih dužina po odabranoj putanji, čime se

postupak određivanja rute i dodele talasnih dužina objedinjuju, što je i bio cilj predloženog algoritma. Na slici 5, prikazan je moguć izgled nove matrice \mathbf{V} .

U skladu sa opštom teorijom Hopfield-ove neuralne mreže [10], vrednosti u izlaznoj matrici \mathbf{V} , su nakon zaokruživanja 0 ili 1. Vrednost 1 ukazuje da će se link, na koji ukazuje pozicija posmatrane vrednosti 1, naći u konačnoj putanji.

U primeru sa slike 5, postoje tri vrednosti 1. Vrednost 1 koja je u preseku drugog reda i osme kolone ukazuje da se nakon polaska iz izvorišnog čvora (Ruter 1) dolazi u Ruter 3 i to talasnom dužinom λ_2 . Nakon toga, vrednost 1 u preseku osmog reda i sedme kolone ukazuje da je u Ruteru 3 došlo do konverzije talasne dužine i to: od dolazne λ_2 u odlaznu λ_1 . Poslednja vrednost 1 na preseku sedmog reda i desete kolone ukazuje da je ruta iz Ruteru 3, sa talasne dužine λ_1 , u sledećem hopu došla do Ruteru 4 na talasnoj dužini λ_1 , gde se i završava obzirom da je određite Ruter 4.

Na ovaj način dobijeno je objedinjeno traženje rute i talasnih dužina koje će se toj ruti dodeliti.

Grafički prikaz dobijenih rezultata je završna, ali ne i obavezna, faza rada predloženog algoritma. Ova faza podrazumeva grafički prikaz originalne topologije mreže i iscrtaavanje svih linkova koji učestvuju u konačnoj putanji. Ova faza ima za cilj prikaz rezultata korisniku i ne utiče na način donošenja odluke.

Na ovaj način dobijeno je rešenje koje ne mora biti implementirano sa neuralnom mrežom. Naime, nakon predloženih modifikacija topologije mreže dobija se struktura mreže gde je svaki link opisan samo jednim parametrom (u ovom slučaju je to postojanje talasne dužine). Ako se želi pronaći optimalna putanja, dovoljno je primeniti bilo koji algoritam za traženje najkraće putanje (npr. Dijkstra) i dobijeno rešenje će imati formu optimalne putanje sa izvršenim fazama rutiranja i dodele talasnih dužina.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljeno jedno rešenje algoritma za objedinjavanje postupka rutiranja i dodele talasnih dužina u potpuno optičkim mrežama. Predloženo rešenje je bazirano na modifikaciji mreže proizvoljne topologije u drugu topologiju, čime su u fizičku topologiju uključuju svi elementi potrebni za objedinjavanje ove dve faze rutiranja optičkog signala. Na ovaj način, omogućeno je kreiranje podmreža i njihovih ruteru pa samim tim i kontrola nad ključnim elementima ovog postupka: upravljanje mestima gde je konverzija talasnih dužina dozvoljena tj. nije, uticaj na cenu konverzije u pojedinim čvornim mestima, zabrana upotrebe pojedinih linkova tj. talasnih dužina u cilju kontrole garantovanih kvaliteta servisa i mogućnost dodeljivanja cena pojedinim linkovima mreže u cilju njihove favorizacije ili zabrane upotrebe.

Predloženo rešenje je integrisano u rad Hopfield-ove neuralne mreže, sa ciljem objedinjavanja algoritma sa logikom odlučivanja i zaokruživanja celokupnog procesa pronalaska svetlosnog puta u optičkim mrežama proizvoljne topologije. Algoritam podržava dinamičke promene podataka i topologije mreže, što zavisi od promene matrica ulaznih faktora, koje se realizuju nezavisno od algoritma.

Predloženo rešenje se može iskoristiti za bilo koju drugu integraciju i implementaciju van veštačke neuralne mreže i platformski je nezavisno.

Dalji razvoj će biti usmeren ka razvijanju hardverskih rešenja za predloženi algoritam i optimizaciji koda u cilju bržeg procesiranja signala.

LITERATURA

- [1] Simmons J. M. *Optical network design and planning*, Springer, 2014.
- [2] Ram Murthy C. S., Gurusamy M. *WDM Optical Networks-Concepts, Design and Algorithms*, Prentice Hall, 2002.
- [3] Michalski R.S., Carbonell J.G., Mitchell T.M. *Machine learning: An artificial intelligence approach*, Springer Science & Business Media, 2013.
- [4] Marković G., Aćimović-Raspopović V., Lazović S., "Dinamičko rutiranje saobraćaja u mrežama sa komutacijom kanala - Poređenja nekih metoda", TELFOR 2001.
- [5] Zhang H., Jue J.P., Mukherjee B. "A review of routing and wavelength assignment approaches for wavelength-routed optical WDM networks", SPIE Opt. Networking Magazine, Vol. 1, No. 1, pp. 47-60, Jan. 2000.
- [6] Hsu WY., "Application of competitive Hopfield neural network to brain-computer interface systems", International journal of neural systems, 22(01):51-62, 2012.
- [7] Hopfield J. J., Tank D. W., "Neural' computations of decision in optimization problems", Biol. Cybern., No. 52, pp. 141-152, 1985.
- [8] Ali M., Kamoun F., "Neural networks for shortest path computation and routing in computer networks", IEEE Trans. on Neural Networks, No. 6(4), pp. 941-953, 1993.
- [9] Kojić N., "Primena neuralnih mreža u rešavanju transportnih problema", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2012.
- [10] Kojic N, Reljin I, Reljin B. "Routing in optical networks by using neural network", 8th Seminar on Neural Network Applications in Electrical Engineering, 2006.

Cross-layer pristup: značaj u standardizovanim Bežičnim senzorskim mrežama

Cross-layer Approach: importance in a Standardized WSN

Bogdan Pavković¹, Lazar Berbakov¹, Sanja Vraneš¹
Univerzitet u Beogradu, Institut „Mihajlo Pupin“¹

Sadržaj – Bežične senzorske mreže (WSN) kao deo Interneta stvari (IoT) se oslanjaju na skup otvorenih standarda koji nastoje da nude skalabilnost i pouzdanost u različitim operativnim uslovima. Standardizovani protokoli ciljaju na neke od najvećih WSN izazova kao što su energetska efikasnost, propusti bežičnog prenosa niske snage i samoorganizovanja. Nakon više od decenije standardizacije, svedoci smo postojanja celokupnog protokolarnog steka za WSN baziranom na IP tehnologijama. Ipak, trenutno stanje standarda ima propuste u pogledu redundantnosti i moglo bi da ima koristi od daljih poboljšanja. Mi bismo želeli da istaknemo neke od aspekata cross-layer pristupa koji treba uzeti u obzir da bi se omogućila dalja poboljšanja u standardizovanom steku protokola za WSN.

Abstract - Wireless sensor networks (WSNs) form part of Internet of Things (IoT) and rely on a set of the open standards offering scalability and reliability in a variety of real-world scenarios and conditions. Standardized protocols take on the major WSN challenges like energy efficiency, intrinsic defaults of low-power wireless medium, and self-organization. After more than a decade of standardization, an entirely IP-based WSN standardized protocol stack for IoT is available. Nevertheless, the current state of the art standards have redundancy issues and can be further improved. We would like to highlight some of the cross-layer aspects that need to be considered to bring further improvements to the standardized WSN protocol stack for the IoT.

1. UVOD

Originalni koncept "Interneta Stvari" (IoT), osmišljen 1999. godine od strane Kevin Eštona [1], je evoluirao u ideju transformacije sadašnjeg interneta kroz proširenje sa velikim brojem inteligentnih, povezanih, i objekata pristupačnih na daljinu (senzori, aktuatori, pametni telefoni - zajedno sa izvornim RFID). Iako je inicijalno IoT razvijan oko mrežnih izazova, ogromne količine proizvedenih i prikupljenih podataka zahtevaju dalju obradu pomoću *Big Data* i *Cloud computing* koncepata. Uprkos činjenici da je IoT dugo promovisan kao jedan od tehnoloških i društvenih pokretača od strane važnih vlada, nekoliko nerešenih izazova stoje na putu rasprostranjenog korišćenja IoT. Ključni problem je postojeće obilje zaštićenih rešenja. Dakle, IoT promovise upotrebu otvorenih standarda - neopterećenih bilo kojim oblikom intelektualne svojine, licenciranih za slobodno korišćenje, gde je većina standarda i javno objavljeno [2].

Bežične senzorske mreže (WSN) donose u IoT veliki broj sitnih bežičnih uređaja koji pouzdano rade sa ograničenim izvorom energije, pružajući vredna merenja o posmatranom životnom okruženju.

Energetska efikasnost je od izuzetne važnosti u WSN: nezavisno od toga da li čvorovi rade na baterije (nepraktično da se često dopunjavaju) ili se oslanjaju na

energiju prikupljenu u samim uređajima (fizička sredina nudi sporadične i oskudne izvore energije). Protokoli za upotrebu u WSN bi trebalo da smanje zahteve za energijom kroz smanjenje obima komunikacije i procesuiranja.

Osim toga, problemi bežičnog medijuma (nestabilnost, gubici) i sama priroda bežične veze (delimična nepredvidljivost prenosa, gubici zbog interferencije, *shading*, *multi-path fading* [3]) utiču na većinu slojeva WSN protokolarnog steka. Pouzdan WSN protokol treba da otkloni nedostatke bežične komunikacije.

Slično *plug-and-play* konceptu za personalne računare, WSN treba da ponudi korisnicima iskustvo da pokrenu i zaborave na uređaje. Samo-organizacija i samostalna dijagnostika i popravke u letu su ogromni izazovi za WSN protokole: značajan broj čvorova treba da funkcioniše bez podrške infrastrukture, pružajući potpuno autonomnu mrežu (bez ljudske intervencije) u potencijalno neprijateljskom i dinamičnom okruženju (mobilnost čvorova, kvarovi čvorova i veze, pražnjenje baterije).

Skup IP protokola je *de-facto* mrežni standard već nekoliko decenija. IP garantuje besprekornu i transparentnu komunikaciju između velikog broja uređaja, omogućavajući im da obrađuju nesagledive količine podataka i upita na pouzdan i bezbedan način. Logični naslednik, IPv6 protokol, omogućava međusobno uvezivanje u IoT ekosistem još više pametnih uređaja (oko 3.4×10^{38}), i time rešava ograničenja IPv4.

Postojeći internet protokoli, kao što su HTTP [4] i TCP [5] su prilično složeni zbog dodatnih sposobnosti da generišu enkapsulaciju sigurnosnih i bezbednosnih mehanizama. Osim toga, oni su uglavnom projektovani da rade u žičnim mrežama gde je prenos bimodalan (radi ili prekid). Veliki broj uređaja sa niskom potrošnjom i nestabilnom bežičnom vezom predstavljaju prepreku u direktnoj primeni postojećih internet protokola u WSN. Dakle, svedoci smo ogromnog standardizacionog truda da se eliminiše nepotrebno obilje zaštićenih rešenja i da se obezbedi adaptacija IP za WSN. Standardizaciona tela relevantna za WSN su IEEE (fizički i sloj veze), ETSI (kompletna rešenja za komunikaciju između mašina), MSR (kontrolni sistemi), i IETF (rutiranje i transport). Tokom poslednje decenije je nastao protokolarni stek za WSN baziran na IP. Mi ćemo ukratko predstaviti sve protokole iz steka. Svaki protokolarni sloj komunicira samo sa susednim slojevima nudeći ograničeni i dobro definisan set usluga. Zavadi pa vladaj strategija otklanja sve zavisnosti i pretpostavke između odvojenih slojeva. Takva strategija nudi bolju fokusiranost na specifične izazove i trebalo bi da dovede do bržeg razvoja IoT [2].

Ipak, klasični model sa slojevima nas ograničava da odvojeno optimizujemo različite slojeve. Drugim rečima, lokalni optimum za susedne slojeve (npr. MAC i transportni) može da bude suprotstavljen i ne dovodi do globalnog optimuma za čitav stek. Pored toga, određene posebne funkcije se ne mogu rešiti niti dodeliti jednom specifičnom sloju. Formiranje topologije se može

proizvoljno pripisati ili MAC (tačnije poznavanje karakteristika bežične veze) ili transportnom sloju (globalni ciljevi rutiranja). Konačno, problemi bežičnog medijuma [3] generalno utiču na sve slojeve i dovode u nesklad optimizaciju ciljeva između različitih slojeva [6].

Rad pokušava da dovede u pitanje neke od dizajn koncepata [7] koji su korišćeni za formiranje WSN protokolarnog steka koji podržava IP i IoT. U tom smislu smo u radu istakli neke od prednosti *cross-layer* pristupa u daljem unapređenju standardizovanog protokola steka, posebno na zajedničkoj operaciji dva protokola-IEEE 802.15.4-2006 na MAC sloj i RPL na transportnom sloju. Osim toga, želimo da istaknemo potrebu sintetičkog dizajna nekih od važnih funkcionalnosti - formiranje topologije i rezervisanje resursa radio veze. Na kraju, dali smo pregled rešenja iz literature koja pokušavaju da reše gorepomenute izazove i sumirali moguće pravce za budući razvoj.

2. PREGLED LITERATURE

IEEE 802.15.4. predlaže globalni standard na MAC i fizičkom sloju za međusobno povezivanje senzora i aktuatora male snage/cene/brzine prenosa. Standard je prošao nekoliko revizija da bi proširio paletu podržanih aplikacija i da zadovolji stroge industrijske zahteve. Mi ćemo dati kratak pregled dve najistaknutije revizije sa njihovim karakteristikama i mogućim predlozima za poboljšanje: IEEE 802.15.4-2006 i IEEE 802.15.4e.

IEEE 802.15.4-2006 radi u 2.4GHz opsegu na jednom od 16 mogućih kanala, zbog čega je sklon smetnjama i *fading*-u usled višestruke propagacije. IEEE 802.15.4-2006 standard predlaže dva međusobno isključiva režima na MAC sloju: "*Non-beacon*" i "*Beacon-Enabled*". U *Non-beacon* modu, svi čvorovi koriste CSMA-CA da pošalju svoje pakete: pošto se sinhronizacija ne koristi, nijedan čvor ne može da spava. Nasuprot tome u „*Beacon-enabled*“ režimu se koristi koncept *Superframe* da sprovede režim cikličnog spavanja. Koordinator povremeno šalje *beacon* pakete da označe početak njegovog *Superframe*-a, omogućuje vremensku sinhronizaciju, i podele kontrolne informacije. Čvorovi koji učestvuju u *Superframe*-u pristupaju kanalu za vreme aktivnog pristupnog perioda (CAP) primenom CSMA-CA.

U topologijama sa više nivoa, čvor ima ulogu deteta u toku aktivnog dela svog roditelja (*uplink*) i ulogu koordinatora za vreme sopstvenog aktivnog dela (*downlink*). Standard IEEE 802.15.4-2006 je sklon kolizijama paketa u topologijama sa više nivoa (*beacon* i podaci) zbog manjka metode za zakazivanje *Superframe*.

IEEE 802.15.4-2006 podržava tri različite mrežne topologije: *peer-to-peer*, zvezda i stablo-klaster (generalizacije zvezde). IEEE 802.15.4-2006 formira i upravlja sa topologijom zvezda i stablo-klaster. Čvor treba da bude povezan sa koordinatorom pre slanja paketa. Čvor najpre pretraži dostupne koordinate tako što izvede bilo aktivnu (eksplicitno slanje zahteva za *beacon*) ili pasivnu pretragu (prolazak kroz sve raspoložive kanale za dolazne *beacon*-e). Nakon završene potpune pretrage, čvor može pokrenuti postupak za pridruživanje izabranom koordinatoru. Postupak pridruživanja zahteva razmenu šest poruka koje mogu da se odvijaju tokom nekoliko

Superframe-ova. U literaturi postoje nekoliko pristupa da se pojednostavi i ubrza postupak pridruživanja [8, 9, 10].

Klaster-drvo nije robusna struktura jer se čvor oslanja na samo jednog povezanog roditelja. Osim toga, standard jedino određuje način razmene informacija, a ne kojeg koordinator čvor treba da izabere pre pridruživanja.

IEEE 802.15e prevazilazi ograničenja IEEE 802.15.4-2006 standarda (uglavnom se odnosi na CSMA pristup – nemogućnost ograničavanja kašnjenja i limitirana pouzdanost; funkcionisanje na jednom kanalu - sklonost *fading*-u usled višestruke propagacije i smetnjama; kao i neefikasnost rada u topologiji sa više nivoa).

Standard 802.15.4e pruža MAC poboljšanja na dva nivoa: opštem funkcionalnom nivou i u specifičnom aplikativnom domenu. Na opštem nivou, 802.15.4e pruža mogućnost za rad na niskom radnom ciklusu (*duty cycle*) (npr. 1%), a da gornji slojevi ostvare malo kašnjenje.

Na aplikativnom nivou, standard 802.15.4e obezbeđuje visoko optimizovane režime kao što su, *Radio Frequency Identification Blink* (Blink), mod za determinističko i sinhrono funkcionisanje na više kanala (DSME), deterministički mod sa malim kašnjenjem (LLDN), i rad u vremenskim periodima sa adaptivnim promenama kanala (TSCH). Režimi rada 802.15.4e nastoje da obezbede rešenja za izazovne primene u oblastima kao što su procesna i kućna automatizacija, pametno merenje i zdravstvena zaštita.

Ukratko, TSCH režim predstavlja kombinaciju TDMA (*Time Division Multiple Access*) i FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) šema, poboljšan mehanizmom za dinamičku promenu kanala, čime se rešavaju problemi interferencije i višestrukog slabljenja; mehanizam postoji u standardima za industrijsku primenu (WirelessHART [11] i ISA 100.11.a [12]).

TSCH periodično izvodi matičnu strukturu gde se svako polje (jedinствена komunikaciona ćelija) (jedinствeni par vremenski period i frekventni kanal) namenski rezerviše za komunikaciju između unapred određenog para čvorova. U poređenju sa IEEE 802.15.4-2006, više paralelnih transfera je dozvoljeno i moguće u jednom vremenskom periodu zahvaljujući upotrebi mehanizma na više kanala. Ipak, 802.15.4e ne određuje raspored za komunikaciju, već nudi mehanizam za izvršavanje. Uparivanje jedinstvene komunikacione ćelije i određenog para čvorova je prepušteno gornjim slojevima.

Pored toga, standard 802.15.4e koristi *Enhanced Beacon* (EB), omogućavajući stvaranje prilagođenih *beacon* paketa tako da se uključe relevantne kontrolne informacije. Proces pridruživanja je opcion, a omogućeno je i brzo pridruživanje (FastA). Konačno, standard 802.15.4e pruža gornjim slojevima specifičnu povratnu informaciju: merenje performansi na MAC određuju kvalitet kanala (broj reemitovanja, zauzetih stanja, duplikata paketa, kao i ukupan broj isporučenih paketa).

RPL

Glavni cilj IETF (*Internet Engineering Task Force*) ROLL (*Routing Over Low power and Lossy networks*) radne grupe je izrada novog IoT protokola za rutiranje i samoorganizovanje pogodnog za LLN (*Low Power and Lossy Networks*). ROLL zahteva interoperabilnost sa IPv6 i 6LowPAN, da se pruži usaglašenost sa različitim tehnologijama na sloju veze, da podržava bežične i PLC

(*Power Line Communication*) medijume. Protokol za rutiranje RPL (*Routing Protocol for LLN*) [13] je zasnovan na bazi gradijentnog rutiranja sa ciljem da podrži različite obrasce mrežnog saobraćaja:

- *Više čvorova na jedan (MP2P)*: Takođe poznat kao *convergecast* ili rutiranje na gore, gde veliki broj senzorskih čvorova (periodično) prijavljuju svoja očitavanja centralnom čvoru (*sink*).
- *Jedan čvor na više (P2MP)*: Rutiranje na dole se može razumeti kao vrsta *polling*-a podataka, gde *sink* na zahtev potražuje podatke od čvorova.
- *Čvor na čvor (P2P)*: Proizvoljnom paru čvorova je omogućeno da direktno komuniciraju.

RPL stvara usmereni aciklični (bez petlji) graf sa korenom u *sink*-u (DODAG) [14]. Izbor DODAG-a potiče iz sledećeg zapažanja: velika većina generisanog saobraćaja pripada MP2P obrascu.

Svaki čvor koji pripada DODAG-u emituje DIO (*DODAG Information Object*) pakete koji sadrže između ostalog i udaljenost čvora od korena DAG prema zadatoj metrici (broj skokova, kvalitet radio veze, kašnjenje ili džiter (*jitter*)). Čin čvora (udaljenost od korena) može da posluži kao ograničenje pri rutiranju (način da se „orežu“ potencijalni roditelji u grafu koji ne zadovoljavaju specifične osobine, npr. ukoliko je potrebno koristiti samo putanje koje prolaze kroz čvorove sa mrežnim napajanjem). Takođe čin može da posluži kao kumulativna metrika (način procene troškova neke putanje putem, npr. minimalna potrošnja energije duž neke putanje).

Svaki čvor izvršava algoritam koji računa vektor udaljenosti da bi pronašao skup suseda u grafu koji su bliže korenu nego on sam: takvi čvorovi postaju roditelji. Roditelj koji nudi najbolji put ka korenu je označen kao „omiljeni“ roditelj, a potom se koristi kao podrazumevani sledeći skok za MP2P saobraćaj dok se ne promeni vektor udaljenosti. RPL upućuje na korišćenje histerezisa da bi se ograničile česte promene „omiljenog“ roditelja zbog nestabilne prirode bežičnih veza i posledične promene vrednosti čina. RPL takođe predlaže mehanizam za brze popravke putanje i grafa kada se detektuje prolazna petlja.

Iako je DODAG robusnija struktura u odnosu na klaster-stablo, RPL ne koristi raznovrsnost u raspoloživim roditeljima da bi rasteretio saobraćaj sa uskih grla (omiljeni roditelj) i/ili da bi postigao kvalitet usluge (QoS) (samo jedna metrika se koristi za optimizaciju rutiranja).

Nasuprot efikasnom, jednostavnom, i posebno objašnjenom MP2P (sa svim prpratnim IPv6 mehanizmima), RPL-u nedostaje zrelosti kada je u pitanju P2P i P2MP rutiranje [31].

6LOWPAN

Radna grupa 6LoWPAN (*IPv6 over Low Power WPAN*) [15] formirana je da definiše usklađen rad IPv6 preko IEEE 802.15.4-2006 mreža. 6LoWPAN nudi adaptacijski sloj između mrežnog i sloja veze. 6LoWPAN nudi funkcionalnosti automatskog pokretanja mreže (otkriće susedstva (*Neighborhood discovery (ND)*)), mogućnosti razrešavanja IPv6 adresa, kao i prenos IPv6 paketa preko IEEE 802.15.4-2006 mreža:

- *Kompresija zaglavlja*: Ogromne IPv6 pakete je potrebno smanjiti na veličinu (127 B) podržanu od standarda 802.15.4. 6LoWPAN adaptacijski

sloj dramatično smanjuje višak nepotrebnih IPv6 kontrolnih podataka. Sva nepotrebna polja su u potpunosti eliminisana iz originalnog paketa, a preostalih polja su promenjena ili komprimovana.

- *Fragmentacija*: 6LoWPAN osigurava da svi fragmenti IPv6 paketa koji se prenose na više skokova budu sastavljeni na odredištu.

6LoWPAN automatsko pokretanje mreže nudi alternativu mehanizmu za otkrivanje susedstva (*ND*) iz IEEE802.15.4-2006 standarda. 6LoWPAN je prilagodio postojeće mehanizme iz žičanih mreža za uslove bežičnih mreža male snage i protoka. *ND* mehanizam 6LoWPAN-a je zasnovan na osmatranju progressa paketa i samim tim dovodi do neefikasnog i sporog otkrivanja prekida veze.

CoAP

Grupa CORE (*Constrained RESTful Environments*) u okviru IETF-a radi na definisanju adaptacije *RESTful* arhitekture. Tipičan primer je klijent/server model definisan na aplikativnom sloju od strane HTTP protokola. CoAP (*Constrained Application Protocol*) [16] definiše podskup *RESTful* specifikacija, adaptiranih za ograničenja prisutna u WSN. CoAP cilja da ponudi jednostavnost, veoma mala zaglavlja i ograničenu fragmentaciju a da održi interoperabilnost sa HTTP.

Čak i sa usvajanjem UDP-a na transportnom sloju, CoAP obezbeđuje sigurnosne mehanizme kroz upotrebu dvojnih slojeva. Sloj transakcije upravlja razmenom paketa između krajnjih tačaka (deluje i kao klijent i server). Sloj zahteva/odgovora mapira asinhronu zahtevu u odgovore i osnovni kontekst. CORE takođe pokriva bezbednost aplikativnog sloja kroz zaštitu CoAP paketa. CORE je predložio okvir na osnovu DTLS protokola [17]. Upotreba robusnog i pouzdanog režima sertifikata, dozvoljava autentikaciju i mehanizme za pregovaranje kroz X.509 sertifikate proverene od strane autoriteta.

3. CROSS-LAYER: ZNAČAJ I IZAZOVI

Formiranje topologije

Kao što je već rečeno, formiranje topologije može biti arbitrarno pripisano ili MAC (bliže poznavanje karakteristika radio veze), ili transportnom sloju (globalni ciljevi rutiranja). Oba standarda, IEEE 802.15.4-2006 i RPL, održavaju posebne topološke strukture – stablo-klaster i DODAG - koji onemogućavaju interoperabilnost dva standarda u izvornoj verziji. Održavanje dve različite topološke strukture je ne samo suvišno, već i visoko energetski neefikasno. Autori [18] predlažu promenu klaster-stabla u usmereni klaster-aciklični graf, održavan na MAC sloju koji dovodi do poboljšanja robusnosti i redundantnosti topologije, kao i smanjenom kašnjenju rutiranja.

Nedavno je u okviru IEEE 802.15.4e standarda potpuno izostavljeno formiranje topologije; sada to postaje odgovornost jedino RPL-a. Ipak, kada je reč o otkriću susedstva (*ND*), koje stvara osnovu za formiranje topologije, višestruki mehanizmi i dalje postoje na nekoliko slojeva: opcioni FastA sa aktivnim/pasivnim skeniranjem IEEE 802.15.4e, DIO paketi u RPL, i adaptirani žični *ND* mehanizmi u 6LoWPAN. Otvoreno

pitanje ostaje: *Kako razviti efikasan i jedinstven mehanizam ND na jednom sloju koji će uzeti u obzir operativne zahteve iz svih slojeva?*

Konačna RPL topologija je određena na osnovu odabira najboljih roditelja prema datoj metrici (npr. broj skokova, kvalitet veze, kašnjenje ili džiter) [19]. Mehanizmi za merenje ovih metrika su van odgovornosti RPL-a i očekuje da će biti obezbeđen od strane drugih slojeva.

Merenja kvaliteta veze tradicionalno pripadaju MAC i fizičkom sloju. Tokom godina bilo je brojnih pokušaja da se uspostavi brz, pouzdan i standardizovan mehanizam za procenu kvaliteta veza na osnovu očekivanog broja primljenih paketa (Expected Transmission Count)(ETX) [20, 21] i fizičkih pokazatelja niskog nivoa kao što je RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) [22], LQI (*Link Quality Indicator*)[23] i greške DSSS *chips* [24]. Na kraju nijedna metrika nije postala deo IEEE 802.15.4-2006 standarda, dok IEEE 802.15.4e standard jednostavno definiše rudimentaranu listu indikatora kvaliteta za svako pojedinačno slanje paketa (broj re-emitovanja, odlaganja, duplikata i stopa isporuke paketa).

S druge strane, mi čvrsto verujemo da kašnjenje kao metrika je potrebno da bude dvojno definisana i merena na MAC (IEEE 802.15.4e) i aplikativnom sloju (CoAP) da bi oslikavala kašnjenje na nivou individualne veze, ali i kašnjenja sa kraja na kraj koje oseti korisnik. Štaviše, merenja kašnjenja sa kraja na kraj treba ne samo da daju jednostavne vrednosti, već i razloge koji su ih prouzrokovali (npr. zagušenje, loš kvalitet veze, prekid putanje, itd.). Zauzvrat, čvršća *cross-layer* saradnja je neophodna da bi se utvrdili razlozi o prirodi kašnjenja.

Postojeći radovi na formiranju *convergecast* topologije [25], uključujući i sam RPL standard, često favorizuju optimizaciju na osnovu jedne lokalne metrike iz perspektive svakog pojedinačnog čvora. Uzmimo na primer, RPL čvor koji izabere kao omiljenog roditelja, komšiju koji nudi najkvalitetniju put (ETX metrika) ka DODAG korenu (*sink*) . Takav lokalni izbor dovodi do povećanja saobraćaja i zagušenja (efekat uskog grla) na ovom putu, i konačno do prevremenog pražnjenja baterije čvora. Mi ne pokušavamo da sugerišemo kroz ovaj primer da se isključi kvalitet veze kao metrika, već tvrdimo da je potrebno razmotriti zajedno više metrika. Na osnovu toga, mi predlažemo odgovarajući skup *cross-layer* sugestija koje treba uzeti u obzir da bi se potpomoglo postizanje globalne optimizacije ciljeva. Za svaku od stavki, predlažemo najpogodniji sloj za merenje iste:

- **Kvalitet radio veze:** Stabilna i efikasna radio veza štedi energiju koja bi se inače nepotrebno potrošila na dodatne pokušaje slanja paketa. Čvorovi treba da favorizuju pravilnu procenu kvaliteta veze, pre nego što prerano odaberu sub-optimalne roditelje koji mogu da proizvedu oscilatorno ponašanje tj. česte promene roditelja. 802.15.4e treba da obezbedi procenu kvaliteta veze direktno dostupne sa fizičkog sloja kao na primer indikator greške DSSS *chips*[24]
- **Efekat uskog grla:** MP2P saobraćaj (*convergecast*) često dovodi do efekta levka (uskog grla) [26]: područje oko korena DODAG-a je prisiljen da prosleđuje veći broj paketa i samim

tim stvara zagušenje. Da bi se ograničio ovaj fenomen, saobraćaj preko direktnih potomaka DODAG korena (čvorovi prvog ranga) bi trebalo da se ravnomerno rasporedi. Sa jedne strane, CoAP bi trebalo da pruži procenu očekivanog opterećenja (generisanog saobraćaja) i kašnjenja. Sa druge strane, RPL bi trebao da ponudi stvarno izmerene količine saobraćaja u mreži na osnovu stanja bafera i količine prosleđenih paketa.

- **Izbegavanje već zagušenih područja:** Čvorovi treba da izbegavaju pridruživanje roditeljima koji nude putanje koji vode kroz područja sa velikim brojem čvorova tj. većeg zagušenja. Nasuprot efektu levka, zone visoke gustine se mogu formirati dalje od DODAG korena. Raznovrsnost u odabiru omiljenih roditelja bi ublažila nepotrebno kašnjenje i gomilanje paketa u ovim već zakrčenim područjima. Slično prethodnoj tački, CoAP i RPL bi mogli ekstrapolirati nivo saobraćaja (procena i empirijska merenja) i agregirati u obliku metrike.
- **Samoisceljenje:** Potrebno je da čvor primećuje i ispravlja nedoslednosti tako da globalni ciljevi ostanu zadovoljeni. Na primer, čvor treba da prati kvalitet veze i blagovremeno promeni roditelja ako je došlo do značajne promene. Trenutno RPL nudi histerezis da bi se metrike isfiltrirale. Takođe, DODAG treba da priključi nove čvorove pri dolasku i/ili da reaguje na nestanak čvorova (pražnjenje baterije, problem sa vezom, itd).

Planiranje rasporeda komunikacije

Jednostavno rečeno, glavni ciljevi planiranja rasporeda komunikacije u WSN sa više nivoa su da smanje broj kolizija i povećava protok a da se pritom postigne energetska efikasnost.

Istorijski gledano, postoje tri osnovna pristupa u literaturi da se smanji broj kolizija u 802.15.4 mrežama na više nivoa. U "*Beacon Only Period*" (BOP) rešenju, čvorovi primenjuju TDMA pristup da pošalju svoje *beacon*-e pri tom zadržavajući istu vrednost CAP-a. Simulacije pokazuju manjkavost BOP pristupa jer se performanse brzo degradiraju ukoliko su skriveni terminali česti [27].

Drugo rešenje primenjuje TDMA pristup za zakazivanje aktivnih delova *Superframe*-a. Villaverde [28] je eksperimentalno dokazao da ovakav pristup dovodi do boljih performansi. Ipak, pristup može dovesti do neiskorišćenja propusnog opsega zbog koordinatora bez dece, a samim tim i do ograničenja u skalabilnosti.

Treće rešenje adresira propuste oba prethodna rešenja primenom TDMA pristupa za zakazivanje *beacon*-a i aktivnih perioda [18]. Kao rezultat izbegavaju se kolizije dok nepotrebno rasipanje propusnog opsega ograničeno čak i u gustim WSN. Osim toga, dve distribuirane strategije (nasumična i pohlepna) su razvijene i pokazane kao efikasane i jednostavne. Obe strategije zahtevaju znanje o susedstvu na dva skoka koje je dostupno kroz lokalnu i ograničenu razmenu kontrolnih paketa. Slučajni pristup predlaže veoma naivan i jednostavan mehanizam gde svaki koordinator nasumično bira jednu komunikacionu ćeliju za svoj *Superframe* izbegavajući ćelije od svojih roditelja. Pohlepni pristup izbegava interferenciju sa svim

koordinatorima udaljenim dva skoka. Ako su sve ćelije zauzete (na primer, gusta mreža), čvor izbegava kolizije sa koordinatorima koji imaju pridruženu decu. Oba mehanizma su pokazala da postižu stabilnost (konvergencija ka dozvoljenom stanju u konačnom broju koraka).

IEEE 802.15.4e ide jedan korak dalje ka efikasnom planiranju rasporeda kroz zajedničko korišćenje TDMA i FDMA pristupa. Ćelija (dublet vremenskog perioda i frekventnog kanala) nudi visoko efikasnu komunikaciju bez kolizija u topologijama sa više nivoa. Ipak, sam mehanizam za zakazivanje (dodeljivanje para čvorova određenoj ćeliji) je van ingerencije 802.15.4e.

Zakazivanje samo po sebi nije trivijalan zadatak, posebno kada su u pitanju WSN i IoT. Problem postaje još veći kada se radi o dinamičnim mrežama gde su topologija menja tokom vremena (na primer, zbog mobilnih čvorova ili nestabilnih bežičnih veza). Efikasno planiranje rasporeda je veoma zavisno od nekoliko aspekata i ne pripada nužno jednom protokolarnom sloju. Nedavno je osmišljavanje planiranja rasporeda pripisano radnoj grupi 6TiSCH u okviru IETF.

Želimo da istaknemo neke od aspekata koje treba uzeti u obzir zarad efikasnog algoritma za planiranje rasporeda:

- Svest o **inerferenciji u susedstvu** predstavlja kamen temeljac za svaki efikasan algoritam za planiranje rasporeda. Mehanizam za mapiranje interferencije trebalo bi prvenstveno da bude uspostavljen na 802.15.4e sloju, gde trenutno nije dostupan.
- **Formiranje topologije** u RPL-u bi obavezno trebalo da oslika odluke donete pri planiranju rasporeda komunikacije. Putanja rutirana kroz omiljenog roditelja je potrebno da ima rezervisan dovoljan broj posvećenih komunikacionih ćelija. Čvrsta saradnja i razmena informacija sa RPL je potrebna da bi se blagovremeno odrazilo na promenu topologije.
- **Količina saobraćaja** zahtevana na aplikativnom sloju diktira broj potrebnih komunikacionih ćelija. Predviđanje očekivane i merenje stvarne količine saobraćaja su od suštinskog značaja za planiranje rasporeda. U suštini, CoAP može da obezbedi informaciju o traženom i predviđenom saobraćaju (periodični i saobraćaj na zahtev), dok bi RPL mogao da izmeri tekuće stanje i da procenu prošlih trendove na osnovu merenog protoka paketa.
- **Dinamika mreže** (mobilnost čvorova i varijacije radio veze) utiče na planiranje rasporeda jer je potrebno uzeti u obzir stalne promene da bi se optimalno odgovorilo na iste. Algoritam za zakazivanje bi trebalo da imaju solidnu razmenu informacija sa ND mehanizmom.

Planiranje rasporeda u okviru TSCH protokola je moguće obaviti na više načina: distribuiran i centralizovan. Skorašnja literatura obiluje mnogobrojnim algoritmima za zakazivanje i uglavnom su proizvod truda 6TiSCH radne grupe.

TASA [29] nudi tipičan centralizovani algoritam gde jedan centralni čvor (koren DODAG-a) prikupi celokupnu

informaciju o topologiji, izradi raspored komunikacije i na kraju prosledi svim čvorovima tačan raspored ćelija. TASA uzima u obzir uprošćeni model saobraćaja gde svaki čvor proizvodi u proseku istu količinu MP2P saobraćaja. TASA je adaptiran za poprilično statične mreže jer je raspored potrebno preračunati svaki put kada dođe do promene topologije ili obima saobraćaja.

DeTAS [30] ide korak dalje i predlaže distribuirani algoritam. DeTAS izgrađuje optimalan raspored bez postojanja kolizija za 802.15.4e TSCH mreže na više nivoa. DeTAS slično ostalim distribuiranim algoritmima razmenjuje ograničenu količinu kontrolnih paketa između suseda. Roditelji mogu lokalno da procene saobraćaj u svojim podstablama na osnovu pretvostavke o periodičnom saobraćaju. Dodatno, DeTAS uzima u obzir stanje lokalnih redova čekanja i izbegava zagušenja i prelivanje bafera (*buffer overflow*) tako što naizmenično raspoređuje ćelije za slanje i prijem. DeTAS nadjačava TASA, naročito kad se radi o većim mrežama sa redovima čekanja na približno istom nivou.

Dodatna poboljšanja DeTAS-a bi mogla da uključe QoS (*Quality of Service*) (razmatranje prioriteta saobraćaja npr. kašnjenja sa kraja na kraj), preraspoređivanje opterećenja (*load-balancing*), mogućnost da se koristi više omiljenih roditelja i razmatranje sporadičnog i saobraćaja na zahtev a ne samo periodičan saobraćaj.

4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen kratak pregled trenutnog stanja standardizovanog protokolarnog steka za WSN baziranog na IP. Izdvojili smo neke od kritičnih izazova za svaki pojedinačni sloj koji bi imao koristi od daljeg poboljšanja. Osim toga, kroz diskusiju i argumente smo utvrdili da je potrebno uključiti *cross-layer* razmatranja prilikom osmišljanja daljih poboljšanja u WSN standardizovanom steku - pre svega vezano za formiranje topologije i planiranje rasporeda komunikacije.

Zbog inherentnih propusta bežične komunikacije male snage i neophodnosti za visokom energetsom efikasnošću, nije moguće odvojeno razmatrati mehanizme koji pripadaju jednom određenom sloju a da se ne pomisli kako će se proizvesti uticaj na ukupne performanse. U budućnosti, planiramo da sprovedemo *cross-layer* razmatranja u praksi. Kao prvo, planiramo da predložimo spisak lokalno dostupnih metrika i da na osnovu njih predložimo mehanizam za formiranje topologije. Kao drugo, planiramo da razvijemo mehanizam za planiranje rasporeda komunikacije koji bi se smestio povrhu formirane topologije. Odluke vezane za raspored bi koristile prethodno predložene metrike.

ZAHVALNICA

Autori žele da se zahvale Ministarstvu nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije zato što su omogućili i podržali sredstvima izradu ovog rada. Rad je urađen u okviru projekat Sofia, šifra TR-32043. Projekat Sofia (www.sofia.rs) je počeo januara 2010 i trajaće do juna 2016.

LITERATURA

- [1] K. Ashton, "That Internet of Things' thing" , <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [2] A. Dunkels and J.-P. Vasseur, "IP for Smart Objects," Sept. 2008. IPSO Alliance White Paper, available from www.ipso-alliance.org.
- [3] M. Takai, J. Martin, and R. Bagrodia, "Effects of wireless physical layer modeling in mobile ad hoc networks," in *MobiHoc*, pp. 87–94, ACM, Long Beach, CA, USA, 2001.
- [4] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, and T. Berners-Lee, "Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1." RFC 2616 (Draft Standard), June 1999.
- [5] J. Postel, "Transmission Control Protocol." RFC 793 (INTERNET STANDARD), Sept. 1981. Updated by RFCs 1122, 3168, 6093, 6528.
- [6] [6] V. Srivastava and M. Motani, "Cross-layer design: a survey and the road ahead," *Comm. Mag.*, 2005.
- [7] M. Palattella, N. Accettura, X. Vilajosana, T. Watteyne, L. Grieco, G. Boggia, and M. Dohler, "Standardized protocol stack for the Internet of (important) things," *Communications Surveys Tutorials*, vol. 15, 2013.
- [8] F. Meng and Y. Han, "A new association scheme of IEEE 802.15.4 for real-time applications," in *WiCOM'09*, USA, pp. 3432–3436, IEEE Press, 2009.
- [9] N. Karowski, A. C. Viana, and A. Wolisz, "Optimized asynchronous multichannel discovery of IEEE 802.15.4-based wireless personal area networks," *IEEE Transaction on Mobile Computing*, to appear, 2013.
- [10] Zigbee Alliance Standard <http://www.zigbee.org/>, 2005.
- [11] HART: Field communication protocol specification, version 7.4, <http://www.hartcomm.org/>, 2007
- [12] Wireless systems for industrial automation: Process control and related applications, international society of automation (ISA) standard ISA-100.11a," 2009.
- [13] T. Winter, P. Thubert, A. Brandt, J. Hui, R. Kelsey, P. Levis, K. Pister, R. Struik, J. Vasseur, and R. Alexander, "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks." RFC 6550, Mar. 2012.
- [14] R. P. Stanley, "Acyclic orientations of graphs," *Discrete Mathematics*, vol. 306, pp. 905 – 909, May 2006.
- [15] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, and D. Culler, "Transmission of IPv6Packets over IEEE 802.15.4 Networks." RFC 4944
- [16] Z. Shelby, K. Hartke, and C. Bormann, "The Constrained Application Protocol (CoAP)." RFC 7252 (Proposed Standard), June 2014.
- [17] J. Fischl, H. Tschofenig, and E. Rescorla, "Framework for Establishing a Secure Real-time Transport Protocol (SRTP) Security Context Using Datagram Transport Layer Security (DTLS)." RFC 5763 (Proposed Standard), May 2010.
- [18] B. Pavkovic, W.-J. Hwang, and F. Theoleyre, "Cluster-directed acyclic graph formation for IEEE 80215.4 in multihop topologies," in *NTMS, IEEE/IFIP*, 2012.
- [19] A. Brachman, "RPL objective function impact on llns topology and performance," in *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking*, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [20] J. B. R. M. Douglas S. J. De Couto, Daniel Aguayo, "A high-throughput path metric for multi-hop wireless routing," *MobiCom*, 2003.
- [21] I. A. K. Nadeem Javaid, "Performance study of ETX based wireless routing metrics," 2007.
- [22] K. Srinivasan and P. Levis, "RSSI is Under Appreciated," *Proceedings of the Third Workshop on Embedded Networked Sensors*, 2006.
- [23] J. R. . Michele Rondinone, Junaid Ansari and P. Mahonen, "Designing a reliable and stable link quality metric for wireless sensor networks," *REALWSN*, 2008.
- [24] V. L. Pirmin Heinzer and F. Legendre, "Fast and accurate packet delivery estimation based on DSSS chip errors," *INFOCOM*, 2012.
- [25] C. Zhou and B. Krishnamachari, "Localized topology generation mechanisms for wireless sensor networks," in *IEEE GLOBECOM*, USA, December 2003.
- [26] G.-S. Ahn, S. G. Hong, E. Miluzzo, A. T. Campbell, and F. Cuomo, "Funneling- mac: a localized, sink-oriented mac for boosting fidelity in sensor networks," in *SenSys '06*, (NY, USA), ACM, 2006.
- [27] M. D. Francesco, G. Anastasi, M. Conti, S. K. Das, and V. Neri, "An adaptive algorithm for dynamic tuning of mac parameters in IEEE 802.15.4/zigbee sensor networks," in *PerCom Workshops*, pp. 400–405, 2010.
- [28] B. Villaverde, R. De Paz Alberola, S. Rea, and D. Pesch, "Experimental Evaluation of Beacon Scheduling Mechanisms for Multihop IEEE 802.15.4 Wireless Sensor Networks," in *SENSORCOMM*, 2010.
- [29] M. Palattella, N. Accettura, M. Dohler, L. Grieco, and G. Boggia, "Traffic aware scheduling algorithm for reliable low-power multi-hop IEEE 802.15.4e networks," in *IEEE PIMRC*, 2012, Sept 2012.
- [30] G. B. L. A. G. Nicola Accettura, Maria Rita Palattella and M. Dohler, "DETAS: a decentralized traffic aware scheduling technique enabling iot-compliant multi-hop low-power and lossy networks," *WoWMoM*, 2013.
- [31] T. H. Clausen, U. Herberg, M. Philipp, " A critical evaluation of the IPv6 Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks (RPL)", *IEEE WiMob* 2011, Shanghai, China, October 10-12, 2011

SELEKCIJA OBELEŽJA ZA DETEKCIJU FIZIČKIH AKTIVNOSTI MOBILNIH UREĐAJA

FEATURE SELECTION FOR PHYSICAL ACTIVITY DETECTION WITH MOBILE SENSORS

Zoran Ćirović¹, Nataša A. Ćirović²

Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Vojvode Stepe 283, Beograd, Srbija¹
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija²

Sadržaj – U ovom radu je opisana selekcija jednog skupa obeležja zasnovanih na senzorskim signalima prisutnim u većini pametnih mobilnih telefona. Analiza je urađena po vrsti obeležja i po sensorima koji su korišćeni u istraživanju. Dobijeni rezultati pokazuju koja obeležja i koji senzori daju najviše informacija za automatizovano prepoznavanje fizičkih aktivnosti. Na kraju su rezultati verifikovani primenom dva klasifikatora.

Abstract – This paper describes a feature selection of a set based on the sensor signals present in most smart phones today. The analysis is conducted by type of the features and by sensors used in the research. The obtained results indicate which features and sensors provide most information for automated recognition of physical activity. Lastly, the results are verified by applying two classifiers.

1. UVOD

Poslednjih godina sve je više aplikacija za pametne telefone koje doprinose zdravijem načinu života. Za što bolji rad takvih aplikacija od velikog značaja je detekcija fizičke aktivnosti korisnika. Imajući u vidu najčešće senzore u današnjim mobilnim telefonima ispitivanje je rađeno na signalima senzora koji su prisutni u praktičnim uređajima, [1]–[3].

Prosečan pametni telefon danas ima 3 ili 4 senzora. Nešto bolji modeli imaju ih i više. Na primer, Samsung Galaxy S4 sadrži: 1) senzor gestikulacije, 2) senzor blizine, 3) žiroskop, 4) akcelerometar, 5) geomagnetski senzor, 6) temperatura/vlažnost, 7) barometar, 8) seznor poklopca, 9) RGB senzor (intenzitet izvora svetla). A već u narednom modelu, Galaxy S5, dodati su još dva: 10) senzor brzine otkucaja srca i 11) senzor otiska prsta.

Velika popularnost aplikacija koje koriste prepoznavanje fizičke aktivnosti, imala je za posledicu razvoj velikog broja ovakvih aplikacija, pa i objavljivanje prvih javno dostupnih baza namenjenih istraživanjima u ovoj oblasti, [4]–[6].

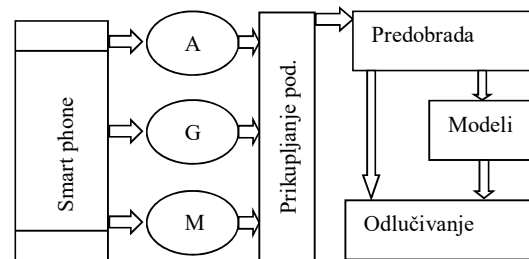
U ovom radu su proučavani signali tri senzora: i) akcelerometar (A), ii) žiroskop (G) i iii) geomagnetski senzor (M) sa aspekta statističkih osobina jedanaest različitih obeležja za prepoznavanje fizičkih aktivnosti. Rezultati istraživanja daju procenu izbora optimalnih obeležja, odnosno senzora u odnosu na skup polaznih obeležja.

Za istraživanje je korišćena javno dostupna baza uzoraka mHealth, [4], koja sadrži signale od više senzora koji su

pričvršćeni na različitim pozicijama na korisniku. Analiza doprinosa obeležja je urađena: (i) po vrsti i (ii) po poziciji senzora korišćenih u bazi. Na kraju je urađen test prepoznavanja pomoću dva klasifikatora: (i) naivni Bajes, odnosno (ii) k-najbližih suseda (k-NN), kojima je verifikovan doprinos selekcije obeležja u pogledu smanjivanja greške detekcije, a ujedno i robustnosti detekcije.

2. PREDOBRAĐA

Blok dijagram obrade podataka je prikazan na Slici 1. Senzorski signali se najpre prikupljaju, a zatim, u delu za predobradu, transformišu u vektore obeležja koji su pogodniji za dalju obradu. U daljoj obradi se vektori obeležja koriste: (i) u fazi obučavanja - za modelovanje, odnosno (ii) u fazi testiranja - za odlučivanje.



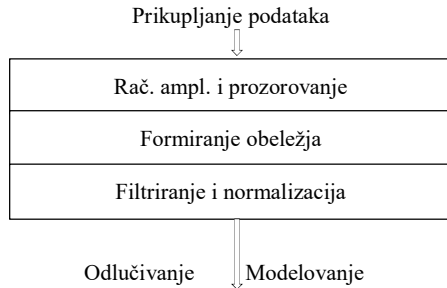
Slika 1. Blok dijagram obrade podataka

Od svakog senzora prikuplja se po tri signala duž svake ose koordinatnog sistema. Koordinatni sistem svih senzora je isti kao i standardni koordinatni sistem telefona. Tako akcelerometar meri ubrzanje duž x,y,z osa, uz obaveznu primenu jednog niskopropusnog filtera sa graničnom učestanošću od 0.25Hz kako bi se eliminisalo ubrzanje koje je posledica gravitacione sile u odnosu na linearno ubrzanje. Žiroskop meri brzinu rotacije oko osa senzora. Geomagnetski senzor daje podatke orijentacije senzora u odnosu na geomagnetsko polje.

Apsolutna vrednost signala senzora, odnosno korišćene jedinice mere dobijenih signala nisu od značaja za postupak detekcije. U postupku predobrade obavezno se vrši normalizacija svih vrednosti, a takođe se umesto nezavisnih vrednosti po koordinatama koristi jedna vrednost amplitude, Slika 2.

Nakon formiranja amplituda, dobijene vrednosti se grupišu u frejmove određene dužine, vrši se tzv. prozorovanje na intervalu dovoljno dugom da bi se registrovale statističke pravilnosti. Dužina frejma zavisi od prirode detektovane

fizičke aktivnosti i učestanosti odmeravanja. Kada se radi o skupu aktivnosti baze uzoraka koja je korišćena u ovom ispitivanju, vreme potrebno za detekciju obeležja fizičkih aktivnosti je od 1 sek do 3 sek. Da bi se prozorovanjem obuhvatile sve promene, obavezno se vrši preklapanje susednih prozora, obično na pola.



Slika 2. Postupak predobrade signala

Skup statističkih obeležja zavisi od izbora senzora, detektovane aktivnosti, [1]-[8]. Imajući u vidu objavljene naučne rezultate sličnih istraživanja, određen je polazni skup od jedanaest obeležja koji je i prikazan u Tabeli 1.

Tabela 1. Skup analiziranih obeležja

	Opis
Avg	Srednja vrednost na prozoru
Std	Standardna devijacija na prozoru
Skewness	$SK = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x_i - Avg}{Std} \right)^3$
Kurtosis	$K = \frac{n(n+1) \sum (x_i - Avg)^4 - 3 \left(\sum (x_i - Avg)^2 \right)^2 (n-1)}{(n-1)(n-2)(n-3) Std^4}$
Min	Minimalne vrednosti na prozoru
Max	Maksimalne vrednosti na prozoru
Cep	$ift(\log(abs(fft(signal))))$ Prvih 5 keprstralnih koeficijenata

3. SELEKCIJA OBELEŽJA

Najjednostavnija metoda selekcije je putem iscrpne pretrage proveravajući sve moguće kombinacije obeležja. Međutim, u praktičnim primenama ovo je retko moguć slučaj. Na primer, u istraživanju koje smo izveli broj obeležja je 77, a rangirali smo 15 najboljih. Broj svih mogućih podskupova obeležja je tako veliki da je ova pretraga praktično neupotrebljiva. Zato se koriste znatno efikasniji postupci pretrage - suboptimalni.

A. Fišerov koeficijent diskriminacije

Fišerov koeficijent diskriminacije (*Fisher's Discriminant Ratio - FDR*) predstavlja jednu od mera koja se uspešno koristi za meru diskriminacionih svojstava određenih obeležja dve jednakoverovatne klase, [9], [10]. Ovaj koeficijent je nezavisan od tipa raspodele klasa i definiše se kao:

$$FDR = \frac{(m_1 - m_2)^2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \quad (1)$$

gde su m_1 odnosno m_2 srednje vrednosti, a σ_1^2 odnosno σ_2^2 varijanse obeležja za dve klase.

B. Kriterijum selekcije

Fišerov koeficijent diskriminacije ne uzima u obzir kroskorelaciju između obeležja. Jedna prilagođena tehnika odabira obeležja koja koristi i kroskorelaciju, [11], je kombinacija *FDR* koeficijenta i J_3 kriterijuma.

Kriterijum J_3 se u slučaju jednako verovatnih klasa, definiše sa:

$$J_3 = \text{trac} \left(\frac{\sum_{i=1}^c (m_i - m_0)(m_i - m_0)^T}{\sum_{i=1}^c C_i} \right) \quad (2)$$

gde je $m_0 = \sum_{i=1}^c m_i$ ukupni vektor srednjih vrednosti, C_i je kovarijansna matrica za klasu i . Velika vrednost za J_3 pokazuje da postoji mala varijansa elemenata iste klase, a velika varijansa između elemenata različitih klasa.

C. Pretraga obeležja

Pretragom treba da se omogući pravilna selekcija obeležja iz ukupnog skupa razmatranih. Prednosti primene tehnika selekcije su: (i) pojednostavljenje modela, (ii) efikasija upotreba modela kako pri dugotrajnom treniranju tako i pri testiranju odnosno eksploataciji, (iii) ističe se generalizacija obeležja, povećava robusnost i istovremeno smanjuje uticaj prekomernog treniranje modela (engl. *overfitting*).

Postoji više tipova selekcije obeležja koje su zasnovane na: 1) filtriranju, 2) omotačima i 3) ugrađenim metodama, [11]-[13]. Optimalne metode selekcije obično su u praksi neizvodljive zbog previše kompleksnosti. Zato se najčešće koriste neke suboptimalne tehnike primenom gramzivih algoritama.

U ovom radu je urađena analiza obeležaj primenom jedne od metoda pretrage - sekvencijalnom pretragom unapred (*Sequential Forward Selection - SFS*). Postupak pretrage je iterativni. U svakom koraku se bira najbolja karakteristika prema odgovarajućem kriterijumu, a polazi se od praznog skupa. Kao kriterijum može da se uzima tačnost klasifikacije ili *FDR*. Alternativno, moguće je početi s punim skupom, a onda iterativno izbacivati najlošije (engl. *Sequential Backward Selection - SBS*) metoda. Postoji i metoda plutajuće pretrage (*Sequential Floating Forward Search - SFFS*) koja koristi oba pravca pretrage.

Radi poređenja kompleksnosti u ispitivanju koje je urađeno za 77 obeležja pri odabiru svega 4 najbolja trajanje na računaru N551JX sa 17 procesorom je: (a) potpuna pretraga je trajala više od 11min (b) *SBS* - 25sek (c) *SFS* i *SFFS* 1 sek. Za slučaj izbora 10 najboljih primenom standardnih

računara jedino ima smisla koristiti neku od suboptimalnih pretraga.

4. BAZA UZORAKA

Za istraživanje je korišćena baza uzoraka mHealth, [4]. Skup uzoraka baze se sastoji od snimljenih signala sa više senzora pri različitim fizičkim aktivnostima. Uzorci su dobijeni od deset različitih osoba različitog profila prilikom obavljanja 12 fizičkih aktivnosti. Opis svih aktivnosti je dat u Tabeli 2. Senzori su postavljeni na: grudima, levom ručnom zglobu i desnoj podlaktici, na način opisan u Tabeli 3. Svi signali su dobijeni odmeravanjem 50 Hz. Uzorci su dobijeni pomoću senzora Shimmer, koji mogu da mere vitalne parametre zdravlja i prate fizičku aktivnost. Ova skup je već korišćen za komercijalni razvoj platforme mHealthDroid, [14].

Tabela 2. Fizičke aktivnosti

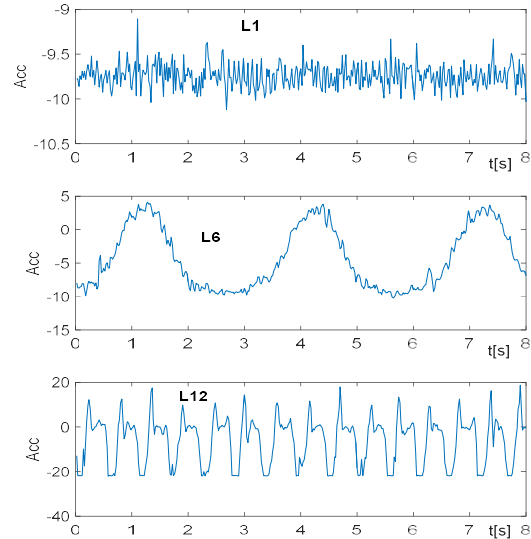
Oznaka	Opis aktivnosti	Trajanje ili ponavljanje
L1	Mirno stajanje	1 min
L2	Sedenje i opuštanje	1 min
L3	Ležanje	1 min
L4	Hodanje	1 min
L5	Penjanje uz stepenice	1 min
L6	Savijanje napred u struku	20x
L7	Podizanje ruku ispred	20x
L8	Čučnjevi	20x
L9	Vožnja biciklom	1 min
L10	Džogiranje	1 min
L11	Trčanje	1 min
L12	Skakanje napred i nazad	20x

Tabela 3. Raspored senzora

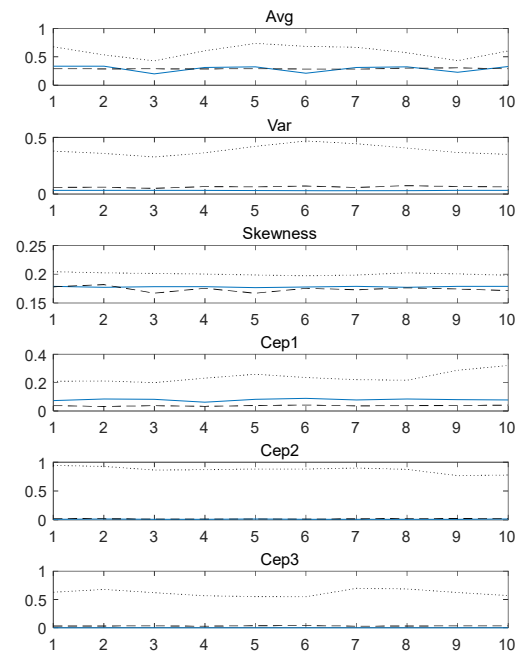
Oznaka	Pozicija	Senzor
Ach	Na grudima	Akcelerometar
Ala	Na levom članku	Akcelerometar
Gla		Žiroskop
Mla		Magnetometar
Arla	Na desnoj podlaktici	Akcelerometar
Grla		Žiroskop
Mrla		Magnetometar

Uzorci dobijeni pomoću akcelerometra koji je pričvršćen za grudi korisnika, za fizičke aktivnosti L1 – mirno stajanje, L6 – savijanje u struku i L12 – skakanje napred i nazad, dati su na Slici 3.

Na slici 4, prikazan je izgled signala nakon predobrade, za iste tri aktivnosti i za istu osobu. Prikazano je 10 prvih vrednosti za šest vektora obeležja: srednja vrednost, varijansa, ukošenost i prva tri kepstralna koeficijenta.



Slika 3. Vremenski oblik signala akcelerometra pozicioniranog na grudima za prvu osobu i za tri aktivnosti L1, L6 i L12



Slika 4. Sekvence 6 različitih obeležja za aktivnosti (i) L1 – puna linija, (ii) L6 – isprekidana linija, (iii) L12 – tačkasta linija

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Predobrada je urađena na frejmovima trajanja 2 sek. tj. dužine 100 odmeraka, sa preklapanjem na pola. Senzorski signali dobijeni po 3 ose su najpre zamenjeni amplitudama, a zatim na svakom frejmu je generisano 11 različitih obeležja prema Tabeli 1. Pošto je korišćeno 7 senzora, po

jednom frejmu je generisano ukupno 77 različitih obeležja. Takođe, urađena je i normalizacija svih obeležja tako da srednja vrednost bude nula, a varijansa jedinična.

Zatim, pomoću *SFS* pretrage određen je set najboljih parametara za određeno prepoznavanje. Test je rađen tako što se za svaku fizičku aktivnost definiše najbolji skup u odnosu na sve ostale aktivnosti zajedno.

Pretraga je rađena za 15 najboljih karakteristika i one su grupisane:

- 1) po vrsti obeležja, odnosno
- 2) po senzoru.

Dobijeni rezultati su prikazani u dve tabele. U redovima tabela su fizičke aktivnosti, a u kolonama selekcija obeležja odnosno selekcija senzora. Vrednost u ćeliji je broj pojavljivanja obeležja ili senzora u skupu najboljih od ukupno 77. U Tabeli 4 je prikazano koliko se puta među najboljim obeležjima nalazi određeno za neku aktivnost. U Tabeli 5 je prikazan optimalni skup senzora za svaku od navedenih aktivnosti.

Tabela 4. Matrica najboljih obeležja

	μ	Σ	S	K	Min	Max	C1	C2	C3	C4	C5
L1	1	1	0	1	1	0	2	3	2	2	2
L2	3	1	2	1	0	1	4	3	0	0	0
L3	0	1	0	0	2	2	3	2	1	3	1
L4	2	3	0	2	2	1	2	1	1	1	0
L5	3	1	1	0	3	1	3	0	3	0	0
L6	0	0	3	2	1	0	2	3	1	2	1
L7	0	0	1	0	1	1	5	2	1	1	3
L8	0	0	2	3	1	1	1	4	1	2	0
L9	0	2	0	0	0	3	3	2	2	2	1
L10	0	4	1	1	2	2	2	2	1	0	0
L11	2	4	1	1	1	4	1	0	1	0	0
L12	2	5	1	0	1	1	1	3	0	1	0

Tabela 5. Matrica najboljih senzora

	Ach	Ala	Gla	Mla	Arla	Grla	Mrla
L1	6	2	0	0	2	4	1
L2	5	3	0	2	2	2	1
L3	6	2	0	1	2	3	1
L4	1	1	6	1	2	3	1
L5	2	2	5	1	1	2	2
L6	0	4	5	2	3	1	0
L7	3	6	2	0	1	3	0
L8	0	3	3	2	3	2	2
L9	2	5	2	2	1	3	0
L10	2	3	3	1	2	4	0
L11	2	1	4	2	2	4	0
L12	1	4	2	1	4	3	0

Za proveru tačnost korišćena su dva klasifikatora: a) Naivni Bajesa, odnosno b) k-NN klasifikatorom. Modeli su obučavani na 5 uzoraka, a test na preostalim 5. Tačnost je

merena za svaki frejm obeležja i dobija se ukupna tačnost za svih 12 aktivnosti: a) 70,46 %, b) 81,36% za 3 centroida.

Zatim je urađena koliziona matrica za klasifikator a). Slični rezultati se dobijaju za oba klasifikatora, pa nema potrebe da ih prikazujemo. Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 6. Jasno se uočavaju najproblematičnije aktivnosti za prepoznavanje. Očekivano veliki problem prepoznavanja nastaje na grupi aktivnosti koje su zasnovane na mirovanju: L1 – mirno stajanje, L2 – sedenje i opuštanje i L3 – ležanje. Takođe se uočava sličnost između: L10 – džogiranja i L11 – trčanja, odnosno: L6 – savijanja u struku i L8 – čučnjevi. Ove kolizije su potpuno očekivane s obzirom na izbor senzora i da bi za povećanje tačnosti svakako bilo potrebno dodati neki sasvim drugačiji podatak od korišćenih senzora. To može biti orijentacija telefona ili posebno korišćenje signala senzora po osama ili nešto drugo.

Tabela 6. Koliziona matrica

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
L1	303	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0
L2	302	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
L3	243	61	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
L4	1	0	0	297	12	0	0	0	0	0	0	0
L5	1	0	0	0	309	0	0	0	0	0	0	0
L6	1	0	0	0	0	170	0	112	0	0	0	0
L7	1	0	0	1	0	11	282	0	0	0	0	0
L8	1	0	0	0	4	0	0	289	0	0	0	0
L9	1	0	0	0	66	0	0	26	215	0	0	0
L10	1	0	0	6	0	0	0	0	0	240	62	0
L11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23	284	0
L12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	43	24	36

Na osnovu ovoga moguće je posebno izvršiti prepoznavanje grupa aktivnosti, a zatim bi posebni podsistemi uradili posebno prepoznavanje određenih aktivnosti u okviru grupa.

Ako se prepoznavanje uradi samo na grupi od prve tri aktivnosti tačnost pomoću k-NN klasifikatora je svega 46,75%. Međutim, uvidom u Tabelu 4 odnosno Tabelu 5, ako se samo ukine treći po redu senzor Gla, dobija se tačnost od 58,87% na ove tri aktivnosti. Moguće je ponovo uraditi ispitivanje najboljih karakteristika na podskupu najboljih senzora grupe aktivnosti. Ovo bi svakako doprinelo robustnosti.

Posebno prepoznavanje jedne od aktivnosti u odnosu na preostale urađeno je za svih 12 aktivnosti. Klasifikacija pomoću k-NN klasifikatora pokazala je nešto bolje rezultate. Za k-NN korišćeno je 12 centroida. Rezultati su prikazani u Tabeli 7.

Tabele 7. Pojedinačno prepoznavanje aktivnosti

Akt	Naivni Bajes	k-NN
L1	87.78	97.31
L2	88.32	97.16
L3	89.18	97.31
L4	97.40	96.95
L5	98.45	98.25
L6	98.53	98.17
L7	97.57	98.06
L8	98.71	98.03
L9	97.98	98.35
L10	98.33	98.33
L11	98.50	98.74
L12	98.87	99.10

6. ZAKLJUČAK

U radu je obrađena jedna selekcija obeležja senzorskih signala mobilnih uređaja za detekciju fizičkih aktivnosti. Analizom je obuhvaćeno jedanaest vrsta obeležja na 7 senzora, od toga su 3 akcelerometra, 2 žiroskopa i 2 magnetometra.

Rezultati selekcije prikazani su pomoću matrica najboljih obeležja, odnosno najboljih senzora. Selekcija podskupa najboljih je rađena koristeći sekvencijalnu pretragu unapred. U najkompleksnijem slučaju prepoznavanja, kada je potrebno prepoznati svih 12 različitih fizičkih aktivnosti i kada se koriste svih 11 obeležja, primenom Naivnog Bajesa dobija tačnost od 70,46%, odnosno 81,36% primenom k-NN klasifikatora. Pojedinačno prepoznavanje je znatno bolje i kreće se od 87.78% do 98.87% za Naivni Bajes, odnosno od 96.95% do 99,10%.

Uočene su grupe aktivnosti sa najviše kolizija i pokazano je da je za njih moguće uraditi posebnu detekciju zasnovanu na drugom skupu obeležja, odnosno senzora. Tako je, na primer, uočena grupa aktivnosti L1, L2 i L3 koje se uglavnom zasnivaju na mirovanju ili veoma malom pomeranju senzora. Za tu grupu je selekcijom obeležja ustanovljeno da je moguće izbaciti sve signale jednog senzora i tako dobiti veću tačnost. Selekcijom se svakako dobija i na robustnosti klasifikatora.

Za praktičnu primenu dobijenih rezultata bilo bi dobro izvršiti ispitivanja i na drugim bazama sa više uzoraka kao i pomoću drugih statističkih klasifikatora, recimo zasnovanim na Gausovim smešama ili potpornim vektorima.

U svakom slučaju, dobijeni rezultati omogućavaju dobar izbor skupa obeležja iz skupa analiziranih, u zavisnosti od praktičnih potreba aplikacija koje se zasnivaju na prepoznavanju fizičkih aktivnosti. Rezultati pokazuju i upotrebnu vrednost i tačnost korišćenih metoda, ali i pravce daljeg istraživanja.

LITERATURA

[1] Lockhart, J. W., Pulickal, T. and Weiss, G. M. "Applications of Mobile Activity Recognition", Proceeding

UbiComp '12, Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, pp 1054-1058, 2012.

[2] Kwapisz, J.R., Weiss, G.M. and Moore, S.A. "Activity recognition using cell phone accelerometers", ACM SIGKDD Explorations Newsletter archive Volume 12, Issue 2, pp 74-82, December 2010.

[3] Bisio, I., Lavagetto, F., Marchese, M. and Sciarrone, A. "A smartphone-centric platform for remote health monitoring of heart failure", Int. J. Commun. Syst., Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com), 2014.

[4] Banos, O., Garcia, R., Holgado-Terriza, J.A., Damas, M., Pomares, H., Rojas, I., Saez, A. and Villalonga, C. "mhealthdroid: A novel framework for agile development of mobile health applications", Ambient Assisted Living and Daily Activities. Springer, pp 91-98, 2014.

[5] Altun, K., Barshan, B. and Tunc, O. "Comparative study on classifying human activities with miniature inertial and magnetic sensors", Pattern Recognition Vol. 43, No. 10, pp 3605-3620, 2010.

[6] Baños, O., Damas, M., Pomares, H., Rojas, I., T'oth, M.A. and Amft, O.A. "Benchmark dataset to evaluate sensor displacement in activity recognition", ACM Conference on Ubiquitous Computing, ACM, pp 1026-1035, 22.

[7] Li, M., Rozgica, V., Thatte, G., Lee, S., Emken, A., Annavaram, M., Mitra, U., Spruijt-Metz D. and Narayanan, S. "Multimodal Physical Activity Recognition by Fusing Temporal and Cepstral Information", IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, Vol. 18, No. 4, pp 369-380, 2010.

[8] Pärkkä, J., "Analysis of Personal Health Monitoring Data for Physical Activity Recognition and Assessment of Energy Expenditure, Mental Load and Stress", Thesis for degree of Doctor of Technology, June 2011.

[9] Nguyen, L.T., Zeng, M., Tague, P. and Zhang, J. "Recognizing new activities with limited training data", Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers, Japan, 2015.

[10] Munro, B.H. "Statistical Methods for Health Care Research", Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2005.

[11] Theodoridis, S., Koutroumbas, K., Pikrakis, A. and Cavouras, D. "Introduction to Pattern Recognition: A Matlab Approach", Academic Press, 2010.

[12] Guyon, I., Elisseeff, A. "An Introduction to Variable and Feature Selection", Journal of Machine Learning Research, Vol. 3, pp 1157-1182, 2003.

[13] Burns, A., Greene, B.R., McGrath, M.J., O'Shea, T.J., Kuris, B., Ayer, S.M., Stroiescu, F. and Cionca, V. "Shimmer-a wireless sensor platform for noninvasive biomedical research", IEEE J. Sens., Vol. 10, No. 9, pp 1527-1534, 2010.

5G: Expectations and Technology Evolution

5G: očekivanja i evolucija tehnologije

Igor Tomić¹, Milica Popović²

*Ericsson*¹

*Telekom Srbija*²

Abstract – This paper gives an overview of situation in the market, operator expectations and technology evolution when it comes to mobile wireless systems of the fifth generation.

Sadržaj – U ovom radu biće prikazan pregled situacije na tržištu mobilnih komunikacija, očekivanja operatora i u ovom trenutku poznatih smernica razvoja tehnologije mobilnih sistema pete generacije.

1. INTRODUCTION

Mobile communication has evolved significantly through years. At the beginning, they started in the first generation as analogue voice systems (AMPS/NMT), which evolved in the second generation, when they became digital voice systems (GSM) that later added packet traffic support with GPRS/EDGE. Third generation (UMTS) introduced mobile broadband revolution, providing high data speeds everywhere. 4G systems addressed exponential traffic growth with additional capacity, at the same time further enhancing packet data performance, improving data speeds and reducing latency. After reaching almost 100% human penetration, fifth generation systems will be about Internet of Everything (IoE), connecting billions of devices of very different nature in one single ecosystem together with human users.

Each of the technology generation came approximately ten years after previous, and according to GSMA Intelligence, each of the generation needed approximately 18-19 years to reach full potential (peak saturation). When it comes to 5G systems, trend will be similar. Although first pilot demo network is expected for 2018 (Winter Olympics in PyeongChang, South Korea), first 5G deployment is expected for 2020 (Olympic Games in Tokyo, Japan), ten years after LTE deployment started.

The aim of this paper is to provide an overview of situation in the market and work conducted so far on 5G network development, defined expectations, agreed direction and sketch of the solution that is known at the moment. Chapter 2 will present situation on the market, which will continue with discussion in chapter 3 on operator prospective on expectations and major challenges in deployment. Chapter 4 will deal with spectrum consideration, while chapter 5 will discuss anticipated technology evolution, followed by conclusion.

2. SITUATION IN THE MARKET

The term „5G market“ is already being widely adopted and used, whereas the technology itself is yet to be standardized. What we currently have are huge expectations and industry intellectual efforts, pushing towards the network for all, capable of delivering plus 1Gbps to the user with sub-1ms latency. Moreover, it becomes clear that this network will not be exactly the cellular network as we know it, but rather a mix of radio interfaces, mesh and dedicated networks, working all together. The development is driven by three key application segments, having widely diverse traffic patterns and requirements: mobile broadband (e.g. augmented reality), massive Machine Type Communications (MTC) applications (e.g. tracking) and critical MTC applications (e.g. autopilot).

5G will penetrate every segment of living. Going from M2M, over Internet of Things (IoT), we reached the Internet of Everything (IoE) paradigm of ubiquitous connecting. Following the idea, 5G market would be the market of everything wireless and mutually connected. Nevertheless, many applications that were at first attributed to 5G are actually enabled by evolving LTE, which is still to reach its market potential. Figure 1. [1] shows the mobile connections per technology in Europe, with LTE penetration rapidly increasing in last two years. Figure 1. also suggests a rapid fall of 2G connections, but this is not the case on the world level, due to developing markets.

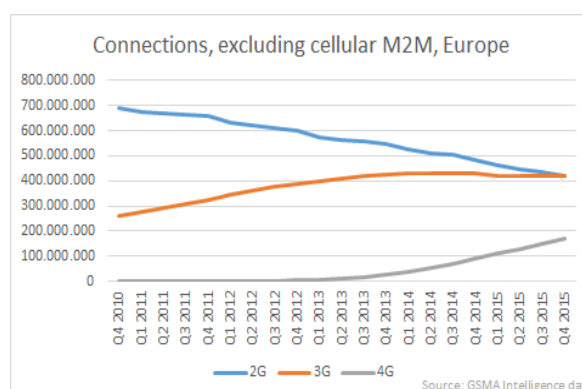


Figure 1. Connections in Europe, excluding cellular M2M

Key element for the adoption of any technology are user devices, and 5G will be no different. However, as it will be discussed later, variety of devices will be much larger,

Mobile data traffic has experienced substantial growth with the introduction of smartphones, and the trend is expected to rise (Figure 2. [2]).

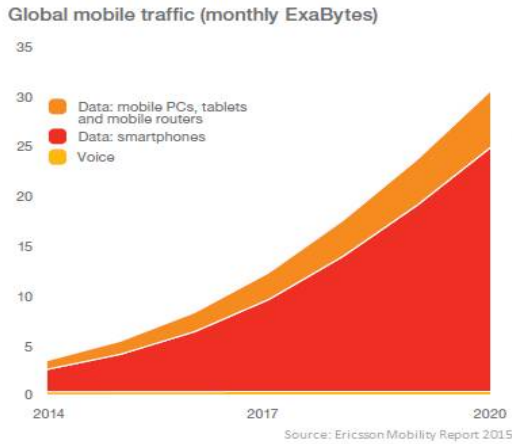


Figure 2. Global mobile traffic

Figure 3. [1] shows the penetration of smartphones in the world, in Europe and in Serbia, with forecast. While Europe follows the same trend as the world, Serbia's overcoming the initial lag.

Current mobile broadband is mostly driven by video and browsing, and according to Cisco [3], mobile video will generate more than 70% of mobile data traffic by 2019 (Figure 4). Cloud applications and services (e.g. Youtube, Netflix) already account for more than 80% of mobile data traffic, and the share is expected to grow to 90% in 2019.

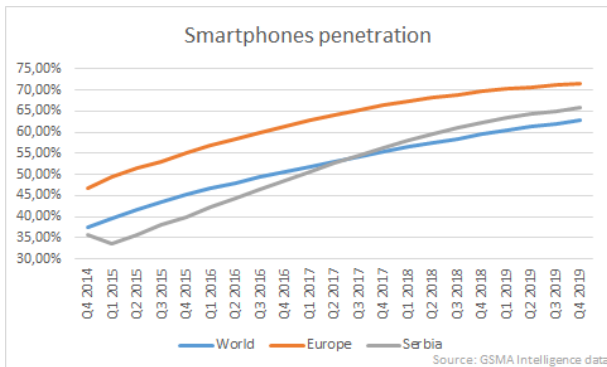


Figure 3. Smartphones penetration, with forecast

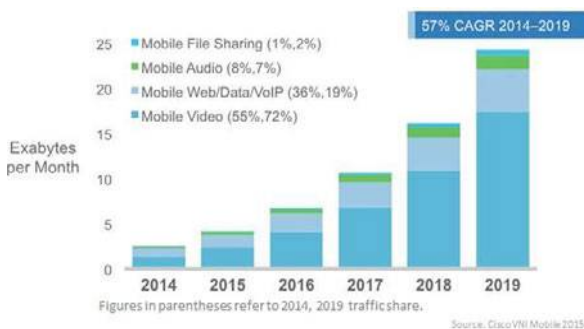


Figure 4. Mobile broadband traffic, with forecast

Concerning the machine-type communications, typical applications are related to „connected“ or „automated“ homes, vehicle telemetry, consumer electronics, health monitoring. These are the massive Machine Type Communications (MTC), typically with low data requirements and not latency-critical, and many currently operate on 2G or 3G networks. The necessity of 5G for such applications is not obvious at the first glance, but looking deeper we do find the issues that cannot be resolved with existing technologies. Apart ones related to coverage and capacity for billions of connected devices, many sensor type devices will have to be of very low cost and to have very low energy consumption, enabling very long battery life. To address such requirements new technology solutions will be needed. At the same time there will be Mission Critical MTC communication use cases, where monitoring and control occur in real-time with high demands for reliability and very low E2E latency requirements - at millisecond levels. Typical MTC applications will be autopilot or solutions for hazardous industry such as mining, and will directly require a new technology.

The important part of the IoT are wearable devices, providing connectivity either through own cellular interface or through another device (e.g. smartphone). Wearables show a great potential with possible applications, but their growth is confined by technology limitations, regulatory constraints and health concerns.

5G systems will have to support different types of communications, and will have to address different requirements coming from different use cases. Figure 5. (source: METIS 2020 project) presents an overview of requirements.

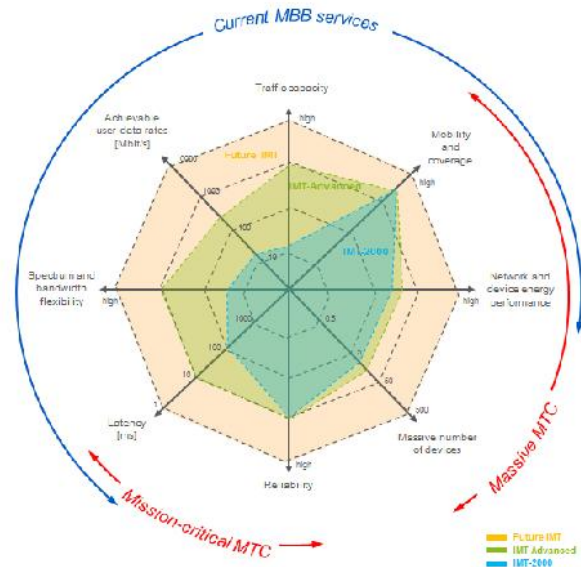


Figure 5. 5G requirements

The true 5G applications would be those requiring sub-1ms latency or throughputs higher than 1Gbps, or both. 5G will be the facilitator for existing applications and an enabler for new ones. It will bring new use cases, which cannot be anticipated, and will require new business

models to be build.

The analysts try to predict the 5G market uptake, but such forecasts abound with uncertainties, as 5G is expected to make the technology shift like neither of the generations before.

3. OPERATOR EXPECTATIONS AND CHALLENGES

In the last few years, the operators have faced the urge for transformation from connectivity provider to digital services provider. Services become everything, connectivity is just implied. The costs of the connectivity, i.e. roll-out and maintenance of network infrastructure, need to be compensated with more than traditional services of voice, data and SMS, in the market of new services ruled by OTT players. Even the connectivity itself is redefined. While operators wait for standardized solutions, with standardization process being somewhat prolonged due to the increase in number of main vendors of equipment and devices, new players exploit the possibilities for more rapid deployments of new solutions. There already are industrial and consumer IoT networks, consumer networks using drones or balloons, WiFi mesh networks [4]. Many consumer devices are already connected, and all these little “islands” with global cellular networks are streaming for the “everything-connected” future.

The choices for an operator with respect to the network itself have never been so wide, with the availability of different technologies, layers (small cells), frequency bands, technology neutrality (same band shared between technologies), and carrier aggregation. Operator strategies depend on many factors including the market and the user structure (spending, devices) i.e. business models, available spectrum (regulatory), backhauling infrastructure, sometimes even a technological “prestige”.

The network is becoming more and more complex, imposing the need for new software tools for its maintenance and self-organizing. The orientation towards the customer implies network optimization on sub-cell level. New services dictate the application coverage to be monitored instead of just network coverage. The introduction of smartphones and new applications required network to adapt, not *vice versa* as before. One of the main requirements for the new network is the support for massive number of devices with different traffic patterns.

Main infrastructure concerns are the acquisition of sites, regulatory issues, and backhauling. Radios are going closer to the user, technology is enabling high throughputs, and although the access equipment is getting smaller and smaller, permits needed significantly delay roll-outs and the strong backhaul cannot be built “overnight”.

The requirements for the new network include coverage, especially indoor, capacity, availability, low power consumption (including long battery life for low power M2M devices) and low EMF exposure [5]. The latter becomes more and more important having in mind the growth of public concern, future billions of connected devices, and wearables.

Pre-5G technology advances include small cells, integration of 3GPP and non-3GPP (mainly WiFi) networks for offload and interworking, cloud-RAN, network function virtualization and software defined networks. LTE is being tried-out in the unlicensed spectrum, and it’s maturing in all of its varieties.

5G will just arrive on top of this. It will arrive with the new radio technology, and it’s becoming clear it will not consist of just one. It will inherit best practices of available networks and radio interfaces. Future mobile device will have its radios turned on, choosing the right network based on availability and applications used.

Key questions for operators are what the users might do over the network satisfying 5G requirements and how to monetize this. The true 5G applications that can be anticipated today include (Figure 6. [6]) virtual reality, augmented reality, immersive or tactile internet, including gaming, wearable technologies and health services, autonomous driving and connected cars, wireless cloud-based office and multi-person video conferencing. Besides these, new use cases are expected to emerge in the following years. Some of these may pose legal questions to be first resolved, such as autonomous driving in case of an accident. As with previous generations, it is difficult to predict the future, as some foreseen “killer” applications failed to be so, and especially in the situation when we do not exactly know how this new technology will look like.

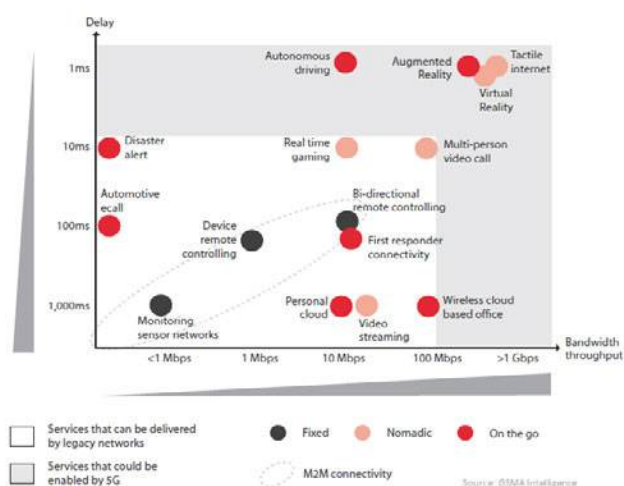


Figure 6. Potential 5G use cases

For certain, 5G will unfold many new use cases, bringing the opportunities and “threats”. The operators are already forced to be more agile in building new business models, trying to keep the pace in the market often by partnering with new players, and to accept that they lose full control

over mobile devices and traffic. The new technology will bring more choices, more complexity, and more means to fight the decrease in revenues.

4. SPECTRUM CONSIDERATIONS

5G networks will continue to cope with traffic data growth. If we analyze Shannon formula for channel capacity:

$$C = BW * \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

where C stands for channel capacity, BW for bandwidth and S/N is signal to noise ratio, we can easily conclude that in order to address the growing traffic, bandwidth expansion is a must. Systems of fourth generation introduced usage of new spectrum, where LTE with OFDM allowed great spectrum flexibility.

In 5G systems there is a strong need to continue with allocation of new spectrum, to further extend traffic capacity and to enable the transmission bandwidths needed to support very high data rates [7]. Of all of the aspects influencing how 5G networks will manage the expected traffic increases, additional spectrum for mobile wireless communication is one of the most critical. Entire frequency range up to approximately 100GHz is considered at this stage. Very large amounts of spectrum and the possibility of very wide transmission bandwidths, in the order of 1GHz or even more, will only be available in frequency bands above 30GHz. However, propagation characteristics and implementation aspects at such high frequencies speak in favor of a more simplified radio-interface structure targeting short-range communication for ultra-dense deployments.

In general, the main concept will be to use available spectrum on lower frequencies for cellular access on wide area of coverage based on evolution of existing technology. It will be complemented by using spectrum on higher frequencies for short range communication, extreme capacity and data rates in dense scenarios, where solution will be designed with less complexity (Figure 7).

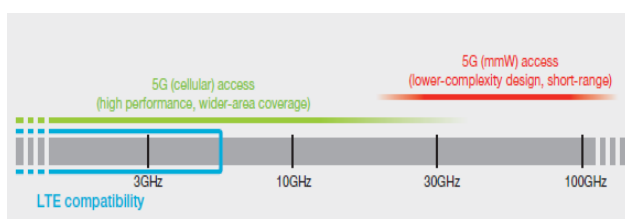


Figure 7. 5G spectrum usage

Spectrum allocation was considered on World Radio-communication Conference 2015 (WRC-15) organized by ITU, held in November 2015. in Geneva. Despite significant efforts from some countries in Europe (mainly Scandinavia), Asia and Africa to seek support for studies of 5G in the frequency bands below 20 GHz, it was not supported. Agenda item (AI) 1.13 is appointed for WRC-

19. The list of frequency bands / ranges to be studied within ITU Radio-communication Sector (ITU-R) for 5G / IMT-2020 in the period leading up to WRC-19 is as follows: 24.25-27.5 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-40.5 GHz, 40.5-43.5 GHz, 45.5-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz and 81-86 GHz.

Unlicensed spectrum is one of the answers for growing need for spectrum, and no doubt it will be in focus. In current releases, the carrier-aggregation framework is used to aggregate licensed and unlicensed spectrum and forms the basis for downlink-focused license-assisted access. In practice, carrier aggregation implies that the same node is handling licensed as well as unlicensed spectrum. A natural enhancement is to extend license-assisted access to build upon the dual-connectivity framework. This will provide additional deployment flexibility as physically separate nodes can handle the two spectrum types. Full support for uplink transmissions in unlicensed spectrum is planned for future releases.

5. TECHNOLOGY EVOLUTION

Although work on definition and design of technical solution for 5G networks is still in progress, some of the main principles are already agreed.

When it comes to radio, what can be expected to be one of the key technical solutions is usage of advanced antenna solutions and beamforming. By focusing on radio transmission from multiple antenna elements using narrow beams, beamforming reduces interference and improves overall system performance. It is very important factor for successful implementation of system operating on high frequency with very challenging propagation patterns, as discussed earlier. On the other hand, implementation of beamforming is easier on higher frequencies, due to fact that demand for antenna elements separation is expressed in wavelengths. Hence antenna size decreases as frequency increases. For example, at frequency higher than 10 GHz, size of antenna with 64 elements (8x8) is only few centimeters (Figure 8).

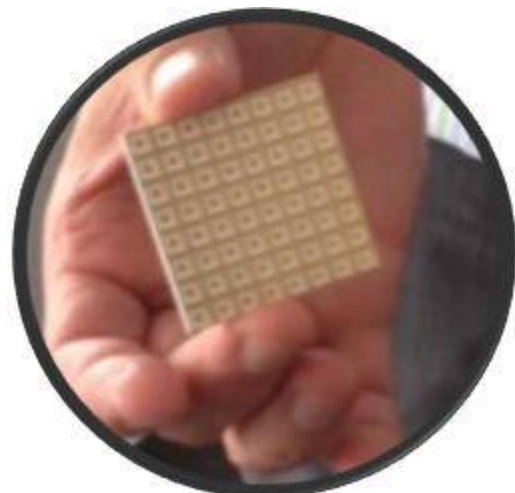


Figure 8. Beamforming antenna with 64 (8x8) elements

Another important aspect of radio interface design is lean design concept, and is based on lessons learnt from 4G systems deployment. Experience from LTE networks performance analysis showed that significant amount of energy was used for reference signal transmission, which are actually not carrying useful information to users. It turned out not to be just waste of energy, but strong interference contributor, limiting network performance [8]. In 5G systems network design principles to obtain high energy performance will be “To only transmit when needed”, which refers in particular to minimized transmissions not directly related to the delivery of user data [9]. Another important aspect of design, as discussed, will be the power consumption for devices with long battery life time requirement (sensors). It will be addressed with design principle “To only be active when needed”, which implies an “always available” approach with dynamic activation from “inactivity” and default state.

As discussed in spectrum consideration chapter, lower frequencies will be used for wide area coverage, while higher frequency will be used for shorter range communications. Expectations are that introduction of small cells and heterogeneous networks will be important part of the network evolution. From radio interface prospective, 5G will consist of LTE evolution, operating on lower frequencies, together with a new radio-access technology (Ericsson named it “NX”) for high frequency. When it comes to LTE evolution, some of the most important areas are: further latency reduction (to 1ms), introduction of non-licensed spectrum, improvements related to MTC devices (i.e. sleep mode due to power consumption issues and low complexity for reduced device cost), massive MIMO... On the other hand, new radio technology will go beyond the LTE evolution and not take backwards compatibility into account. However tight interworking between LTE and new radio access technology will play an important role. Such interworking is much tighter than ‘traditional’ handover, but will be rather part of the scheduler, build on frameworks similar to carrier aggregation or dual connectivity in LTE.

Technology evolution from one generation to another was up to 4G mainly bringing significant changes in the area of radio interface. It was due to the fact that radio interface was traditionally bottleneck of the system. However, starting with LTE introduction, a lot of challenges were found on transport and core network side. Generally speaking, potential issues are more and more shifted towards E2E performance. Speaking about next evolution step from fourth to fifth generation, significant technology evolution is expected on the network side.

As 5G networks are supposed to support large variety of different users with diverse requirements, network slicing is new trend to be used in system design [10]. Network Slicing is a mechanism that could be used by operators to support multiple ‘virtual’ networks behind the air interface across the fixed part of the mobile operator’s network, both backhaul and core. It will enable operators to provide networks on an as-a-service basis and meet the wide

range of use cases that the 2020 timeframe will demand. Network slicing will be implemented by using Network Functions Virtualization (NFV), Software Defined Networking (SDN) and Network Orchestration.

6. CONCLUSION

5G research has been heavily supported across the globe (e.g. H2020 etc), the standardization is just beginning, and the deployment is expected in 2020. However, the reality might speed up the plans, as Verizon announced “some level of commercial deployment” to begin by 2017, South Korea hopes for trial in 2018, China’s pushing for aggressive deployment.

The 5G direction will be determined by main industry players, standardization, regulations and global market, whereas the operators will embrace it depending on individual markets and business models, available spectrum, infrastructure, and devices. One of the main challenges for operators will be to choose the right technology combinations in the right time. 5G’s capabilities are expected to be the economy booster, supported by advanced ICT, fostering more partnerships in the rich ecosystem of service providers.

REFERENCES

- [1] GSMA Intelligence, www.gsmainelligence.com
- [2] Ericsson Mobility Report, June 2015, www.ericsson.com
- [3] Cisco VNI Mobile, 2015, www.cisco.com
- [4] GSMA Global Mobile Radar, December 2015, www.gsmainelligence.com
- [5] Glišić S. “Advanced Wireless Networks – 5G/6G Joint Design of Technology and Business Models”, Telfor 2015, Beograd, 2015.
- [6] GSMA Intelligence analysis, “Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile“, December 2014.
- [7] 5G Vision, The 5G Infrastructure Public Private Partnership: the next generation of communication networks and services, www.5g-ppp.eu
- [8] Tomić I., Davidović M., Bjeković S. “On the downlink capacity of LTE cell”, Telfor 2015, Beograd, 2015.
- [9] 5G Energy Performance, Ericsson White Paper, April 2015, www.ericsson.com
- [10] 5G Systems, Ericsson White Paper, January 2015, www.ericsson.com

UTICAJ NEIDEALNE ESTIMACIJE KANALA NA PERFORMANSE VIRTUELNIH QOSTBC SISTEMA

TITLE OF PAPER IN ENGLISH

Uglješa Urošević¹, Zoran Veljović¹
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj – U ovom radu je prikazan uticaj neidealne estimacije kanala na performanse virtuelnih QOSTBC (Quasi Orthogonal Space Time Block Coding) sistema. Razmatrane šeme omogućavaju kreiranje virtuelnog 4x1 MISO (Multiple Input-Single Output) kanala. Sistemi uključuju jednu baznu stanicu (BS), jednu relejnu stanicu (RS), pri čemu su obje opremljene sa po dvije antene, i jednu mobilnu stanicu (MS) sa jednom antenom. Simulacioni rezultati pokazuju uticaj neidealne estimacije kanala na BER (Bit Error Rate) performanse.

Abstract - In this paper we present impact of the imperfect channel estimation on virtual quasi orthogonal space time block coding (QOSTBC) performance. The considered schemes are used for creating virtual 4x1 multiple input-single output (MISO) channel. These schemes include one base station (BS), one relay station (RS), both equipped with two antennas, and one mobile station (MS) with a single antenna. The simulation results show influence of the imperfect channel estimation on bit error rate (BER) performances.

1. UVOD

Tokom poslednje decenije, nove bežične aplikacije kao što su video prenos, multimedija i Internet su doveli do potrebe za razvojem bežičnih mreža velikog kapaciteta. MIMO (Multiple Input Multiple Output) tehnologija koja se zasniva na primjeni više antena na prijemnoj i predajnoj strani predstavlja efikasan način da se poboljšaju performanse bežičnih sistema. Tradicionalno MIMO tehnike se ostvaruju primjenom višestrukih antena na predajnoj i prijemnoj strani i poznate su kao kolocirani MIMO. Kolocirane MIMO arhitekture su efikasne za smanjivanje BER-a, povećavanje kapaciteta sistema, spektralne efikasnosti i energetske efikasnosti [1]-[3].

Osim primjene na point-to-point komunikacionim linkovima između MS i BS, MIMO sistemi se implementiraju takođe i distribuirano, sa ciljem unapređenja performansi relejnih mreža, pri čemu svaki čvor može biti opremljen sa samo jednom antenom. Benefiti kolociranih MIMO tehnika mogu biti unaprijeđeni sa distribuiranim ili virtuelnim MIMO tehnikama [4]-[9]. Problem obezbjeđivanja dovoljne prostorne separacije između antena u cilju ostvarivanja nekoreliranih kanala može biti prevaziđen sa virtuelnim MIMO tehnikama.

U ovom radu je predstavljen uticaj neidealne estimacije kanala na performansi virtuelnih QOSTBC sistema koji se

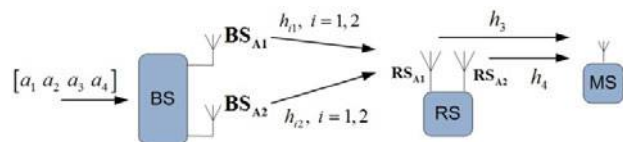
primjenjuju za kreiranje 4x1 MISO kanala. Razmatrani sistemi podrazumijevaju jednu BS, jednu RS sa po dvije antene kao i jednu MS sa jednom antenom. U ovim šemama sa dva hoba procedura na RS je redukovana zahvaljujući izbjegavanju procesa dekodiranja, tj. nema potrebe za detekcijom i dekodiranjem na RS.

Simulacioni rezultati pokazuju uticaj neidealne estimacije kanala na performanse virtuelnih virtuelnih QOSTBC sistema.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon opisa razmatranih sistema u dijelu II, simulacioni rezultati su prikazani u dijelu III. Zaključak je dat u dijelu IV.

2. RAZMATRANI SISTEM

U [4] i [10] je pokazano da se QOSTBC i OSTBC koji su dizajnirani za sisteme sa po četiri predajne antene mogu distribuirano implementirati u sistemima sa jednom BS, jednom RS obje sa po dvije antene, slika 1, gdje je procedura na RS permutacija i prosleđivanje sekvenci simbola. BS transmituje sekvencu simbola dok je MS prima preko jednog RS. Na ovaj način se kreira virtuelni 4x1 MISO kanal.



Slika 1. Razmatrani model sistema

Glavna prednost virtuelnog QOSTBC u poređenju sa OSTBC je kodni odnos, ali sa degradacijom BER performansi kao posledicom većeg kodnog odnosa. U ovom radu je predložena nova šema kodiranja ali sa manjom vjerovatnoćom greške uz kodni odnos 1. QOSTBC za sistem sa četiri predajne antene je dat sa [4]:

$$\text{QOSTBC} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3 & a_4 \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ovdje $a_n, n=1, \dots, 4$, predstavljaju ulazne simbole u QOSTB koder. Kao što se može primijetiti za svaka četiri

ulazna simbola se dobija isto toliko izlaznih simbola na svakoj predajnoj anteni, tj. kodni odnos je 1.

Ovaj kod se može virtuelno realizovati [4], [10].

Za svaka četiri simbola podataka $a_i, i=1, \dots, 4$, BS generiše dvije sekvence simbola:

$$\mathbf{BS}_{A1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{BS}_{A2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Srednja predajna snaga po simbolu je fiksirana sa skalirajućim faktorom $1/\sqrt{2}$. Pretpostavljeno je da su svi simboli iz iste sekvence pod istim uslovima u bežičnom kanalu.

Koeficijent mobilnog kanala između i -te, $i=1,2$, antene na RS i j -te, $j=1,2$, antene na BS je h_{ij} .

Prijemna sekvenca simbola na i -toj RS anteni je:

$$\mathbf{RS}_{Ai_in} = \sum_{j=1}^2 \mathbf{BS}_{Aj} \cdot h_{ij} + \mathbf{N}_{Ri} \quad (4)$$

\mathbf{N}_{Ri} je AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) matrica na i -toj RS anteni:

$$\mathbf{N}_{Ri} = [n_{Ri1} \ n_{Ri2} \ n_{Ri3} \ n_{Ri4}] \quad (5)$$

RS generiše na prvoj anteni sledeću sekvencu:

$$\mathbf{RS}_{A1_out} = \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{RS}_{A1_in} \quad (6)$$

Za drugu antenu RS permutuje prijemnu sekvencu i generiše sledeću sekvencu:

$$\mathbf{RS}_{A2_out} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -\mathbf{RS}_{A2_in}^*(3) & -\mathbf{RS}_{A2_in}^*(4) & \mathbf{RS}_{A2_in}^*(1) & \mathbf{RS}_{A2_in}^*(2) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Srednja predajna snaga po simbolu je fiksirana sa skalirajućim faktorom $1/\sqrt{2}$.

Koeficijenti kanala između prve i druge antene na RS i MS su h_3 i h_4 , respektivno. Prijemna sekvenca na MS je:

$$\mathbf{MS}_{in} = \mathbf{RS}_{A1_out} \cdot h_3 + \mathbf{RS}_{A2_out} \cdot h_4 + \mathbf{N}_{MS} \quad (8)$$

\mathbf{N}_{MS_QOSTBC} je AWGN matrica na MS:

$$\mathbf{N}_{MS} = [n_{MS1} \ n_{MS2} \ n_{MS3} \ n_{MS4}] \quad (9)$$

Uz prikazano distribuirano kodiranje 4x1 MISO kanal se kreira između BS i MS tj.:

$$\mathbf{MS}_{in} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \end{bmatrix} + \mathbf{N} \quad (10)$$

gdje je:

$$\begin{aligned} H_1 &= h_{11}h_3 \\ H_2 &= h_{12}h_3 \\ H_3 &= h_{21}^*h_4 \\ H_4 &= h_{22}^*h_4 \end{aligned} \quad (11)$$

i:

$$\mathbf{N} = \mathbf{N}_{MS} + \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{N}_{R1} \cdot h_3 + \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -n_{R23}^* & -n_{R24}^* & n_{R21}^* & n_{R22}^* \end{bmatrix} \cdot h_4 \quad (12)$$

3. SIMULACIONI REZULTATI

Simulacioni rezultati su prikazani pod pretpostavkom da je između BS i RS kao i između RS i MS mobilni kanal sa Rayleigh-evim fadingom. Takođe, razmatrane su idealna i neidealna estimacija kanala. Pretpostavljeno je nepostojanje direktnog linka između BS i MS.

Za QPSK modulaciju BER performanse u funkciji SNR-a (odnos signal šum) po bitu, su prikazane na slikama 2, 3, 4 i 5.

Na slici 2 je pretpostavljena idealna estimacija kanala. Imperfektna estimacija kanala, slike 3-5, je razmatrana za srednju kvadratnu grešku izraženu u procentima MSPE (*Mean Square Percentage Error*) u vrijednosti od 1%, 3% i 5%. BER performanse zavise kvaliteta estimacije kanala. Može se primijetiti da za MPSE=0% and MPSE=1% postoji mala razlika u zahtijevanom SNR-u.

Uz QPSK modulaciju, MSP=0% i BER= 10^{-5} sa slike 2 se može primijetiti da je razlika u zahtijevanom SNR-u između virtuelnog QOSTBC i QOSTBC oko 2,5dB. U slučaju MSP=1% i BER= 10^{-5} sa slike 3 se vidi da je SNR razlika oko 2dB. U slučaju MSP=3% i BER= 10^{-4} sa slike 4 se vidi da je SNR razlika oko 4dB. Za MSP=5% i BER= 10^{-4} sa slike 5 se vidi da je SNR razlika oko 4,5 dB.

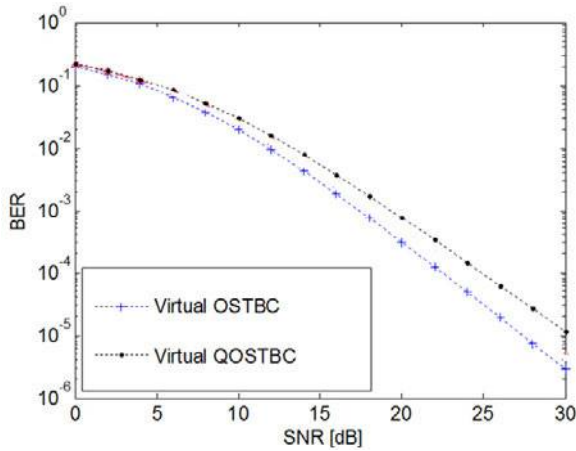


Fig. 2. BER performanse Sistema za MSPE=0%, idealna estimacija kanala, QPSK modulacija

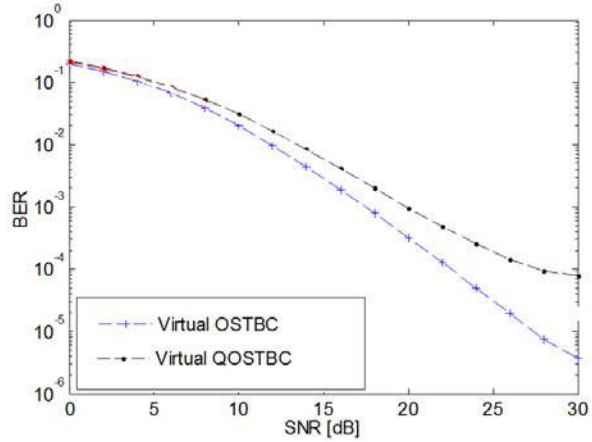
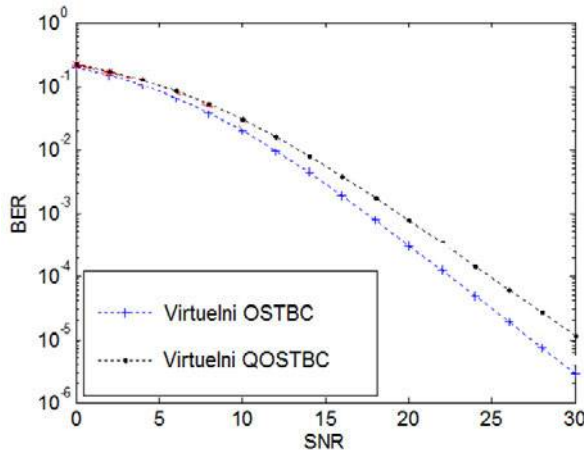
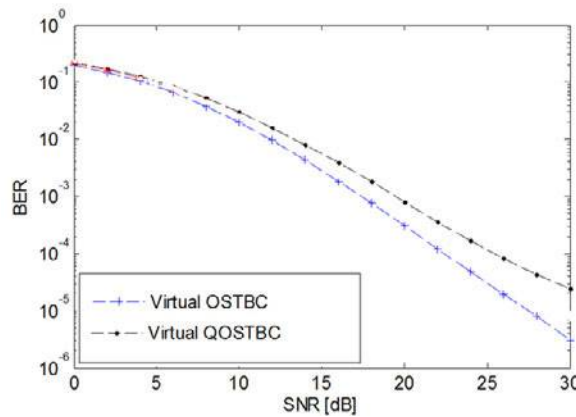


Fig. 5. BER performanse Sistema za MSPE=5%, QPSK modulacija



Slika 3. BER performanse Sistema za MSPE=1%, QPSK modulacija



Slika 4. BER performanse Sistema za MSPE=3%, QPSK modulacija

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan uticaj neidealne estimacije kanala na performanse virtuelnih QOSTBC sistema. Razmatrane šeme omogućavaju kreiranje virtuelnog 4x1 MISO kanala. Sistemi uključuju jednu baznu stanicu, jednu relejnu stanicu, pri čemu su obje opremljene sa po dvije antene, i jednu mobilnu stanicu sa jednom antenom. Simulacioni rezultati pokazuju uticaj neidealne estimacije kanala na BER performanse.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati prezentovani u ovom radu su dio MIMO-CELL istraživačkog projekta finansiranog od strane Ministarstva nauke Crne Gore i Fore-Mont projekta finansiranog od strane EU (Grant Agreement No. 315970 FP7-REGPOT-CT-2013) <http://www.foremont.ac.me>.

LITERATURA

- [1] U. Urosevic, Z. Veljovic, M. Pejanovic-Djurisic, "MIMO Solution for Performance Improvements of OFDM-CDMA System with Pilot Tone," *Wireless Networks*, Volume 19, Issue 8, pp. 2021-2028, November 2013.
- [2] L. Liu, R. Chen, S. Geirhofer, K. Sayana, Z. Shian Y. Zhou, "Downlink MIMO in LTE-Advanced: SU-MIMO vs. MU-MIMO," *IEEE Communications Magazine*, Volume 50, Issue 2, pp. 140-147, February 2012.
- [3] F. Boccardi, B. Clerckx, A. Ghosh, E. Hardouin, G. Jöngren, K. Kusume, E. Onggosanusiand Y. Tang, "Multiple-Antenna Techniques in LTE-Advanced," *IEEE Communications Magazine*, Volume 50, Issue 3, pp. 114-121, March 2012.
- [4] Truong, K.T. ; Sartori, P. ; Heath, R.W., "Cooperative Algorithms for MIMO Amplify-and-Forward Relay Networks," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Volume 61, Issue 5, pp. 1272-1287, March 2013.

- [5] Y. Nam, L. Liu, J. Zhang, "Cooperative communications for LTE-advanced—relay and CoMP," *International Journal of Communication Systems*, August 2012, DOI: 10.1002/dac.2423.
- [6] T. Yamaoka, Y. Hara, N. Fukui, H. Kubo and T. Yamazato, "A Simple Cooperative Relaying with Alamouti Coded Transmission," *IEICE Trans. Commun.*, Volume E95–B, NO.2, pp. 643-646, February 2012.
- [7] C. Woong, "Performance of amplify-and-forward cooperative networks with differential unitary space time coding," *Wireless Networks*, Volume 17, Issue 3, pp. 621-627, April 2011.
- [8] C. He, B. Sheng, P. Zhu, D. Wang, Xiaohu, "Energy efficiency comparison between distributed and co-located MIMO systems," *International Journal of Communication Systems*, March 2012, DOI:10.1002/dac.2345.
- [9] S. Ma, Y. L. Yang and H. Sharif, "Distributed MIMO Technologies in Cooperative Wireless Networks," *IEEE Communications Magazine*, Volume 49, Issue 5, pp. 78-82, May 2011.
- [10] U. Urosevic, Z. Veljovic, M. Pejanovic-Djurisic, "A New Solution for Simple Cooperative Relaying," *Wireless Personal Communications*, DOI 10.1007/s11277-013-1420-5, 2013.

PRIMENA VIRTUELNIH RUTERA I PROTOKOLA VISOKE DOSTUPNOSTI U LAN MREŽAMA APPLYING VIRTUAL ROUTERS AND HIGH-AVAILABILITY PROTOCOLS IN LOCAL AREA NETWORKS

Čedomir Novaković¹, mr Dejan Nemeč²

Mozzart d.o.o.¹

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu²

Sadržaj – U ovom radu opisana je potreba za uvođenjem redundantne komunikacionih uređaja i linkova u LAN mrežama u cilju obezbeđivanja visoke dostupnosti. Izloženi su potencijalni problemi i koncept virtuelnih rutera. Posebna pažnja posvećena je protokolima visoke dostupnosti, koji imaju zadatak da obezbede mehanizam za funkcionisanje redundantnih gejtvej uređaja.

Abstract – This paper describes the necessity of implementing redundant communication devices and links in the local area networks in order to ensure high availability. Potential problems and virtual router concept are presented. Special attention is given to high-availability protocols, which have to provide a mechanism for the operation of redundant gateways.

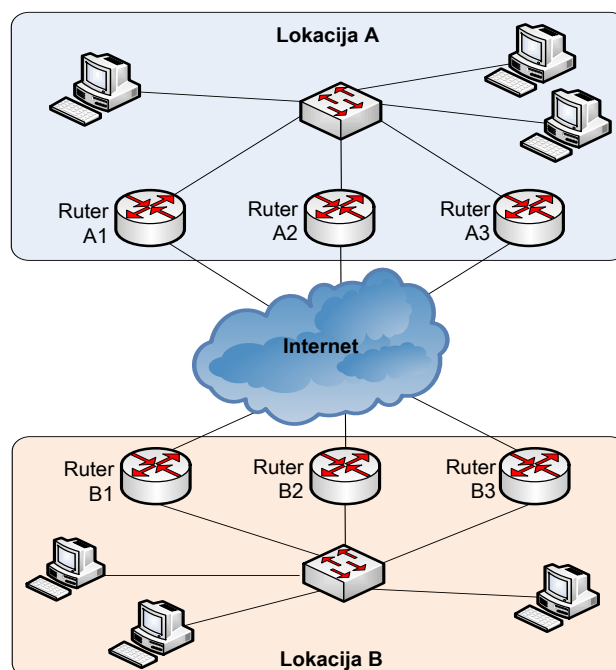
1. UVOD

U današnje vreme sve male firme, velike kompanije i razne ustanove zasnivaju svoj rad na računarskim mrežama i Internetu. Svaka od ovih firmi i ustanova ima neku lokalnu mrežu, LAN (*Local Area Network*), pomoću koje su međusobno povezani krajnji uređaji u toj firmi ili ustanovi. Ti krajnji uređaji mogu biti obični računari, razni serveri (*mail, backup, web...*), mrežni štampači i mnogi drugi specifični uređaji. Da bi firme, kompanije i ustanove komunicirale, saradivale i širile svoje poslovanje one moraju da „izađu“ na Internet.

Zadatak modernih računarskih mreža je da obezbede nesmetanu i neprekidnu komunikaciju kako unutar samih ustanova tako i širom globalne svetske mreže. Mnoge Internet aplikacije su vremenski veoma kritične a svaki minut pa i sekunda mnoge firme može koštati čitavo bogatstvo. Danas se u savremenim mrežama teži postizanju 99,999 % raspoloživosti, tzv. „pet devetki“. To znači da je ukupno vreme u toku jedne godine koje je prihvatljivo da jedna mreža ili uopšte sistem bude van funkcije 5 minuta i 15 sekundi. Da bi se takvo nešto ostvarilo u računarskim mrežama neophodno je uvesti pouzdane i redundantne veze unutar kompanijskih sistema i ka Internetu. To znači da je neophodno uvesti više „paralelnih“ linkova kao i uređaja kojima se mrežni saobraćaj odvija između dve tačke u mreži (Slika 1). Neki od tih linkova i uređaja non-stop rade dok neki rade samo u slučaju otkazivanja drugih.

Kada se fizički obezbedi redundantnost, potrebno je omogućiti da mreža sama iskoristi te prednosti. To znači da mreža treba da bude „pametna“, odnosno da ima mogućnost da se sama prilagođava trenutnoj situaciji. Taj zadatak trebaju da vrše protokoli visoke dostupnosti, napredni protokoli za rutiranje, kao i uređaji na kojima se

oni primenjuju. Svi zajedno su zaslužni za maksimalno iskorišćenje postojećih resursa kako bi se obezbedila neprekidna i kvalitetna konekcija lokalne i globalne mreže. Na taj način krajnji korisnik može da obavlja posao koji je njemu namenjen, a neko drugi treba da vodi računa da on ima stalnu vezu sa „svetom“.

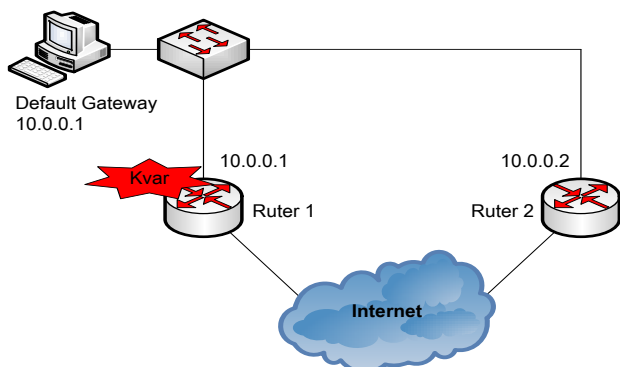


Slika 1. Redundantnost veze ka Internetu

2. PROBLEM PROMENE DEFAULT GEJTVEJA

Kada je konfigurisan jedan *default* gejtvej na računaru, ne postoji način da se postavi drugi tj. rezervni koji bi preuzeo ulogu prvog kada ovaj otkáže, čak i kada postoji rezervna putanja za pakete (Slika 2) [1]. U hijerarhijskom uređenju mreže tzv. troslojnom, obično se između pristupnog (*access*) i distributivnog (*distribution*) sloja, kao i između distributivnog i sloja jezgra (*core*) prave redundantne putanje kako bi se obezbedilo funkcionisanje mreže i u slučaju pada primarnog linka. Kad se desi promena u mreži ruteri na osnovu novodobijenih informacija preko svojih protokola za rutiranje promene putanju preko koje šalju pakete. Problem je kako obavestiti servere, mrežne štampače kao i obične računare (*hostove*) u mreži da treba da promene svoj *default* gejtvej i da šalju podatke ka drugom ruteru. Za razliku od rutera, obično ovi uređaji ne primaju dinamičke informacije o rutiranju koje bi ih obavestile da postoji drugi put ka

Internetu. Oni su statički konfigurisani i nisu svesni promena koje se dešavaju u njihovoj mreži, tako da se ne mogu prilagoditi novonastaloj situaciji.



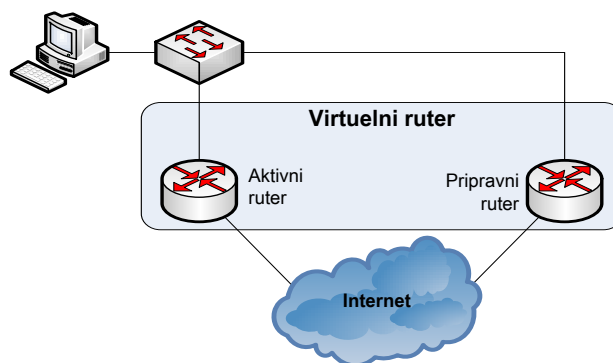
Slika 2. Kvar na *default* gejtveju

3. PROBLEMI SA ARP PROTOKOLOM

Ruteri koriste *proxy Address Resolution Protocol* (ARP) kako bi omogućili da krajnji korisnici (serveri, hostovi...), koji nemaju predstavu o informacijama o rutiranju, dobiju MAC (*Media Access Control*) adresu gejtveja kome će da šalju podatke koji su usmereni na IP adrese koje su van njihove mreže. Ako na primer *proxy* ARP ruter primi ARP zahtev za neku IP adresu za koju on zna da nije sa interfejsa odakle je stigao, on generiše ARP odgovor (*reply*) sa svojom MAC adresom kao odredišnom adresom. Na taj način je izvršio IP u MAC preslikavanje, što je i svrha ARP protokola. Računar koji je poslao ARP zahtev tada sve svoje IP pakete šalje na preslikanu MAC adresu od svog rutera misleći da je to ciljani uređaj. Ovakav proces se nastavlja tokom trajanja veze. Ako taj ruter ispadne iz rada, izvorni računar, onaj koji je poslao paket, i dalje misli da ima konekciju i nastavlja da šalje pakete ka datom ruteru. Ovi paketi su izgubljeni. Tek kada na računaru istekne vreme za koje se smatra da je IP u MAC preslikavanje validno, računar može da pošalje novi ARP zahtev. Ali za sve vreme dok je bila prekinuta veza, računar je slao pakete koji su se izgubili tj. nisu stigli na svoje odredište van lokalne mreže.

4. PRIMENA VIRTUELNIH RUTERA RADI POVEĆANJA DOSTUPNOSTI

Da bi računar bez prekida imao vezu ka Internetu potrebno je da se napravi takozvani virtuelni ruter. Virtuelni ruter predstavlja „iluziju“ za krajnjeg korisnika na lokalnoj mreži. Osnovna ideja je da se grupa redundantnih rutera oglašava sa jednom zajedničkom IP i MAC adresom, koje predstavljaju adrese jedinstvenog virtuelnog rutera. IP adresa virtuelnog rutera je podešena kao *default* gejtvej na korisničkim računarima za određeni segment. Kada treba da se pošalje ram (*frame*) na *default* gejtvej, korisnički računar koristi ARP da bi preveo IP adresu gejtveja u potrebnu MAC adresu. ARP vraća računaru MAC adresu virtuelnog rutera. Ramovi poslani na MAC adresu virtuelnog rutera mogu tada fizički da budu obrađeni od strane aktivnog rutera ili nekog pripravnog (*standby*) iz grupe virtuelnih rutera. Slika 3. prikazuje logičku šemu virtuelnog rutera.



Slika 3. Logički prikaz virtuelnog rutera

Dva ili više rutera koriste protokole da odrede koji fizički ruter je odgovoran za procesiranje ramova poslatih na MAC ili IP adresu jednog virtuelnog rutera. Korisnički računari šalju saobraćaj na adresu virtuelnog rutera. Fizički ruter koji prosleđuje ovaj saobraćaj je transparentan za korisničke računare. Ovakav redundantni protokol obezbeđuje mehanizam koji je u stanju da odluči koji ruter treba da ima ulogu aktivnog rutera za prosleđivanje saobraćaja i kada neki drugi ruter koji je u pripravnosti, iz grupe virtuelnih rutera, treba da preuzme aktivnu ulogu. Ovaj prelazak sa jednog rutera na drugi radi neprekidnog prosleđivanja saobraćaja treba da je neprimetan za korisničke računare. Ruteri u grupi koja se oglašava kao jedan virtuelni ruter, međusobno razmenjuju pakete (*hello* pakete) kojima jedni drugima stavljaju do znanja da su još uvek u funkciji. Po prestanku prijema paketa od trenutno aktivnog rutera, ruter koji je bio u pripravnosti preuzima ulogu aktivnog rutera. Za to vreme krajnji korisnici su svesni samo virtuelnog rutera tako da što se njih tiče oni nastavljaju komunikaciju sa njim i promena aktivnog rutera za njih ne predstavlja problem.

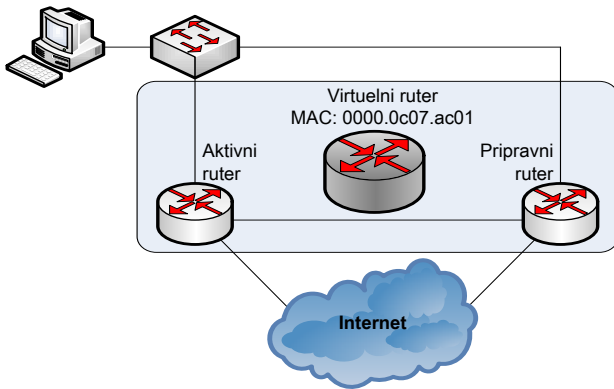
5. PROTOKOLI VISOKE DOSTUPNOSTI

Postoje razni protokoli visoke dostupnosti, tačnije protokoli redundanse gejtvej uređaja, FHRP (*First Hop Redundancy Protocol*), koji funkcionišu na sličan način i implementiraju se na istoj tački u lokalnoj mreži. U okviru ovog rada obradiće se sledeći protokoli visoke dostupnosti:

- HSRP (*Hot Standby Routing Protocol*),
- VRRP (*Virtual Routing Redundancy Protocol*),
- GLBP (*Gateway LoadBalancing Protocol*),
- VRRPE (*VRRP Extended*).

6. HSRP

HSRP protokol je vlasništvo kompanije Cisco (*proprietary protocol*). HSRP definiše grupu pripravnih (*standby*) rutera, sa tačno definisanom ulogom svakog od njih u grupi [2]. HSRP obezbeđuje redundatnost gejtveja deleći IP i MAC adresu među redundantnim gejtvejima. Protokol prosleđuje IP i MAC adrese između dva rutera koji pripadaju istoj HSRP grupi. Slika 4. prikazuje primer mreže sačinjene od HSRP rutera.

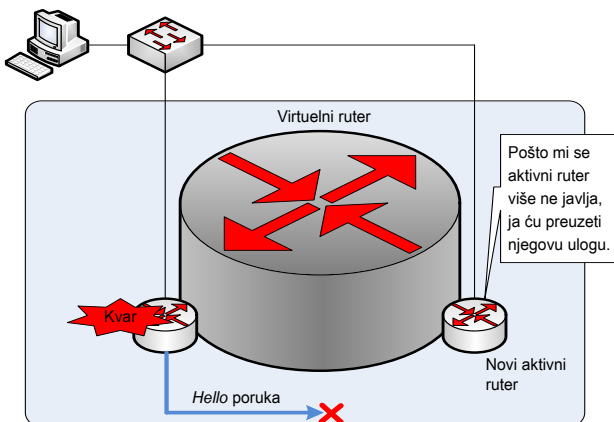


Slika 4. HSRP ruteri

HSRP definiše sledeće članove svoje grupe:

- Aktivni ruter – Aktivni ruter je ruter koji prosleđuje (*forwarding*) pakete u okviru virtuelnog rutera.
- Pripravni (*standby*) ruter – Pripravni (*standby*) ruter je prvi rezervni ili *backup* ruter, koji u slučaju otkazivanja aktivnog preuzima njegovu ulogu. Pripravnih rutera može biti više ali se među njima bira jedan koji je prva zamena.
- Virtuelni ruter – Virtuelni ruter je ono što vidi krajnji korisnik tj. sa kime korisnik komunicira.
- Ostali ruteri – Ostali ruteri su oni koji su prisutni u mreži, ali nisu ruteri koji vrše ulogu virtuelnih rutera.

HSRP pripravni ruter prati operacioni status HSRP grupe i trenutno preuzima odgovornost za prosleđivanje paketa ako aktivni ruter postane neoperativan. I aktivni i pripravni ruter šalju periodične *hello* poruke da bi informisali ostale članove grupe o trenutnim ulogama i statusu. Ove *hello* poruke se šalju na *multicast* adresu 224.0.0.2 na UDP (*User Datagram Protocol*) port 1985. Izvorišna adresa je adresa interfejsa rutera sa kog je poslat *hello* paket. Time ruteri međusobno proveravaju da li je aktivan ruter još u funkciji ili treba pripravni da preuzme ulogu. Slika 5. prikazuje postupak preuzimanja uloge novog aktivnog rutera u mreži.



Slika 5. Preuzimanje aktivne uloge u HSRP grupi

HSRP grupa poseduje i rutere koji su članovi grupe a nisu ni aktivni ni pripravni ruteri tj. nisu u aktivnom ili pripravnom stanju. Ovi ruteri prosleđuju pakete poslate na

njihovu IP adresu ali ne i pakete poslate na adresu virtuelnog rutera. Ovi ruteri osluškiju *hello* poruke koje šalju aktivni i pripravni ruter, da bi se uverili da postoje aktivni i pripravni ruter u HSRP grupi čiji su oni članovi. Uobičajeni interval za slanje *hello* poruka je 3 sekunde. Svaki ruter u HSRP grupi ima takozvani *hold* interval tj. vreme za koje očekuje da primi *hello* poruku od aktivnog ili pripravnog rutera. Ako primi *hello* poruku u okviru tog intervala on smatra da je taj ruter (aktivni ili pripravni) u funkciji tj. da obavlja predviđenu ulogu u HSRP grupi. Ako u datom intervalu ne stigne poruka od aktivnog rutera, pripravni ruter preuzima njegovu ulogu.

Ostali ruteri u grupi biraju među sobom novog pripravnog rutera. Ako aktivni i pripravni ruter zajedno otkazu biraju se novi aktivni i pripravni ruter među ostalim ruterima iz grupe.

Pošto novi aktivni ruter preuzima tj. odgovara na IP i MAC adresu virtuelnog rutera, krajnji sistem (server, korisnički računar...) ne vidi promenu u funkcionisanju mreže. On i dalje šalje pakete, a novi aktivni ruter ih prosleđuje ka njihovoj krajnjoj destinaciji. Na ovaj način korisniku je omogućena neprekidna i pouzdana raspoloživost Interneta.

7. VRRP

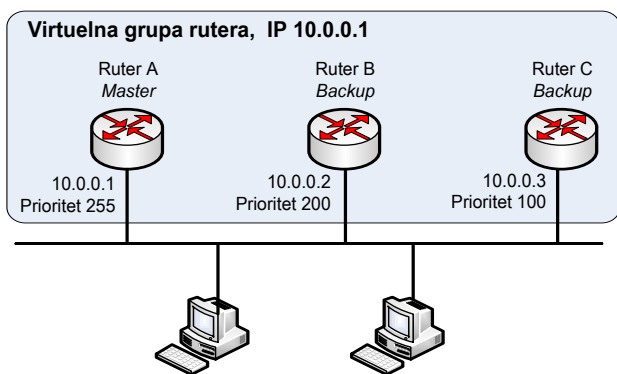
Kao i HSRP, VRRP dozvoljava da grupa rutera formira jedinstveni virtuelni ruter. U jednoj HSRP ili VRRP grupi rutera, jedan je izabran da obradi sve zahteve poslate na IP adresu virtuelnog rutera. U HSRP grupi, to je aktivni ruter. Jedna HSRP grupa ima jedan aktivni, barem jedan pripravni ruter, i najverovatnije više rutera koji su u stanju osluškivanja. VRRP grupa ima jedan *master* ruter i jedan ili više *backup* rutera [3] [4]. Korisnici na LAN mreži su konfigurisani sa adresom virtuelnog rutera kao njihovim *default* gejtvejom.

VRRP se razlikuje od HSRP u sledećem:

- Virtuelni ruter predstavlja grupu rutera, poznatu kao VRRP grupa ili virtuelna grupa rutera.
- Aktivni ruter je definisan kao *master* virtuelni ruter.
- *Master* virtuelni ruter može da ima istu IP adresu kao virtuelna grupa rutera.
- Više rutera može da se ponaša kao *backup* ruteri.
- VRRP je podržan na *Ethernet-u*, *Fast Ethernet-u*, *Gigabit Ethernet-u*, i u *Multiprotocol Label Switching (MPLS)*, *Virtual Private Networks (VPNs)* i *Virtual LAN (VLAN)*.
- VRRP je IETF (*Internet Engineering Task Force*) standard, dok je HSRP vlasništvo Cisco-a.

Slika 6. daje prikaz načina funkcionisanja VRRP protokola. Ruteri A, B, C su članovi VRRP grupe. IP adresa virtuelnog rutera je ista kao adresa LAN interfejsa rutera A (10.0.0.1). Ruter A je odgovoran za prosleđivanje paketa poslatih na ovu IP adresu.

Klijenti na mreži imaju adresu gejtveja 10.0.0.1. Ruteri B i C su *backup* ruteri. Ako *master* ruter otkáže, *backup* ruter sa najvećim prioritetom postaje *master* ruter. Kada se ruter koji je bio *master* povraća u radno stanje on opet preuzima svoju ulogu *mastera*.



Slika 6. Jedna VRRP grupa rutera

VRRP obezbeđuje redundantnost za prave IP adrese rutera ili za virtuelnu IP adresu deljenu između članova VRRP grupe. Ako se koristi adresa sa pravom IP adresom, ruter sa tom adresom postaje *master* ruter. Ako se virtuelna IP adresa koristi, ruter sa najvećim prioritetom postaje *master* ruter za tu VRRP grupu. *Master* ruter koristi VRRP poruke da informiše članove VRRP grupe da je on *master*.

Ako je IP adresa VRRP grupe ujedno i adresa interfejsa člana te grupe, taj član postaje *master* za tu grupu. Njegov prioritet je postavljen na 255. Prioritet *backup* rutera može da varira od 1-254. Podrazumevani prioritet je 100. Vrednost prioriteta 0 ukazuje da je trenutni *master* prestao da učestvuje u VRRP grupi. Ovo podešavanje se koristi da bi se dao signal *backup* ruterima da brzo pređu u stanje *master*-a bez čekanja na period da zastare tajmeri za trenutni *master* ruter.

U VRRP, samo *master* ruter se oglašava (slično kao HSRP *hello* poruke). Oglašavanje se vrši na *multicast* adresu 224.0.0.18, protokol broj 112 u podrazumevanom vremenskom intervalu od 1 sekunde.

Kad *master* postane nedostupan, dinamičko nalaženje novog rutera koristi tri tajmera:

- Vreme oglašavanja – vreme između oglašavanja, podrazumevana vrednost je 1 sekunda.
- *Master* vreme pada – interval koji je potreban *backup* ruteru da proglasi da je *master* otkazao – podrazumevano je 3 x vreme oglašavanja + *skew* vreme.
- *Skew* vreme – obezbeđuje da ruter sa najvećim prioritetom postane novi *master*, računa se kao $(256 - \text{prioritet}) / 256$ ms.

Ako se pravilno ugasi VRRP *master* ruter, on pošalje oglašavanje sa prioritetom 0. Ovaj prioritet daje znak *backup* ruterima da izaberu novi *master* ruter. Time se eliminiše čekanje na *master* vreme pada i skraćuje vreme izbora novog *master* rutera na samo *skew* vreme.

Sledi primer kako funkcioniše VRRP u slučaju pada *master* rutera. Neka postoje tri rutera (A, B, C) članova VRRP grupe.

1. Ruter A je trenutno *master*, tako da je on jedini ruter koji se oglašava u VRRP grupi. Ostali samo slušaju njegova oglašavanja.
2. Ruter A ispadne iz rada tj. otkáže. On prestaje da šalje oglašavanja.
3. Ruter B i C prestaju da primaju oglašavanja od *master* rutera A. Sada čekaju da istekne *master*

vreme pada pre nego jedan od njih postane novi *master*.

4. Pošto je *skew* vreme za ruter sa većim prioritetom manje njemu pre istekne *master* vreme pada. Neka je prioritet rutera B 200, a rutera C 100.
5. Pošto je ruteru B pre isteklo *master* vreme pada on preuzima ulogu *master*-a i počinje tako da se oglašava.
6. Ruter C primi oglašavanje od rutera B, odnosno novog *master* rutera. On resetuje *master* vreme pada i ostaje kao *backup* ruter u datoj VRRP grupi.

8. GLBP

Dok HSRP i VRRP obezbeđuju redundantnost gejtvėja, pripralni ruteri u pripravnoj grupi ne učestvuju u protoku saobraćaja za virtuelni ruter iako su im linkovi možda neiskorišćeni. Samo aktivni tj. *master* ruter za HSRP ili VRRP grupu, prosleđuje pakete namenjene virtuelnom ruteru. Time resursi pripralnih rutera nisu u potpunosti iskorišćeni.

Postoji mogućnost raspoređivanja opterećenja tako što bi se formiralo više grupa i više *default* gejtvėja, ali to bi bilo zahtevno za administraciju.

Cisco je razvio *Gateway Load Balancing Protocol* (GLBP) u cilju omogućavanja automatske selekcije, simultane upotrebe više gejtvėja i automatskog prelaska između ovih gejtvėja [5]. Više rutera dele opterećenje poslaih ramova tj. paketa poslaih od strane klijenata, koji vide jedinstveni *default* gejtvěj.

Sa GLBP, resursi mogu maksimalno da se iskoriste bez administrativnog opterećenja konfigurisanja više grupa sa više *default* gejtvėja, što bi bilo neophodno u slučaju HSRP-a i VRRP-a.

GLBP ima sledeće funkcije:

- Aktivni virtuelni gejtvěj, AVG (*Active Virtual Gateway*) – Članovi grupe biraju jednog člana da bude AVG za tu grupu. Ostali članovi grupe služe kao *backup* ako AVG otkáže. AVG dodeljuje virtuelnu MAC adresu svakom članu grupe.
- Aktivni virtuelni prosleđivač, AVF (*Active Virtual Forwarder*) – Svaki gejtvěj preuzima odgovornost za prosleđivanje paketa poslaih na MAC adresu koju je dobio od AVG-a. Ovi ruteri su poznati kao AVG za njihove virtuelne MAC adrese.
- Komunikacija – Članovi GLBP grupe komuniciraju međusobno koristeći *hello* poruke, koje se šalju na *multicast* adresu 224.0.0.102, UDP port 3222.

GLBP ima sledeće osobine:

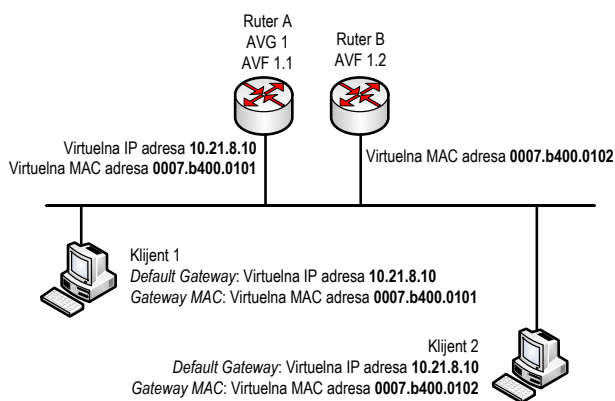
- Deljenje opterećenja – Saobraćaj od klijenata na LAN-u se deli između više rutera.
- Više virtuelnih rutera – Do 1024 virtuelnih rutera (GLBP grupa) može biti na svakom interfejsu rutera i može biti do 4 virtuelnih prosleđivača po grupi.
- Reizbor – Moguće je reizabrati AVG ruter sa većim prioritetom među *backup* ruterima. Reizbor prosleđivača radi na sličan način, osim

što se koristi težina, a ne prioritet. Reizbor prosleđivača je podrazumevano uključen.

- Efikasno korišćenje resursa – Svaki ruter u grupi može da služi kao *backup* ruter, što isključuje potrebu za tačno jednim *backup* ruterom. Time svi ruteri mogu da podržavaju protok saobraćaja u mreži.

GLBP služi da bi se maksimalno iskoristili resursi odnosno linkovi. Deljenjem opterećenja izbegava se mogućnost da dođe do zagušenja. Time se povećava efikasnost i iskorišćenje rutera i *Layer 3* svičeva.

HSRP i VRRP koriste samo jednu putanju. Ostale putanje su neiskorišćene osim ako nisu konfigurisane višestruke grupe i *default* gejtveji. U slučaju velikog opterećenja na aktivnoj putanji mogu da se javi redovi za čekanje sa podacima, jer je možda nemoguće njihovo prosleđivanje. Da bi se ovo izbeglo primenjuje se GLBP. Time se značajno unapređuju performanse mreže. Slika 7. prikazuje kako funkcioniše GLBP protokol.



Slika 7. Prikaz GLBP grupe rutera

GLBP omogućava automatsku selekciju i simultano korišćenje svih dostupnih gejtveja u grupi. Članovi GLBP grupe biraju jedan gejtvej da bude AVG za tu grupu. Ostali članovi služe kao *backup* ako ovaj otkáže. AVG određuje i šalje virtualnu MAC adresu za ostale članove GLBP grupe. Svi ruteri postaju AVF za ramove poslate na tu virtualnu MAC adresu. Kada klijenti šalju ARP zahtev za adresu *default* gejtveja, AVG šalje ove adrese u ARP odgovorima prema klijentima.

GLBP podržava sledeće operacione modove za više rutera koji servisiraju istu IP *default* gejtvej adresu:

- Težinski algoritam raspoređivanja opterećenja – Količina opterećenja usmerena ka ruteru, zavisi od težinske vrednosti oglašene od strane tog rutera.
- Klijentski zavistan algoritam raspoređivanja opterećenja – Klijentu je garantovana upotreba iste virtualne MAC adrese, dok god ta virtualna MAC adresa učestvuje u GLBP grupi.
- “Sledeći na redu” (*Round-robin*) algoritam raspoređivanja opterećenja – Kada klijent pošalje ARP zahtev za prevodom IP adrese *default* gejtveja u MAC adresu, ARP odgovor sadrži adresu sledećeg rutera po *round-robin* principu. Tako se ravnomerno, kružno jedna za drugom šalju MAC adrese *default* gejtveja.

9. VRRPE

Slično GLBP protokolu, prošireni VRRP protokol, VRRPE, uvodi mogućnost raspodele opterećenja između rutera koji su uključeni proces prosleđivanja saobraćaja.

VRRPE definiše jednu virtualnu IP adresu koju povezuje sa više virtualnih MAC adresa [6]. Svakom ruteru u okviru VRRPE grupe odgovara jedna virtualna MAC adresa. Virtualni gejtvej ruter na ARP (u IPv4 mreži) ili ND (*Neighbor Discovery*, u IPv6 mreži) zahteve odgovara sa različitim virtualnim MAC adresama, tako da različiti hostovi saobraćaj šalju preko različitih rutera. Svaki ruter koji je član VRRP grupe može da prosleđuje pakete.

VRRPE je od VRRP protokola nasledio *master/backup* mehanizam. *Master* ruter je odgovoran za dodeljivanje virtualnih MAC adresa ruterima (uključujući i samog sebe), i za prosleđivanje paketa koji stižu od hostova. *Backup* ruteri, s jedne strane su u ulozi rezervnih rutera za *master* ruter, a sa druge strane prosleđuju pakete kao gejtveji. Ruter u okviru VRRPE grupe se može nalaziti u jednom od tri stanja: inicijalizacije, *master* ili *backup*.

Nakon što *master* ruter dodeli virtualnu MAC adresu ruteru iz VRRPE grupe, svaki ruter iz grupe kreira virtualni prosleđivač, VF (*Virtual Forwarder*), kojem odgovara data virtualna MAC adresa. Ruter kojem je dodeljena virtualna adresa naziva se imalac (*owner*) VF-a. VF može da bude u jednom od tri stanja: inicijalizacije, aktivno stanje ili stanje osluškivanja, gde prioritet VF rutera određuje njegovo stanje. VF sa najvišim prioritetom se nalazi u aktivnom stanju, naziva se AVF i odgovoran je za prosleđivanje paketa koji su upućeni na datu virtualnu MAC adresu. VF ruteri kojima odgovara data MAC adresa i nalaze se u stanju osluškivanja, nazivaju se LVF (*Listening VF*) i zaduženi su da osluškuju u kom stanju se nalazi AVF. U VRRPE grupi, samo AVF može da prosleđuje pakete od hostova iz LAN mreže.

VRRPE koristi četiri tipa paketa za razmenu informacija između *master* i *backup* rutera:

- *Advertisement* – oglašava stanja VRRPE grupe i stanja AVF-ova. *Master* i *backup* ruteri ove pakete šalju periodično.
- *Request* – *backup* ruter koji nije imalac VF-a šalje *request* pakete ka *master* ruteru od koga zahteva virtualnu MAC adresu.
- *Reply* – nakon prijema *request* paketa, *master* ruter šalje *backup* ruteru odgovor sa virtualnom MAC adresom koja mu je dodeljena. Nakon prijema odgovora, *backup* ruter kreira VF koji odgovara datoj virtualnoj MAC adresi i ruter postaje imalac VF-a.
- *Release* – ukoliko imalac VF-a ispadne iz rada, ruter koji preuzima njegovu ulogu šalje *release* paket kako bi informisao ostale rutere u VRRPE grupi da izbacе dati VF.

10. ZAKLJUČAK

Redundantnost mrežnih uređaja i linka je od strateške važnosti, i njome se postiže visoka raspoloživost u mreži. Obezbeđivanjem visoke raspoloživosti omogućava se da

saobraćaj iz lokalne mreže nesmetano i neprekidno odlazi van nje ka krajnjim destinacijama. Kako bi se maksimalno iskoristili svi uređaji u mreži i istovremeno uticali na vreme prebacivanja linkova potrebna je optimizacija protokola za rutiranje. Isto važi i za dolazeći saobraćaj. Time se postiže da krajnji korisnici u firmama, kompanijama i ustanovama obavljaju posao i komuniciraju bez ikakvog zastoja i potrebe za rekonfigurisanjem svojih host uređaja. Ovo za njih znači visoku produktivnost, a za kompaniju garantovani *uptime* znači garantovani profit. Prikazanim protokolima moguće je maksimalno iskoristiti svaku investiciju uloženu u nekad prilično skupu mrežnu infrastrukturu.

Danas, svaka ozbiljnija firma u svojoj mreži trebalo bi da ima primenjene ove protokole, kako bi efikasno i pouzdano funkcionisala. Ulaganje u sigurnost i pouzdanost se uvek na kraju isplati. Postavlja se samo pitanje koliko su sami administratori mreža upoznati s tim šta je firmi potrebno i da li znaju za sve mogućnosti svojih uređaja.

LITERATURA

- [1] Cisco System, "Building Cisco Multilayer Switched Networks", Vol. 2, Version 3.0, Cisco Press 2006.
- [2] Tony Li, Bruce Cole, Phil Morton, Dawn Li, "Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP)", RFC 2281, The Internet Society, 1998.
- [3] Robert Hinden, "Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)", RFC 3768, The Internet Society, 2004.
- [4] Stephen Nadas, "Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Version 3 for IPv4 and IPv6", RFC 5798, Internet Engineering Task Force, 2010.
- [5] Cisco System, "First Hop Redundancy Protocol Configuration Guide, Cisco IOS XE", Release 3S, Cisco Press 2014.
- [6] Technical white paper, "Migration from Cisco GLBP to industry standard VRRPE", Hewlett-Packard Development Company, 2012.

ODREĐIVANJE BROJA MOBILNIH STOHAŠTIČKIH IZVORA ZRAČENJA U PROSTORNOM SEKTORU KORIŠĆENJEM VIŠESLOJNIH PERCEPTRONSKIH MREŽA

ESTIMATION OF THE NUMBER OF MOBILE STOCHASTIC EM SOURCES IN SPACE SECTOR USING MULTI-LAYER PERCEPTRON NETWORKS

Zoran Stanković¹, Nebojša Dončov¹, Ivan Milovanović², Bratislav Milovanović²

¹*Elektronski fakultet u Nišu*

²*Fakultet za informatiku i računarstvo, Univerzitet "Singidunum" - DLS centar Niš*

Sadržaj: Postupci i različiti modeli koji se mogu koristiti za efikasnu DoA (Direction of Arrival) estimaciju zračenja stohastičkih izvora najčešće zahtevaju da se unapred poznaje informacija o ukupnom broju izvora zračenja koji se trenutno nalaze u posmatranom prostornom sektoru. U ovom radu predstavljen je neuronski model zasnovan na MLP (Multi-Layer Perceptron) mreži koji na osnovu vrednosti prostorne korelacione matrice signala koja je uzorkovana u zoni dalekog zračenja može da u realnom vremenu odredi broj mobilnih stohastičkih izvora sa međusobno nekoreliranim zračenjem koji su trenutno prisutni u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni. Obuka neuronskog modela izvršena je na uzorcima prostorne korelacione matrice koji su dobijeni primenom Green-ove funkcije. Razmatran je slučaj kada je broj izvora u sektoru promenljiv u vremenu i kada se izvori u toku kretanja u posmatranom sektoru mogu nalaziti na međusobno proizvoljnom rastojanju.

Abstract: The methods and models that can be used for efficient DoA (Direction of Arrival) estimation of stochastic radiation sources usually require pre-knowledge about the total number of radiation sources that are currently in the observed spatial sector. This paper presents an architecture of neural network for determination the number of stochastic EM sources in the observed spatial sector (PNN-SND) that is based on MLP (Multi-Layer Perceptron) network. Electromagnetic sources considered here are mutually uncorrelated and at arbitrary angular distance during of their movement while the total number of sources located in the sector is variable in time. Training neural model was performed on samples of the spatial correlation matrix obtained using Green's functions.

1. UVOD

Jedna od bitnih aktivnosti koja otvara mogućnosti daljeg povećanja broja korisnika kod savremenih bežičnih komunikacionih kao i kvaliteta servisa koji korisnicima nude takvi sistemi je istraživanje postupaka za efikasno umenjenje negativnog uticaja interferencije na mestu prijema signala. U tom smislu postupci zasnovani na prostornom filtriranju signala antenskim nizovima kao i oblikovanje karakteristike zračenja korišćenjem adaptivnih antenskih nizova danas se posvećuje posebna

pažnja [1,2]. U pomenutim postupcima neke od ključnih tehnika kojima se realizuju takvi postupci su tehnike zasnovane na DoA estimaciji [1,2] i prostornoj lokalizaciji raznih izvora interferencije kako deterministicke tako i stohasticke prirode zračenja [3,4].

MUSIC (*Multiple Signal User Classification*) algoritam [2], i njegove modifikacije su do sada najpoznatiji i najčešće korišćeni super-rezolucijski algoritmi za DOA estimaciju. Ovi algoritmi se odlikuju visokom tačnošću u određivanju pravaca odakle dolaze EM signali, ali zbog svojih kompleksnih matricnih izračunavanja zahtevaju snažne hardverske resurse i nisu pogodni za rad u realnom vremenu. Dobra alternativa super-rezolucijskim algoritimima je primena veštačkih neuronskih mreža [5-7] za rešavanja DoA problema gde neuronski modeli koji izbegavaju složene matricne proračune mogu da imaju tačnost približnu MUSIC algoritmu a da pri tome budu osetno brži od MUSIC algoritma što ih čini pogodnijim izborom za implementaciju u realnom vremenu [8-17].

U postupku DoA estimacije, bilo da se sprovodi super-rezolucijskim algoritmom ili neuronskim modelom, poznavanje broja izvora EM signala (zračenja) predstavlja bitnu informaciju koja pomaže u sprovođenju efikasnog i tačnog postupka. U radovima [16,17] razvijen je neuronski model zasnovan na PNN (*Probabilistic Neural Network*) [18-20] koji na osnovu vrednosti prostorne korelacione matrice signala koja je uzorkovana u zoni dalekog zračenja može da u realnom vremenu odredi broj mobilnih stohastičkih izvora sa međusobno nekoreliranim zračenjem koji su trenutno prisutni u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni. Performanse PNN modela su u prikazanim primerima bile zadovoljavajuće ali je zaključeno da povećavanje maksimalnog broja izvora koji se može naći u posmatranom sektoru znatno usložnjava strukturu PNN modela što može dovesti do značajnih degradacija performansi neuronskog modela u pogledu obuke i postizanja zadovoljavajuće tačnosti u procesu eksploatacije modela. To je pre svega zato što povećanje maksimalnog broja izvora koji se može naći u posmatranom sektoru drastično povećava broj uzoraka za obuku neuronskog modela a samim tim i složenost korišćene PNN gde je broj neurona u skrivenom sloju u direktnoj srazmeri broju uzoraka za obuku modela.

Osnovna ideja ovog rada je bila da se u postupku određivanja broja mobilnih stohastičkih izvora sa

međusobno nekorelisanim zračenjem koji su trenutno prisutni u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni ispita mogućnost primene MLP mreže [5,6] kao jedne od alternativa PNN. Prilikom izbora alternative uzeta je u obzir činjenica da sa povećanjem broja uzoraka za obuku složenost MLP mreže raste sa mnogo manjim stepenom u odnosu na rast složenosti PNN jer broj neurona u skrivenom sloju MLP mreže nije u direktnoj srazmeri sa brojem uzoraka i pri velikom broju uzoraka MLP mreža može imati mnogostruko manji broj neurona u skrivenom sloju u odnosu na PNN. U cilju poređenja rezultata modelovanja u ovom radu je razvijen MLP model koji je obučen za isti slučaj što se tiče širine posmatranog sektora u azimutu ($[-60^\circ, 60^\circ]$) i maksimalnog broja izvora zračenja (maksimalno 3 izvora) koji se istovremeno mogu pojaviti u posmatranom sektoru kao i u [17].

2. MODEL ZRAČENJE STOHAŠTIČKOG IZVORA U DALEKOJ ZONI

Da bi se generisao skup za obuku neuronskog modela kao i skup uzoraka za njegovo testiranje primenjen je istovetan model zračenja stohastičkog izvora u dalekoj zoni koji je primenjivan u radovima [10-17]. Ovim modelom se zračenje stohastičkog izvora u dalekoj zoni predstavlja zračenjem linearnog uniformnog antenskog niza od N elemenata koji se nalaze na međusobnom rastojanju d (Slika 1). Stepem korelisnosti između struja napajanja elemenata antenskog niza koje se opisuju se vektorom $\mathbf{I}=[I_1, I_2, \dots, I_N]$ se definiše korelacionom matricom $\mathbf{c}^I(\omega)$ [3,4]:

$$\mathbf{c}^I(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} [I(\omega)I(\omega)^H] \quad (1)$$

U zoni dalekog polja jačina električnog polja se u izabranom tački izračunava na način

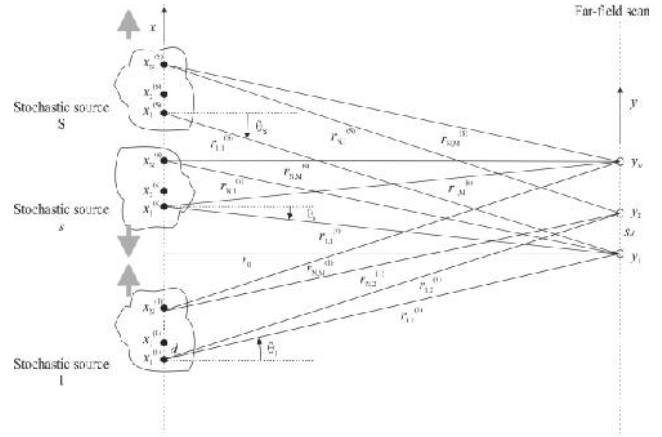
$$E(\theta, \varphi) = \mathbf{M}(\theta, \varphi)\mathbf{I} \quad (2)$$

gde \mathbf{M} predstavlja preslikavanje Green-ovom funkcijom

$$\mathbf{M}(\theta, \varphi) = jz_0 \frac{F(\theta, \varphi)}{2\pi r_c} [e^{jkr_1} \quad e^{jkr_2} \quad \dots \quad e^{jkr_N}] \quad (3)$$

U prethodnim jednačinama θ i φ predstavljaju uglove izabrane tačke u azimutalnoj i elevacionoj ravni u odnosu na prvi antenski element, $F(\theta, \varphi)$ je karakteristika zračenja antenskog elementa, r_c je rastojanje izabrane tačke od centra antenskog niza, z_0 je impedansa slobodnog prostora, k je fazna konstanta ($k=2\pi/\lambda$) dok r_1, r_2, \dots, r_N predstavljaju rastojanja izabrane tačke od prvog do N -tog antenskog elementa respektivno.

U slučaju da u dalekoj zoni uzorkujemo vrednosti jačine električnog polja u više tačaka koristi se nešto složenija notacija za označavanje rastojanja. Tako na primer na Slici 1. $r_{i,m}$ predstavlja rastojanje između i -tog elementa niza ($1 \leq i \leq N$) i m -te tačke uzorkovanja u dalekoj zoni ($1 \leq m \leq M$), gde je M broj tačaka uzorkovanja.



Slika 1. Model zračenje stohastičkog izvora u dalekoj zoni sa prikazom odgovarajućih rastojanja između tačaka uzorkovanja i elemenata antenskih nizova koji predstavljaju izvore zračenja [10-17]

Ako se odgovarajući uglovi u azimutalnoj i elevacionoj ravni za M tačaka uzorkovanja (y_1, y_2, \dots, y_M) u dalekoj zoni predstave sa $(\theta_1, \varphi_1), (\theta_2, \varphi_2), \dots, (\theta_M, \varphi_M)$ respektivno, onda se korelaciona matrica signala u tim tačkama može odrediti na način [8]

$$\tilde{\mathbf{C}}_E[i, j] = \mathbf{M}(\theta_i, \varphi_i)\mathbf{c}^I\mathbf{M}(\theta_j, \varphi_j)^H, \quad i=1, \dots, M \quad j=1, \dots, M \quad (4)$$

Za slučaj više izvora gde je S broj izvora matrica \mathbf{M} ima sledeći izgled:

$$\mathbf{M}(\theta, \varphi) = jz_0 \frac{F(\theta, \varphi)}{2\pi r_c} [e^{jkr_1^{(1)}} \dots e^{jkr_N^{(1)}} e^{jkr_1^{(2)}} \dots e^{jkr_N^{(2)}} \dots e^{jkr_1^{(S)}} \dots e^{jkr_N^{(S)}}] \quad (5)$$

gde je $r_i^{(j)}$ rastojanje između i -tog elementa antenskog niza kojim se predstavlja j -ti stohastički izvor i posmatrane tačke uzorkovanja u dalekoj zoni tako da vektor struje napajanja izgleda:

$$\mathbf{I} = [I_1^{(1)} \dots I_N^{(1)} \quad I_1^{(2)} \dots I_N^{(2)} \quad \dots \quad I_1^{(S)} \dots I_N^{(S)}] \quad (6)$$

gde $I_i^{(j)}$ predstavlja struju napajanja i -tog elementa antenskog niza kojim se predstavlja j -ti stohastički izvor. Elementi korelacione matrice koji se odnose na tačke

uzorkovanja $\tilde{\mathbf{C}}_E$ mogu se proračunati kada se jednačine (1) i (5) iskoriste za izračunavanje korelacione matrice primenom jednačine (4).

Ako dva izvora zračenja imaju iste uglove (θ, φ) ali se nalaze na različitim udaljenostima od posmatrane tačke u dalekoj zoni r_{c1} i r_{c2} respektivno, i ako se predstavljaju antenskim nizovima sa N_1 i N_2 elemenata respektivno, onda se može pokazati da za njihove korelacione matrice važi $\tilde{\mathbf{C}}_{E2} \approx \frac{N_2 r_{c1}}{N_1 r_{c2}} \tilde{\mathbf{C}}_{E1}$ uz ispunjenje

uslova $r_{c1}, r_{c2} \gg d$. Normalizacijom matrice $\tilde{\mathbf{C}}_E$ u odnosu na prvi element matrice \tilde{C}_{E11} , dobija se matrica

$$\mathbf{C}_E = \frac{1}{\tilde{C}_{E11}} \tilde{\mathbf{C}}_E$$

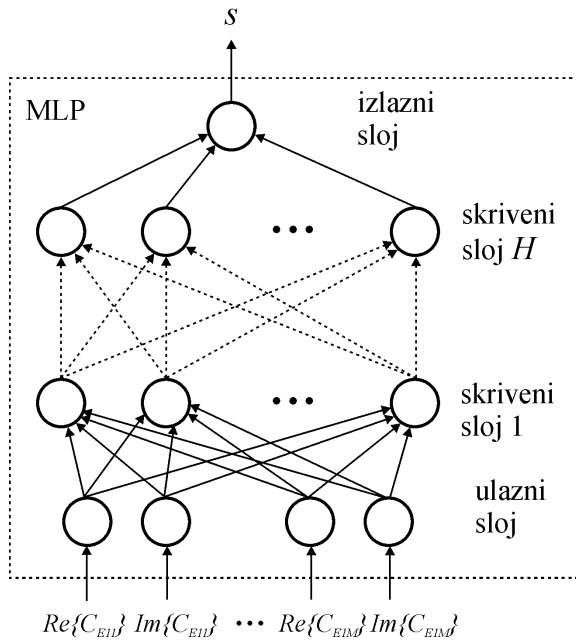
gde njeni elementi ne zavise od vrednosti r_c i N [16,17]. Za obuku neuronske mreže od koje se model sastoji dovoljno je uzeti samo prvu vrstu matrice \mathbf{C}_E ($[C_{E11}, C_{E12}, \dots, C_{E1M}]$) jer se pokazalo da prva vrsta sadrži dovoljno informacija za određivanje ugaonih položaja izvora zračenja [9,10].

3. ARHITEKTURA MLP NEURONSKOG MODELA ZA ODREĐIVANJE BROJA IZVORA ZRAČENJA

Problem koji se modeluje neuronskim modelom će saglasno teoriji koja je prezentovana u prethodnoj sekciji biti predstavljen u sledećem funkcijskom obliku

$$s = f(\mathbf{C}_E) \quad (7)$$

U skladu sa tim veštačka neuronska mreža ima zadatak da izvrši preslikavanje iz prostora signala koji je opisan korelacionom matricom signala \mathbf{C}_E u diskretan prostor koji sadrži brojeve izvora zračenja koji mogu da se nađu u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni gde promenljiva s označava broj izvora koji se trenutno nalazi u sektoru i gde je $s \in \{1, 2, \dots, S\}$ a S predstavlja maksimalni broj izvora zračenja koji se u jednom trenutku mogu naći u posmatranom sektoru.



Slika 3. Arhitektura MLP neuronskog modela za određivanje broja stohastičkih izvora zračenja u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni

Već je u uvodnoj sekciji rečeno da za zadovoljavajuću aproksimaciju ovog preslikavanja ne moraju da se koriste vrednosti svih elemenata korelacione matrice signala već se može iskoristiti samo prva vrsta $\mathbf{C}_E[1, i]$, $i=1 \dots M$ [8]. Shodno tome, broj ulaza u neuronsku mrežu biće $2M$ jer u ulazi u neuronsku mrežu ne mogu biti kompleksni brojevi već samo realni. Dalje, neuronski model koji je funkcijski opisan kao $\mathbf{y}=\mathbf{y}(\mathbf{x}, \mathbf{w})$, gde je \mathbf{y} funkcija odgovarajuće neuronske mreže a \mathbf{w} matrica težina neuronske mreže [5,6], imaće vektor ulaznih veličina $\mathbf{x}=[\text{Re}\{c_{E11}\}, \text{Im}\{c_{E11}\}, \text{Re}\{c_{E12}\}, \text{Im}\{c_{E12}\}, \dots, \text{Re}\{c_{E1M}\}, \text{Im}\{c_{E1M}\}]^T$, dok će vektor izlaznih veličina biti $\mathbf{y}=\mathbf{s}$. Pošto je za realizaciju modela korišćena MLP mreža koja ima kontinualni izlaz sa realnim vrednostima, odgovarajući MLP neuronski model će biti definisan na način

$$s = \text{round}(y([\text{Re}\{c_{E11}\}, \text{Im}\{c_{E11}\}, \dots, \text{Re}\{c_{E1M}\}, \text{Im}\{c_{E1M}\}]^T, \mathbf{w})) \quad (8)$$

$$= f_{MLP}(\text{Re}\{c_{E11}\}, \text{Im}\{c_{E11}\}, \dots, \text{Re}\{c_{E1M}\}, \text{Im}\{c_{E1M}\}, \mathbf{W})$$

gde je f_{MLP} prenosna funkcija ili funkcija obrade MLP mreže dok funkcija round zaokružuje realnu vrednost izlaza MLP mreže na celobrojnu diskretnu vrednost koja predstavlja broj izvora zračenja s .

Arhitektura MLP neuronskog modela za određivanje broja stohastičkih izvora zračenja u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni prikazana je na slici 3. Izlaz h -tog skrivenog sloja MLP mreže kojom se realizuje ovaj model može da se predstaviti vektorom \mathbf{y}_h dimenzija $N_h \times 1$ gde je N_h broj neurona u h -tom skrivenom sloju, i gde i -ti elemenat u tom vektoru - $\mathbf{y}_h[i]$ predstavlja izlaz i -tog neurona l -tog sloja mreže ($l=h+1$ računajući i ulazni sloj) $\mathbf{v}_l^{(l)}=\mathbf{v}_l^{(h+1)}$, tj. važi $\mathbf{y}_l=[v_1^{(h+1)}, v_2^{(h+1)}, \dots, v_{N_l}^{(h+1)}]^T$. Može se pokazati da taj vektor iznosi

$$\mathbf{y}_h = F(\mathbf{w}_h \mathbf{y}_{h-1} + \mathbf{b}_h) \quad (9)$$

gde je \mathbf{y}_{l-1} vektor dimenzija $N_{l-1} \times 1$ i predstavlja izlaz $(h-1)$ -tog skrivenog sloja, \mathbf{w}_h je matrica težina veza između neurona $(h-1)$ -tog i h -tog skrivenog sloja dimenzija $N_h \times N_{h-1}$, dok \mathbf{b}_h predstavlja vektor biasa neurona h -tog skrivenog sloja. U skladu sa ovom notacijom \mathbf{y}_0 predstavlja izlaz ulaznog baferskog sloja tako da je $\mathbf{y}_0 = \mathbf{x}$. Element $\mathbf{w}_h[i, j]$ matrice težine \mathbf{w}_l označava težinu veze između h -tog neurona u skrivenom sloju $(h-1)$ i h -tog neurona u skrivenom sloju h , tj. između h -tog neurona u sloju mreže $s=h$ i j -tog neurona u sloju mreže $l=h+1$, dok element $\mathbf{b}_i^{(h)}=\mathbf{b}[i]$ predstavlja vrednost biasa i -tog neurona u skrivenom sloju h . Funkcija F predstavlja aktivacionu funkciju neurona u skrivenim slojevima i u ovom slučaju se koristi tanges hiperbolička sigmoidalna funkcija

$$F(u) = \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}} \quad (10)$$

Svi neuroni iz poslednjeg skrivenog sloja H su povezani sa neuronom izlaznog sloja. Aktivaciona funkcija neurona u poslednjem sloju je linearna te izlaz MLP mreže iznosi

$$y = \mathbf{w}_o \mathbf{y}_H \quad (11)$$

gde je \mathbf{w}_o matrica težina veza između neurona H -tog skrivenog sloja i neurona izlaznog sloja dimenzija $1 \times N_H$ (Slika 2). Konačan izlaz neuronskog modela nastaje zaokruživanjem izlaza MLP neuronske mreže na najbliži ceo broj

$$s = \text{round}(y) \quad (12)$$

Oznaka za ovako definisan MLP neuronski model koja će se dalje koristiti u tekstu je $MLPH-N_1 \dots -N_l \dots -N_H$ gde H predstavlja ukupan broj skrivenih slojeva u korišćenoj MLP mreži, dok N_i predstavlja ukupan broj neurona u i -tom skrivenom sloju. Tako oznaka MLP2-12-10 označava MLP model čija neuronska mreža ima ukupno četiri neuronska sloja (ulazni, izlazni i dva skrivena sloja) i koja ima 12 neurona u prvom skrivenom sloju i 10 neurona u drugom skrivenom sloju.

4. REZULTATI MODELOVANJA

MLP neuronski model čija je arhitektura prikazana u prethodnoj sekciji primenjen je za određivanje broja stohastičkih izvora zračenja u azimutalnom sektoru $[-60^\circ \ 60^\circ]$. Razmatran je slučaj gde se u jednom trenutku najviše tri izvora zračenja mogu naći u posmatranom sektoru. Jedan stohastički izvor se modeluje antenskim nizom od četiri elemenata, a sa ciljem da se odredi korelaciona matrica signala u dalekoj zoni zračenja vrši se uzorkovanje u šest tačaka na rastojanju $s_d = \lambda/2 = 0.02$ m pri $f = 7.5$ GHz (Tabela 1).

Tabela 1. Vrednosti parametara antenskog niza kojim se predstavljaju stohastički izvori i način uzorkovanja u dalekoj zoni zračenja izvora

Frekvencija	$f = 7.5$ GHz
Maksimalni broj izvora	$S = 3$
Broj elemenata antenskog niza jednog izvora	$N = 4$
Rastojanje između elemenata antenskog niza	$d = \lambda/2$ (0.02 m)
Rastojanje od stohastičkog izvora do mesta uzorkovanja u dalekoj zoni	$r_0 = 1000$ m
Broj tačaka uzorkovanja u dalekoj zoni	$M = 6$
Rastojanje između tačaka uzorkovanja	$s_d = \lambda/2$ (0.02 m)

Za realizaciju i obuku modela korišćeno je MatLab 7.0 softversko razvojno okruženje. Skupovi uzoraka za obuku i testiranje MLP modela generisani su primenom inverznog preslikavanja od onog koji vrši MLP model

$$\mathbf{C}'_E = f_{DoA}^{-1}(\boldsymbol{\theta}^t) \quad (13)$$

i koje je realizovano putem jednačina (4) i (5). U gore navedenom preslikavanju $\boldsymbol{\theta}^t$ predstavlja vektor ugaonih položaja izvora zračenja $[\theta_1^t, \theta_2^t, \dots, \theta_S^t]$. Pošto se na ulaz neuronske mreže dovodi samo prva vrsta korelacione matrice trening i test uzorci će imati oblik $(\mathbf{x}^t(\boldsymbol{\theta}^t), s)$ gde za vektor ulaznih veličina trening i test skupa važi

$$\mathbf{x}^t(\boldsymbol{\theta}^t) = \{\text{Re}\{C'_{E11}\} \text{Im}\{C'_{E11}\} \text{Re}\{C'_{E12}\} \text{Im}\{C'_{E12}\} \dots \text{Re}\{C'_{E1M}\} \text{Im}\{C'_{E1M}\}\} \quad (14)$$

Primenjujući uniformnu raspodelu uzoraka za obuku i testiranje MLP modela u sektoru $[-60^\circ \ 60^\circ]$ na način $[-60^\circ : d : 60^\circ]$ gde d predstavlja korak uzorkovanja, skupovi za obuku i testiranje MLP modela su opisani na način [17]

$$\begin{aligned} & \{(\mathbf{x}^t(\theta_1^t), 1) \mid \theta_1^t \in [-60 : d_1 : 60]\} \cup \\ & \{(\mathbf{x}^t(\theta_1^t, \theta_2^t), 2) \mid \theta_1^t \in [-60 : d_2 : 60], \theta_2^t \in [-60 : d_2 : 60], \theta_1^t > \theta_2^t\} \cup \\ & \{(\mathbf{x}^t(\theta_1^t, \theta_2^t, \theta_3^t), 3) \mid \theta_1^t \in [-60 : d_3 : 60], \theta_2^t \in [-60 : d_3 : 60], \\ & \left. \theta_3^t \in [-60 : d_3 : 60], \theta_1^t > \theta_2^t > \theta_3^t \right\} \end{aligned} \quad (15)$$

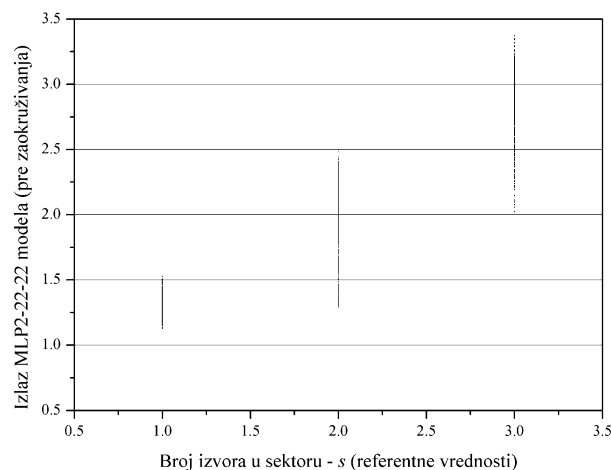
gde se za generisanje skupa za obuku uzima $d_1=4/11$, $d_2=4/3$, $d_3=1$, dok se za generisanje skupa za testiranje uzima $d_1=4/7$, $d_2=8/5$, $d_3=40/9$. Ovakvom raspodelom

generisan je skup za obuku sa 8921 uzoraka i skup za testiranje sa 6337 uzoraka [17].

Za obuku modela korišćen je Quazi-Newton metod obuke. U cilju dobijanja što je moguće boljeg MLP modela izvršena je obuka većeg broja MLP neuronskih mreža sa dva skrivena sloja i različitim brojevima neurona u njima. U procesu testiranja glavni kriterijum za ocenu uspešnosti obuke je bila procentualna vrednost uzoraka za koji je pogrešno određen broj prisutnih izvora zračenja u sektoru ili kraće nazvano procentualna vrednost uzoraka koji su pogrešno klasifikovani (*UPK* [%]) [16,17]. U cilju poređenja rezultata testiranja modela u Tabeli 2 su prikazani rezultati testiranja za šest MLP modela koji su na istom skupu za testiranje imali najmanji procenat uzoraka koji su pogrešno klasifikovani. U toj tabeli sa *UTK* je označen broj uzoraka za koje je MLP model dao tačan broj prisutnih izvora zračenja u sektoru a sa *UPK* je označen broj uzoraka za koje je MLP model dao pogrešan broj prisutnih izvora zračenja u sektoru.

Tabela 2. Rezultati testiranja šest MLP modela sa najboljim rezultatima što se tiče ispravnog određivanja broja izvora u sektoru

MLP model	<i>UTK</i>	<i>UPK</i>	<i>UPK</i> [%]
MLP2-22-22	6206	131	2.11
MLP2-22-20	6189	148	2.39
MLP2-23-23	6180	157	2.54
MLP2-16-16	6144	193	3.14
MLP2-16-10	6143	194	3.16
MLP2-20-10	6140	197	3.21



Slika 4. Dijagram rasipanja MLP2-22-22 modela na test skupu prilikom određivanja broja prisutnih izvora zračenja u $[-60^\circ \ 60^\circ]$ sektoru

Kao reprezentativni model za određivanje broja stohastičkih izvora zračenja u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni izabran je model MLP2-22-22 koji je imao najmanji procenat pogrešno klasifikovanih uzoraka odnosno koji je pokazao najveću uspešnost u određivanju broja izvora zračenja u posmatranom sektoru. Za ovaj model je na slici 4. prikazan dijagram rasipanja na test skupu prilikom određivanja broja prisutnih izvora zračenja u posmatranom sektoru.

Imajući u vidu da su MLP modeli obučavani i testirani na istim skupovima za obuku i testiranje kao i PNN modeli razvijeni u [17] može se videti da su MLP modeli iskazali isti rang uspešnosti u procesu određivanja broja izvora zračenja u sektoru kao i pomenuti PNN modeli.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je ispitivana mogućnost MLP neuronske mreže u određivanju broja izvora zračenja u posmatranom sektoru u azimutalnoj ravni. Pokazuje se da zahvaljujući izbegavanju složenih numeričkih izračunavanja MLP model može odrediti brzo i sa visokim procentom tačnosti broj izvora zračenja u posmatranom sektoru. Takođe, rezultati primene MLP modela koji su izneti u ovom radu pokazuju da MLP model ima približno isti rang tačnosti u određivanju broja izvora zračenja kao i PNN model predložen u [17] kada se razmatra mali broj izvora (u ovom slučaju najviše tri izvora) koji se istovremeno mogu naći u posmatranom sektoru. Imajući u vidu da dalje povećanje maksimalnog broja izvora zračenja koji se istovremeno mogu naći u posmatranom sektoru neminovno dovodi do značajnog povećanja broja uzoraka koji su potrebni za obuku neuronskog modela koji će biti kadar da procesira takav broj izvora i činjenicu da sa porastom broja uzoraka složenost PNN mnogo brže raste od složenosti MLP mreže što može dovesti do ograničenja u primeni PNN kod velikog broja izvora zračenja, očekuje se da će MLP mreža biti povoljnija alternativa od PNN u realizaciji neuronskog modela za određivanje broja izvora zračenja pri većem broju izvora koji se stovremeno mogu naći u posmatranom sektoru. Shodno ovim očekivanjima dalja istraživanja će biti posvećena primeni MLP neuronskih mreža u određivanju broja izvora zračenja pri maksimalnom broju izvora zračenja koji se stovremeno mogu naći u posmatranom u sektoru koji je veći od do broja koji je do sada razmatran.

LITERATURA

- [1] R. Schmidt, "Multiple emitter location and signal parameter estimation", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 34, no. 3, pp. 276-28, 1986.
- [2] B. Allen, M. Ghavami, *Adaptive Array Systems: fundamentals and applications*, Wiley, 2005
- [3] J.A. Russer, T. Asenov and P. Russer, "Sampling of stochastic electromagnetic fields", *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Montreal, Canada, pp. 1-3, 2012.
- [4] J.A. Russer, P. Russer, "Modeling of Noisy EM Field Propagation Using Correlation Information", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Volume 63, Issue 1, pp.76-89, 2015.
- [5] S. Haykin, *Neural Networks*, New York, IEEE, 1994.
- [6] Q. J. Zhang, K. C. Gupta, *Neural networks for RF and microwave design*, Artech House, Boston, MA, 2000.
- [7] C. G. Christodoulou, M. Georgiopoulos, *Application of neural networks in electromagnetics*, Artech House, December 2000.
- [8] A. H. El Zooghby, C. G. Christodoulou, M. Georgiopoulos, "A neural network based smart antenna for multiple source tracking", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 48, no. 5, pp. 768 – 776, 2000.
- [9] M. Agatonović, Z. Stanković, N. Dončov, L. Sit, B. Milovanović, T. Zwick, "Application of artificial neural networks for efficient high-resolution 2D DOA estimation", *Radioengineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 1178-1186, 2012.
- [10] Z. Stanković, N. Dončov, J. Russer, T. Asenov and B. Milovanović, "Efficient DOA estimation of impinging stochastic EM signal using neural networks", *Proceedings of the International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications* (15th Edition including EMS), ICEAA 2013, Torino, Italy, September 9-13, 2013, pp.575-578, 2013.
- [11] Z. Stanković, N. Dončov, J. Russer, I. Milovanović, M. Agatonović, "Neural networks based DOA estimation of multiple stochastic narrow-band EM sources", *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2013*, Niš, Serbia 16-19 October, Vol.2, pp.526-529, 2013.
- [12] Z. Stanković, N. Dončov, J. Russer, I. Milovanović, M. Agatonović, "Localization of Stochastic Electromagnetic Sources by using Correlation Matrix Trained MLP Neural Network", *Microwave Review - National journal published by Society for Microwave Theory, Technology and Systems and IEEE MTT-S Chapter of Serbia and Montenegro*, No.2, Vol. 19, pp. 44-49, December 2013.
- [13] Z. Stanković, N. Dončov, J. Russer, I. Milovanović, B. Milovanović, "Neural Network Approach for Efficient DOA Determination of Multiple Stochastic EM Sources in Far-field", *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Numerical Electromagnetic Modeling and Optimization for RF, Microwave, and Terahertz Applications, NEMO 2014*, Pavia, Italy 14-16 May, 2014, pp.1-4, 2014.
- [14] Z. Stankovic, N. Doncov, I. Milovanovic, B. Milovanovic, M. Stoilkjovic, "Localization of mobile users of stochastic radiation nature by using Neural Networks", *Proceedings of the 49th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST 2014*, Niš, Serbia, June 25 – 27, 2014, Vol.2, pp.347-350, 2014.
- [15] Z. Stankovic, N. Doncov, I. Milovanović, B. Milovanović, "Neural network model for efficient localization of a number of mutually arbitrary positioned stochastic EM sources in far-field", *Proceedings of the 12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering, NEUREL 2014*, Beograd, Serbia, pp. 41-44, 2014.
- [16] Z. Stanković, N. Dončov, I. Milovanović, "Estimation of the Number of Stochastic EM Sources in Far-Field Using Probabilistic Neural Network", *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2015*, Niš, Serbia 14-17 October, pp.377-380, 2015.
- [17] Z. Stanković, N. Doncov, B. Milovanovic, I. Milovanovic, "Efficient DoA Tracking of Variable Number of Moving Stochastic EM Sources in Far-Field Using PNN-MLP Model," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2015, Article ID 542614, 11 pages, 2015. doi:10.1155/2015/542614
- [18] D. F. Specht, "Probabilistic neural networks", *Neural Networks*, vol. 3, no. 1, pp. 109–118, 1990.
- [19] K. Z. Mao, K.-C. Tan, and W. Ser, "Probabilistic Neural-Network Structure Determination for Pattern Classification", *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 11, no. 4, pp. 1009-1016, July 2000.
- [20] Ibrahim M.M. El Emary and S. Ramakrishnan, "On the Application of Various Probabilistic Neural Networks in Solving Different Pattern Classification Problems", *World Applied Sciences Journal* 4 (6), IDOSI Publications, pp. 772-780, 2008.

MODEL UREĐAJA SA RFID PODRŠKOM ZA KONTROLU PRISTUPA U OKVIRU IOT KONCEPTA

MODEL OF DEVICE WITH RFID SUPPORT FOR CONTROLLING ACCESS AS PART OF IOT CONCEPT

Dušan Marković¹, Uroš Pešović², Siniša Randić²
Agronomski fakultet u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu¹
Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu²

Sadržaj – Povezivanja fizičkih objekata ili uređaja posredstvom Internetu dovelo je do pojave novog koncepta nazvanog Internet stvari (Internet of Things - IoT). RFID tehnologija predstavlja dopunski deo IoT koncepta za jedinstvenu identifikaciju objekata. Jedna od primena jeste i praćenje, odnosno nadgledanje pristupa upotrebom pasivnih RFID kartica. U tu svrhu u ovom radu je predstavljen model IoT uređaja zasnovan na Arduino platformi koji ima i ulogu RFID čitača. Realizovani prototip sastoji se od dva mikrokontrolera sa svojim periferijama koji su povezani serijskom vezom. Pomoću prikazanog uređaja realizovan je sistem za kontrolu i evidenciju pristupa pomoću RFID kartica.

Abstract - Linking physical objects or devices via the Internet has led to the emergence of a new concept called the Internet of Things (Internet of Things - IoT). RFID technology is a complementary part of the IoT concept for unique identification of objects. One application is the monitoring, or monitoring access to the use of passive RFID card. To this end, this paper presents a model of IoT devices based on the Arduino platform, which has the role of RFID reader. Completed prototype consists of two microcontrollers with its peripherals that are connected via a serial line. Using the device of the present system was implemented to control and record access using RFID card.

1. UVOD

Dosadašnji koncept upotrebe Interneta zasnivao se na povezivanju ljudi i njihovim pristupom Internet resursima uz unapređenje međusobne komunikacije. Novi koncept podrazumeva mogućnost povezivanja objekata i uređaja, odnosno različitih stvari preko Interneta tako da se dolazi do naziva Internet stvari IoT (eng. Internet of Things).

U osnovi IoT predstavlja ideju povezivanja fizičkih objekata koji imaju mogućnost prikupljanja fizičkih podataka, kao i mogućnost povezivanja sa drugim objektima i servisima preko Interneta. Ideja na kojoj se koncept IoT zasniva nastala je iz potrebe za povezivanjem, što samo po sebi ne predstavlja novost, ali u ovom slučaju koncept obuhvata veliki broj različitih tipova uređaja koji mogu direktno da ostvaruju veze i razmenjuju podatke. Sve ovo dovodi do određenih promena u načinu povezivanja postojećih mreža tako da je sada moguće obezbediti pristup odabranom uređaju koji je umrežen posredstvom Interneta [1].

IoT ima za cilj da omogući autonomnu i bezbednu vezu i razmenu podataka između uređaja u realnom svetu i aplikacija. IoT se sastoji od objekata, senzorskih uređaja, komunikacione infrastrukture, računarske i procesne jedinice koja može biti postavljena i na udaljenom Cloud sistemu, uz sistem za donošenje odluka i pokretanje akcija. Objekti koji se prate obično imaju određenu karakteristiku koja im omogućava da budu jedinstveno identifikovani. Navedeni fizički objekti mogu biti opremljeni sa RFID (*Radio Frequency Identification*) oznakama koje se mogu očitati uz pomoć pametnih senzorskih uređaja. Senzorski uređaji razmenjuju informacije o objektima preko Interneta sve do procesne jedinice, pri čemu različiti senzori mogu biti korišćeni za dizajniranje pametnih servisa. Rezultati procesiranja se prosleđuju sistemu za donošenje odluka i sistemu za sprovođenje odgovarajućih akcija [2].

RFID tehnologija omogućava postavku identifikacionih oznaka ili tagova na određene objekte i preuzimanje informacija sa tih oznaka uz pomoć čitača bez fizičkog kontakta. Njihova primena može biti u oblasti medicine za identifikaciju pacijenata i upravljanje podele lekova, u industriji za kontrolu pristupa pojedinim sektorima, za identifikaciju i praćenje različite robe ili proizvoda.

Upotreba ovih oznaka u okviru medicinske struke pruža mogućnost efikasne i precizne identifikacije pacijenata i preko koncepta IoT moguć je brzi pristup povezanim medicinskim podacima. Na taj način pomoću IoT sistema moguće je daljinsko praćenje i kontrolisanje pacijenata, gde takav sistem može poslati upozorenja medicinskom osoblju. U navedenom radu konkretno je prezentovana IoT arhitektura koja koristi RFID tagove za realizaciju medicinskog kontrolnog sistema koji vrši nadgledanje od lekarskih recepata do farmaceutske administracije [3].

Rad [4] prikazuje upotrebu tehnologija IoT i RFID kako bi se unapredio sistem pouzdane isporuke lekova, da bi se ispratilo pravilno uzimanje lekova i da bi se smanjile kliničke greške koje mogu biti izazvane u toku doziranja lekova ili njihovom nepoželjnom kombinacijom.

U radu [5] predstavljena je integracija bežičnih senzorskih mreža (WSN) i RFID tehnologija u okviru IoT scenarija. Razvijeni integrisani sistem ima za cilj da garantuje bezbedan pristup opasnim oblastima u fabrikama gde se zahteva korišćenje sigurnosne opreme. Performanse sistema su pokazane u smislu brzine odgovora i tačnosti za aplikacije kontrole dozvoljenog pristupa i praćenja lokacija.

Rad [6] prikazuje arhitekturu sistema za obimno RFID praćenje proizvoda. U predloženom modelu može se sagledati novi sistem za praćenje robe koji se zasniva na objektno-orijentisanim distribuiranim posrednicima koji čine IoT ekosistem povezan sa RFID poslovnim modelom za praćenje proizvoda.

Značaj primene RFID tehnologije sa IoT konceptom prikazan je u radu [7]. Istaknuta je sve veća uloga RFID sistema u zaštiti privatnosti i informacionoj bezbednosti korisnika. U datom radu je predložen RFID zajednički autentifikacioni protokol zasnovan na povremenom ažuriranju. Zajednički sistem provere se izvršava korišćenjem svojstava Hash funkcije čime se sprečava falsifikovan upad u interni sistem, dok se periodičnim ažuriranjem povećava nivo bezbednosti pristupa sistemu.

Pored prvobitne primene RFID sistema sa pasivnim RF tagovima u cilju identifikaciji objekata čijim podacima se zatim pristupa preko mreže, u radu [8] prikazana je mogućnost skladištenja drugih podataka na pasivnim RF tagovima pored ID oznaka. U pomenutom radu prikazano je istraživanje potencijala skladištenja, pristupa i upotrebe informacija na tagovima.

Cilj ovog rada je bio predstavljanje jednog modela IoT uređaja niske cene koji kao sastavni deo ima čitač RFID kartica. Prikazani predlog sistema ima mogućnost priključivanja različitih senzora pri čemu je naglasak bio na integraciji RFID modula za čitanje i drugog Ethernet modula koji omogućava pristup uređaju preko Interneta. Namena prikazanog primera bila je za kontrolu i evidenciju pristupa uz pomoć RFID kartica.

2. KOMPONENTE ZA REALIZACIJU IOT UREĐAJA

Senzorski uređaj može biti realizovan posredstvom Arduino platforme uz odgovarajuće module za povezivanje žičnim ili bežičnim putem sa Ethernet mrežom i dalje posredno sa Internetom. Za što efikasnije realizovanje prototipa iskorišćena je najmanja pločica Arduino Nano uz dodatak modula za umrežavanje.

Arduino predstavlja platformu otvorenog koda koja se koristi za izgradnju digitalnih uređaja i interaktivnih objekata koji mogu meriti i kontrolisati procese iz fizičkog sveta. Bazirani su na mikrokontrolerskim pločicama gde se koriste 8-bitni Atmel AVR mikrokontroleri ili 32-bitni Atmel ARM procesori. Sistem pruža skup digitalnih i analognih ulazno izlaznih pinova koji mogu biti povezani sa različitim dodacima za proširenje ili drugim električnim kolima. Pločica sadrži serijski komunikacioni interfejs uz dodatak USB priključka kod nekih modela što omogućava učitavanje programa sa personalnih računara. Za programiranje mikrokontrolera koristi se razvojno okruženje koje sadrži podršku za C i C++ programske jezike.

Poslednjih godina Arduino je postao računarska podrška u mnogim projektima koji se kreću od primena u svakodnevnim objektima do složenijih istraživačkih projekata. Kako je upotreba Arduino platformi bila sve

veća odvijale su se i pozitivne promene koje su platformu prilagođavale novim potrebama i izazovima kao što su realizacije IoT aplikacija, uređaja za nošenje od strane korisnika, 3D štampanja i kod implementacije ugradnih sistema.

Arduino softver sa jedne strane je jednostavan za korišćenje kod početnika, a sa druge strane dovoljno je fleksibilan za kompleksnije primene. Istraživači imaju mogućnost da realizuju jeftine uređaje za ispitivanja fizičkih principa ili da se oprobaju u programiranju ili robotici. Arduino pojednostavljuje rad sa mikrokontrolerima ali za istraživače nudi određene prednosti u odnosu na druge sisteme. Pod tim se podrazumeva da su Arduino pločice relativno jeftine u poređenju sa drugim mikrokontrolerskim platformama. Softversko razvojno okruženje može biti pokrenuto na Windows, Macintosh i Linux operativnim sistemima. Arduino softver se objavljuje kao alat otvorenog koda tako da je dostupan iskusnim programerima za nadogradnju i proširivanje [9].



Slika 1. Arduino Nano

Arduino Nano predstavlja malu pločicu za realizaciju električnih sistema zasnovanih na mikrokontrolerima ATmega128 ili ATmega368 (Slika 1). Na pločici ne postoji priključak za napajanje ali ista može da radi sa Mini-B USB kablom umesto standardnog. Logički nivoi na kojima Nano radi iznose 5V dok se preporučeni ulazni napon kreće u granicama od 7V do 12V. Pločica sadrži 14 digitalnih I/O pinova i 8 analognih ulaznih pinova. Nano sa ATmega328 sadrži 32KB flash memorije za skladištenje koda od kojih se 2KB odvajaju za bootloader, zatim 2KB SRAM i 1KB EEPROM memorije koje se mogu čitati i u kojoj se mogu upisivati vrednosti uz pomoć odgovarajuće biblioteke. Pojedini pinovi imaju posebne funkcije kao što su pinovi 0 (Rx) i 1 (Tx) za serijsku komunikaciju koji se koriste za prijem (Rx) i prenos (Tx) TTL serijskih podataka. Pinovi 2 i 3 se mogu koristiti za eksterne prekide, pri čemu se mogu konfigurisati da se prekidi okidaju na niži nivo vrednosti, rast ili pad vrednosti kao i promenu vrednosti. Kod Nano pločice moguće je ostvariti SPI komunikaciju preko pinova 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) koja je omogućena na nižem hardverskom nivou. Pločica podržava i I2C komunikaciju preko pinova A4 (SDA) i A5 (SCL) [10].

Senzorski uređaji bazirani na Arduino pločicama mogu se povezati na lokalne računarske mreže koje imaju pristup Internetu. Povezivanje se može ostvariti dodavanjem Ethernet ili WiFi modula senzorskim uređajima kako bi se uspostavila veza sa postojećom mrežom i ostvarila njihova međusobna razmena podataka. U tu svrhu može

se koristiti Arduino ENC28J60 Ethernet Modul za žično povezivanje sa Ethernet mrežom ili ESP8266 WiFi modul za bežično povezivanje sa lokalnom mrežom.



Slika 2. Arduino ENC28J60 Ethernet Modul

Ethernet modul (Slika 2.) koristi novi integrisano kolo ENC28J60 kako bi odgovorio svim potrebnim zahtevima mrežnih protokola. Navedeni čip sadrži 28 pina i potpuno nezavisan Ethernet kontroler za 10BASE-T mrežne konekcije. Vrednost 10 u oznaci ukazuje na maksimalnu brzinu od 10Mbit/s što je kod mikrokontrolera prikladna brzina pošto se inače kod takvih uređaja i ne zahteva preveliko opterećenje prilikom prenosa podataka. Modul poseduje SPI interfejs tako da je moguće preko njega ostvariti vezu sa većinom mikrokontrolera. Operativni napon iznosi 3,3 V međutim ulazi su tolerantni i na 5 V. Pored SPI interfejsa modul sadrži i kontrolni registar koji se koristi da nadgleda i kontroliše ENC28J60. Zatim poseduje RAM bafer za prijem i slanje paketa podatka, kao i interfejs magistralu koja interpretira podatke i komande koje stižu preko SPI interfejsa. Postoji još MAC modul koji implementira IEEE 802.3 specifikaciju i fizički sloj (PHY) koji kodira i dekodira signale podatka koji su prisutni na upredenim paricama. Uređaj takođe poseduje oscilator, regulator napona, translator napona kako bi se obezbedila tolerantnost na ulaz od 5 V i kontrolnu logiku sistema [11].



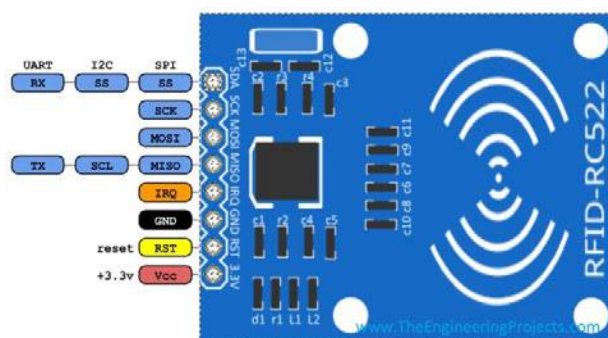
Slika 3. Arduino Ethernet Rev. 3 razvojna ploča

Arduino Ethernet je prikazan na Slici 3. i predstavlja Arduino razvojnu pločicu, koja je bazirana na ATmega328 mikrokontroleru, a na kojoj se nalazi ugrađen Ethernet interfejs. Navedeni modul poseduje 14 digitalnih ulazno-izlaznih pinova, 6 analognih ulaznih pinova, kristalni oscilator od 16MHz, priključak za napajanje i RJ45 konektor za mrežno povezivanje. Napajanje se može dobiti iz eksternog izvora za napajanje, preko opcionog PoE (Power over Ethernet) modula ili preko FTDI/USB Serial konektora. Komunikacija sa modulom može se ostvariti preko SPI veze ili preko postojećeg ethernet konektora uz pomoć

koga se veza ostvaruje sa žičnom mrežom pri čemu je potrebno obezbediti MAC i IP adrese. Na modulu se nalazi i mikro SD čitač kartica kome se može bez problema pristupiti preko određene biblioteke koda [12].

ESP8266 modul predstavlja rešenje preko koga je moguće ostvariti bežičnu vezu mikrokontrolera sa WiFi lokalnom mrežom. Pored toga, modul ima mogućnost pokretanja zasebnih aplikacija na sebi nezavisno. Modul ESP8266 zahteva napon napajanja od 3.3 V, sadrži RAM memoriju od 32K + 80K, sa brzinom procesora od 80-160MHz i pri tome podržava protokole 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r. Prilikom prenosa podataka u punoj snazi jačina struje iznosi 170mA dok u režimu spavanja potrebna struja iznosi samo 10uA [13]. Napajanje za navedeni modul može biti realizovano vidu nezavisno baterijskog napajanja uz dodatak solarnog panela za dopunjavanje baterija.

MF RC522 je visoko integrisani čitač RFID kartica za bezkontaktnu komunikaciju koji koristi elektromagnetne talase na 13,56 MHz (Slika 4.). MFRC522 predstavlja RFID modul koji može da čita i piše Mifare tagove. Dati čip kao čitač kartica karakterišu niski napon, mala cena, male dimenzije i bezkontaktno čitanje što predstavlja pogodan izbor kod "pametne" instrumentacije i portabilnih ručnih uređaja.

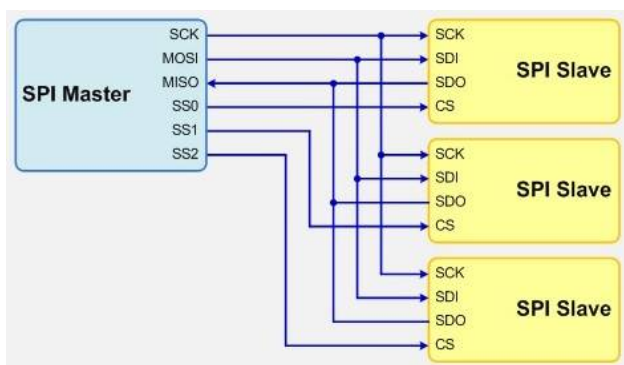


Slika 4. RC522 RFID čitač kartica

Navedeni čitač kartice sa mikrokontrolerima povezuju se uz pomoć SPI komunikacije, dok čip podržava takođe i I2C i UART protokole, međutim implementacija njihovih biblioteka još nije na zadovoljavajućem nivou. Operativna razdaljina u režimu čitanja i pisanja iznosi do 50 mm u zavisnosti od veličine antene i podešavanja. RFID modul sadrži fleksibilni prekidački (Interrupt) režim i napon napajanja od 2,5 V do 3,3 V [14].

3. MODEL POVEZIVANJA IOT UREĐAJA

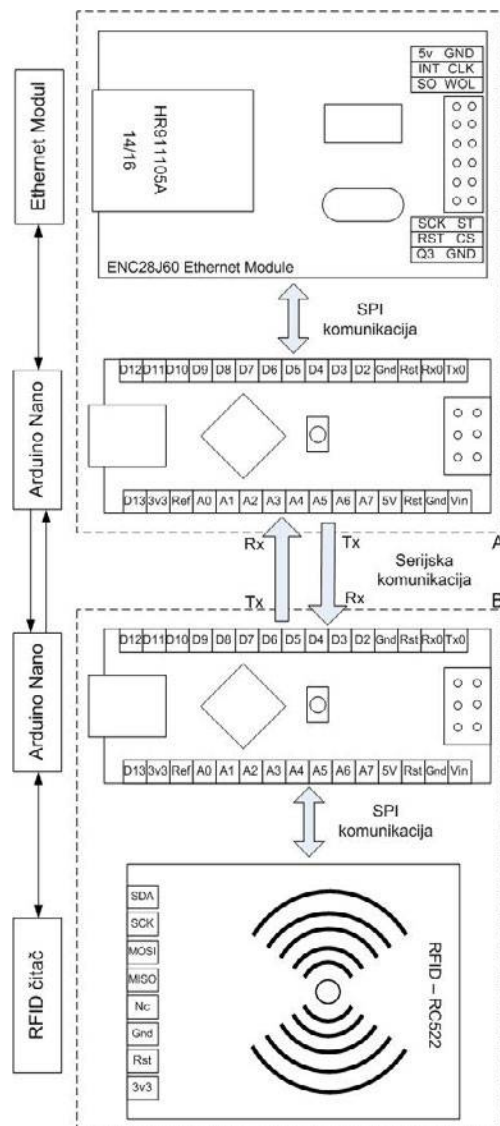
SPI (Serial Peripheral Interface) predstavlja komunikacioni protokol koji pruža sinhronu serijsku dvosmernu komunikaciju između master i slave uređaja. SPI magistrala se obično koristi za komunikaciju između mikrokontrolera i perifernih uređaja kao što su senzori, SD kartice, flash memorije, sat realnog vremena ili analogno-digitalni konvertori [15].



Slika 5. SPI konfiguracija sa više slave uređaja [15]

Na Slici 5. prikazana je standardan način komunikacije između SPI mastera sa SPI slave uređajima. SPI magistrala sastoji se od 4 signala i to su: master izlaz slave ulaz (Master Out Slave In - MOSI), master izlaz slave izlaz (Master In Slave Out - MISO), takt (SCK) i selektorskog signala (Slave Select - SS). Signali MOSI, MISO i SCK mogu se deliti između slave uređaja dok svaki slave uređaj ima jedinstveni SS signal prema masteru. Preko SS signala odabira se odgovarajući slave uređaj za komunikaciju sa masterom. Master uređaj inicira i kontroliše komunikaciju tako što odabira slave uređaj sa kojim će uspostaviti vezu postavljanjem SS na nizak naponski nivo. Pri tome, kao što je navedeno, postoji dvosmerna veza između uređaja tako da master uređaj može slati podatke do slave uređaja dok istovremeno slave uređaj prema potrebi može prosledivati podatke do glavnog master uređaja. Prednosti SPI upravo se ogledaju u mogućnosti potpune dupleks odnosno dvosmerne komunikacije, zatim većim protokom od I2C komunikacije, mogućnošću proizvoljnog izbora veličine poruke, sadržaja ili namene. Pored navedenog SPI karakteriše jednostavno hardversko povezivanje, niži zahtevi za potrošnjom energije od I2C, slave uređaji koriste takt master uređaja tako da ne zahtevaju precizne oscilatore i dodatni primopredajnici nisu potrebni. Nedostaci SPI mogu se sagledati kroz potrebu za veći broj pinova nego I2C, zatim ne postoji hardverska kontrola toka, ne podržava potvrdu od strane slave uređaja, a magistrale sa više master uređaja su retke i ne predstavljaju baš pogodna rešenja i obično su ograničena na jedan slave uređaj [16].

Na Slici 6. prikazan je način povezivanja uređaja koji pored pojedinih senzora, koji ovde nisu predmet interesovanja i nisu istaknuti na šemi, glavni deo predstavlja modul za pristup Ethernet mreži (A) i modul koji sadrži RFID čitač (B). Postoji dosta već realizovanih primera koji opisuju povezivanje Arduino platformi sa navedenim RFID dodatkom uz pomoć SPI povezivanja. Međutim, kada taj uređaj treba da postane deo IoT koncepta može doći do problema ako na platformi baziranoj na mikrokontroleru treba implementirati dodatak za povezivanje na eksternu mrežu odnosno Internet. Navedeni Ethernet modul takođe koristi SPI komunikaciju sa mikrokontrolerom, tako da u ovom slučaju postoje dva slave uređaja sa kojima jedan mikrokontroler treba da odabere kada da komunicira.



Slika 6. Povezivanje RFID čitača sa uređajem koji ima Ethernet podršku

Odabrana Arduino platforma sa velikom podrškom senzora, dodatnih modula kao i pratećih biblioteka koda predstavljala je pogodno rešenje za efektivnu i brzu realizaciju prototipa uređaja. Odabrana Arduino Nano platforma nema mogućnost da upravlja paralelnim radom, odnosno nije ni fizički izvodljivo da preko jednog master uređaja SPI veza bude istovremeno ostvarena sa oba modula. Sa jedne strane glavni deo uređaja zasnovan na Arduino Nano treba da ostvari SPI vezu sa RFID čitačem kako bi na odgovarajućim vodovima osluškivao podatke koji treba da pristignu nakon čitanja kartice, dok sa druge strane nakon čitanja potrebno je te iste podatke proslediti dalje koristeći Ethernet modul. To bi značilo da se prekida veza sa RFID čitačem i bira se drugi uređaj tj. Ethernet modul dok se ne završe operacije prosleđivanja zahteva prema eksternoj mreži. Da bi se zaobišao navedeni problem realizovan je primer sa dva Arduino Nano pri čemu je jedan od njih povezan sa RFID čitačem (Slika 6. A), dok je drugi povezan sa Ethernet modulom (Slika 6. B) koristeći SPI interfejs. Veza između njih je ostvarena preko serijske veze (Rx) i (Tx) pri čemu nije narušeno master svojstvo njihovih zasebnih SPI konekcija. Postoje

određene prednosti SPI interfejsa u odnosu na serijsku vezu kod koje se može reći da je asinhrona i da se ne može kontrolisati da li obe strane u komunikaciji imaju tačno iste brzine. Taj problem je zaobiden kod asinhrona serijske komunikacije dodavanjem start i stop bitova kako bi se prijemnik sinhronizovao prilikom pristizanja podatka. Navedeni nedostaci u konkretnom primeru povezivanja dva Arduino Nano preko serijske veze nemaju previše uticaja jer se ne radi o kontinuiranom osluškivanju ili prenosu veće količine podataka, već svega nekoliko bajtova koji predstavljaju očitavanje sa RFID kartice ili neki drugi prikupljeni podatak sa senzora. Na ovaj način modularno su odvojeni delovi koji koriste RFID čitač za njegov nesmetani rad, a sa druge strane nalazi se takoreći zaseban Ethernet modul koji može slati zahteve i podatke za udaljeni server ili može imati realizovan Web server na svojoj platformi. Pošto prikupljanje podataka u ovom slučaju podrazumeva prenos malih jedinica podataka koji se prenose na udaljeni server nije neophodna SD kartica za skladištenje podataka što takođe utiče na cenu uređaja. Memorija odabrane Arduino platforme je dovoljna da se u njoj sačuvaju parametri potreban za povezivanje sa Ethernet modulom. Pored toga ovakvom realizacijom sa dva modula dobija se veća procesorska snaga i više pinova koji se mogu iskoristiti za povezivanje senzora.

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan model IoT uređaja realizovanog na Arduino platformi koji ima mogućnost RFID čitača. Predloženi model uređaja predstavlja dva povezana mikrokontrolerska modula gde svaki od njih ima svoje periferije i oni međusobno komuniciraju serijskom vezom. Probni primer pokrenut na ovom uređaju predstavlja sistem za kontrolu i evidenciju pristupa uz pomoć RFID kartica. Sistem je pokazao da ne zahteva dodatni memorijski prostor u vidu SD kartica, ima veću mogućnost povezivanja dodatnih senzora i očitane podatke sa RFID kartica u realnom vremenu prosleđuje na udaljeni server. Dalji koraci bi podrazumevali ispitivanje uređaja prilikom prenosa većeg obima podataka i njegovu primenu u drugim situacijama zamenom tipa RFID čitača.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta TR 32043 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period 2011-2016.

LITERATURA

- [1] Whitmore A., Agarwal A., Da Xu L. "The Internet of Things - A survey of topics and trends", *Information Systems Frontiers*, Vol. 17, Issue 2, pp 261-274, 2015.
- [2] Khan, R., Khan, S.U., Zaheer, R., Khan, S. "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges", *Frontiers of*

Information Technology (FIT), 2012 10th International Conference on, pp 257 - 260, 2012.

- [3] Laranjoa I., Macedob J., Santos A. "Internet of Things for Medication Control: Service Implementation and Testing", *Procedia Technology*, Vol. 5, pp 777-786, 2012.

[4] Jara A. J., Zamora M. A., Skarmeta A. F. "Drug identification and interaction checker based on IoT to minimize adverse drug reactions and improve drug compliance", *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 18, Issue 1, pp 5-17, 2014.

[5] Petracca M., Bocchino S., Azzarà A., Pelliccia R., Ghibaudi M. and Pagano P. "WSN and RFID Integration in the IoT scenario: an Advanced Safety System for Industrial Plants", *Journal of communications software and systems*, Vol. 9, No. 1, pp 104-113, 2013.

[6] Villanueva, F.J., Villa, D., Moya, F., Santofimia, M.J., Lopez, J.C. "Internet of Things Architecture for an RFID-Based Product Tracking Business Model", *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)*, 2012 Sixth International Conference on, pp 811 - 816, 2012.

[7] Yang L., Yu P., Bailing W., Yun Q., Xuefeng B., Xinling Y. and Zelong Y. "Hash-based RFID Mutual Authentication Protocol", *International Journal of Security and Its Applications*, Vol. 7, No. 3, pp 183-194, 2013.

[8] Lopez-de-Ipina D., Diaz-de-Sarralde I., Garcia-Zubia J. "An Ambient Assisted Living Platform Integrating RFID Data-on-Tag Care Annotations and Twitter", Vol. 16, No. 12, pp 1521-1538, 2010.

[9] Arduino, www.arduino.cc, poslednja poseta: 21.01.2016.

[10] Arduino Nano, www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano, poslednja poseta: 21.01.2016.

[11] ENC28J60, Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface, Microchip Technology Inc. pp 1-102, 2012. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662e.pdf>, poslednja poseta: 12.01.2016.

[12] Arduino Ethernet. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardEthernet>, poslednja poseta: 12.01.2016.

[13] Kolban N. "Kolban's book on the ESP8266", Texas, USA, pp 1-317, 2015. <http://neilkolban.com/tech/esp8266> poslednja poseta: 12.01.2016.

[14] MFRC522, Standard 3V MIFARE reader solution, pp 1-95, 2014. http://www.nxp.com/documents/data_sheet/MFRC522.pdf, poslednja poseta: 12.01.2016.

[15] SPI Interface, http://www.corelis.com/education/SPI_Tutorial.htm, poslednja poseta: 12.01.2016.

[16] SPI Bus interface, <http://www.eeherald.com/section/design-guide/esmod12.html>, poslednja poseta: 12.01.2016.

Linearizacija mešača prijemnika

Mixer linearization

Aleksandra Đorić¹, Nataša Maleš-Ilić², Aleksandar Atanasković², Marko Živanović³

Inovacioni centar naprednih tehnologija¹

Elektronski fakultet Niš²

Student doktorskih studija

Sadržaj – U ovom radu izvršena je linearizacija mešača u prijemniku metodom koja koristi signale iz osnovnog opsega. Ovi signali za linearizaciju se procesiraju u prijemniku, tako što se nakon demodulacije podešavaju po amplitudi i polaritetu u digitalnom domenu. Nakon obrade se signali za linearizaciju ubacuju u Gilbertov mešač kojim se frekvencija nosioca ulaznog signala konvertuje na dole. U radu su analizirani efekti linearizacije za tri različita mesta u kolu mešača na kojima se ubacuju signali za linearizaciju. Razmatran je uticaj kašnjenja signala za linearizaciju na rezultate.

Abstract – In this paper, the mixer at the receiver is linearized by the method that exploits the baseband signals. Those signals for linearization are processed in digital domain after the demodulation, adjusted in amplitude and polarity and injected at the Gilbert down converted mixer cell. We consider the results of the linearization for three different cases depending of the point in the mixer where the signals for linearization are driven. The influence of the linearization signals delay on the linearization effects is analyzed as well.

1. UVOD

U savremenim bežičnim komunikacionim sistemima veoma važna karakteristika primopredajnika je linearnost koja je u predajniku dominantno određena pojačavačem snage, a u prijemniku mešačem (mikserom). Mešači omogućavaju proces konverzije frekvencije i modulaciju/demodulaciju digitalne informacije u predajnicima/prijemnicima. Gilbertov mešač se koristi za primene u konvertorima frekvencije na dole u prijemnicima, pošto se odlikuje dobrom karakteristikom konverzionog pojačanja u širokom frekvencijskom opsegu.

U literaturi su dostupne tehnike za linearizaciju mešača [1]-[3], kao što su feedforward, predistortion, tehnika bazirana na transkonduktansi trećeg reda, tehnika bazirane na ubacivanju drugog harmonika i signala razlike frekvencija u analognom domenu [4]-[6].

U ovom radu analiziran je uticaj linearizacione tehnike koja koristi modifikovane signale u osnovnom opsegu [7] u cilju linearizacije mešača koji se koristi kao konvertor naniže na 200 MHz. U [7] je po prvi put predložena tehnika koja koristi modifikovane signale u osnovnom opsegu za linearizaciju pojačavača snage u predajniku. U ovom radu, signal za linearizaciju se formira u osnovnom opsegu procesiranjem I i Q signala, zatim se podešava po amplitudi i polaritetu u digitalnom domenu i ubacuje se u kolo mešača. Razmatrana su tri načina ubacivanja signala

za linearizaciju u kolo mešača, što je detaljnije opisano u radu. U radu je data teorijska osnova primenjene linearizacione metode, opisani su razmatrani slučajevi i prikazani rezultati linearizacije mešača koji se odnose na intermodulacione produkte treće i pete vrste. Rezultati su dobijeni u postupku simulacije za QAM signal kod koga su I i Q komponente prostoperiodični signali, a spektralne komponente su frekvencijski udaljene za 200 kHz i 2 MHz. Analizirana su efekti linearizacije za dva nivoa snage ulaznog signala.

2. ANALIZA

Teorijska analiza predložene linearizacione metode zasniva se na nelinearnosti izlazne struje tranzistora. Dominantna nelinearnost FET-a može biti predstavljena polinomskim modelom u vidu Taylor-ovog reda, [8-10]:

$$i_{ds} = g_{m1}v_{gs} + g_{m2}v_{gs}^2 + g_{m3}v_{gs}^3 + g_{d1}v_{ds} + g_{d2}v_{ds}^2 + g_{d3}v_{ds}^3 + g_{m1d1}v_{gs}v_{ds} + g_{m2d1}v_{gs}^2v_{ds} + g_{m1d2}v_{gs}v_{ds}^2 + \dots \quad (1)$$

Struja drejna tranzistora (i_{ds}), zavisi od napona između gejta i sorsa (v_{gs}), što je izraženo transkonduktansnim članovima koji su označeni sa g_{mx} . Zavisnost struje drejna od napona između drejna i sorsa (v_{ds}) je data koeficijentima označenim sa g_{dy} koji predstavljaju konduktansu drejna. Pored toga, struja drejna je izražena u funkciji napona između gejta i sorsa, kao i napona između drejna i sorsa pomoću mešovitih koeficijenata označenim sa g_{mxdy} . Red svakog koeficijenta može da se izračuna kao $x+y$.

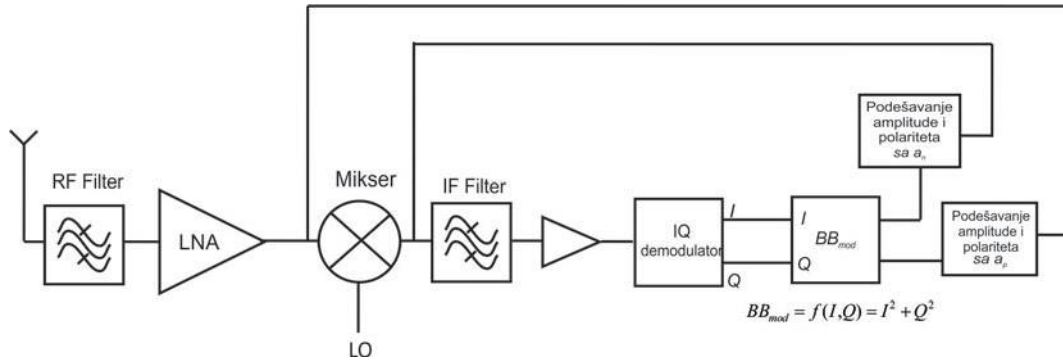
U analizi se polazi od pretpostavke da se dve komponente signala u osnovnom opsegu fazna- I i kvadraturna komponenta- Q na izlazu demodulatora u prijemniku (Slika 1) izdvajaju u sledećem obliku:

$$\begin{aligned} I &= (c(t)/v_s)\cos(\phi(t)) \text{ i} \\ Q &= (c(t)/v_s)\sin(\phi(t)) \end{aligned} \quad (2)$$

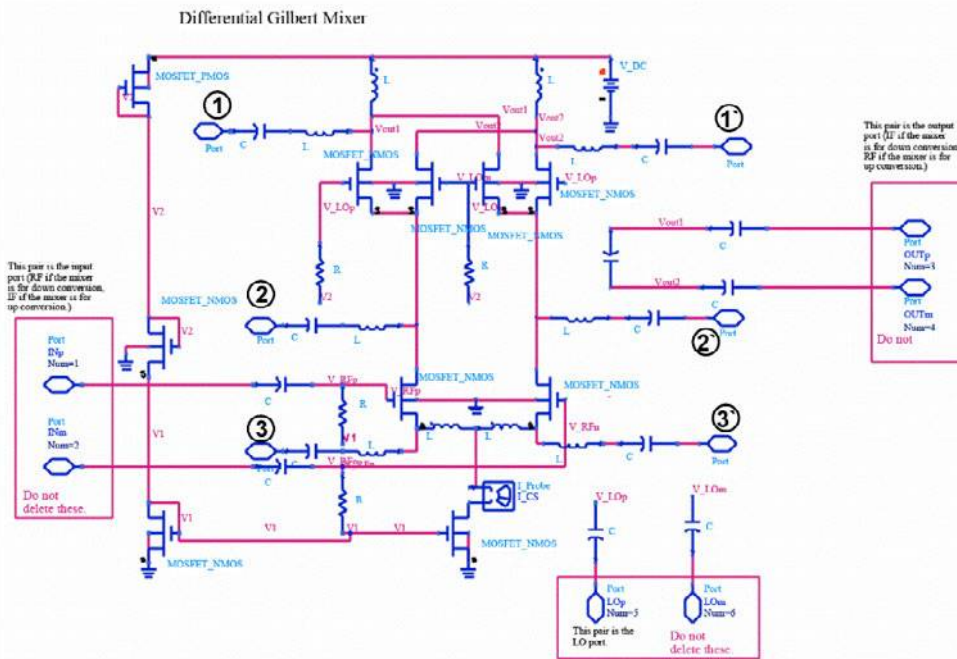
Obradom ovih signala u osnovnom opsegu se formira signal oblika:

$$I_{IM2} = (I^2 + Q^2) \quad (3)$$

Formirani signal se dalje procesira u osnovnom opsegu, tako što se množi koeficijentima a_p ili a_n sa ciljem podešavanja amplitude i polariteta. Na ovaj način modifikovan signal se zatim ubacuje u kolo mešača kao što je naznačeno na Slici 1.



Slika 1. Blok šema prijemnika sa kolom za linearizaciju mešača



Slika 2. Gilbertov mikser

U ovom radu su razmatrana tri načina ubacivanja modifikovanih i podešenih signala za linearizaciju u osnovnom opsegu: I slučaj se odnosi na ubacivanje signala za linearizaciju u kolo na drejn diferencijalnog para u LO stepenu (ili stepena za mešanje signala), tačke su označene sa 11' na Slici 2, u II slučaju se signali za linearizaciju ubacuju na drejn diferencijalnog para RF stepena (tačke su označene sa 22'), III slučaj razmatra mogućnost linearizacije kada se signali za linearizaciju ubacuju na sors RF stepena (tačke su označene sa 33').

Usled nelinearnosti drugog reda tranzistora u Gilbertovom mešaču dolazi do mešanja ubačenih signala za linearizaciju iz osnovnog opsega i željenih signala. Na osnovu prethodno izvršene analize u [7], signali za linearizaciju se mešaju sa željenim signalima preko transkonduktansnih članova drugog reda i mešoviti članova drugog reda, dok se konduktanski članovi iz (1) mogu zanemariti na osnovu analiza iz [9], [10]. Usled toga, formiraju se dodatni intermodulacioni produkti trećeg reda, kojima se mogu smanjiti originalni intermodulacioni produkti trećeg reda nastali u kolu mešača usled njegove nelinearne karakteristike.

3. REZULTATI SIMULACIJE

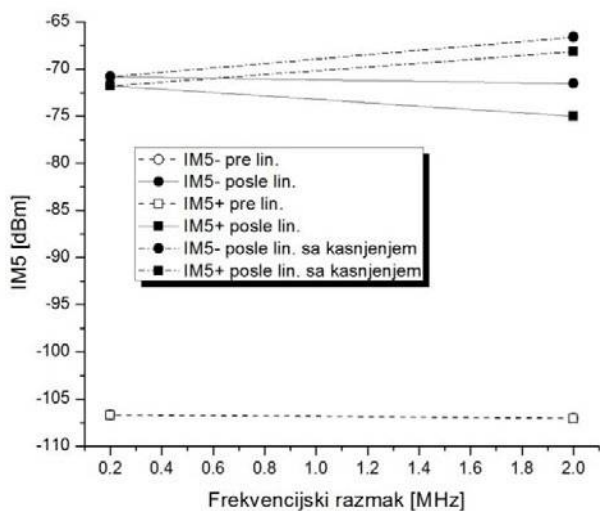
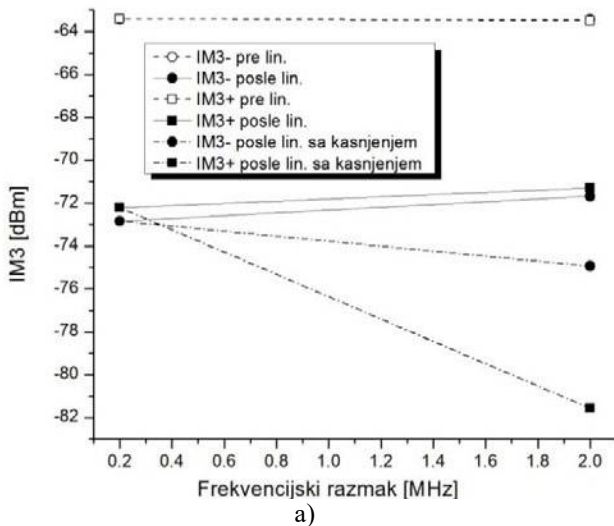
Uticao predložene linearizacione metode na smanjenje intermodulacionih produkata analiziran je za slučaj mešača u heterodinskom prijemniku koji je zajedno sa kolom za linearizaciju prikazan na Slici 1. Razmatrana je linearizacija mešača kojim se vrši konverzija frekvencija na dole, sa RF frekvencije primljenog signala od 1 GHz na 200 MHz. Mešač je Gilbertova ćelija i u postupku simulacije i analize korišćen je MOSFET model tranzistora u mešaču. Gilbertov mešač se odlikuje dobrim konverzionim pojačanjem i izolacijom između portova.

Izvršen je test za QAM signal čije su I i Q komponente prostoperiodični signali. Razmatrani su signali čiji spektar sadrži dve frekvencijske komponente razmaknute za 200 kHz i 2 MHz oko centralne frekvencije 1 GHz.

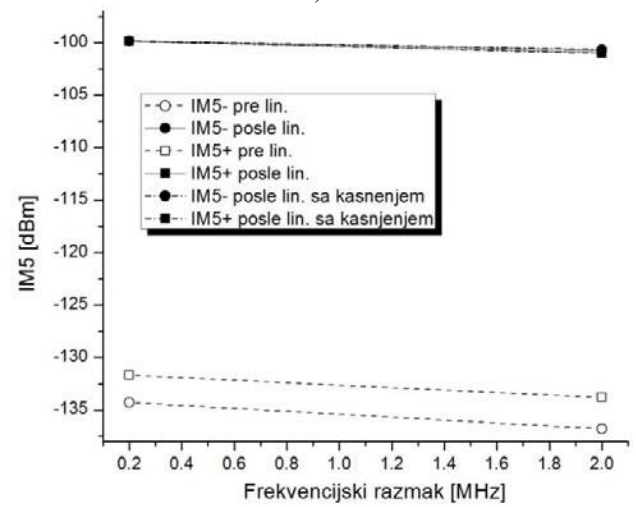
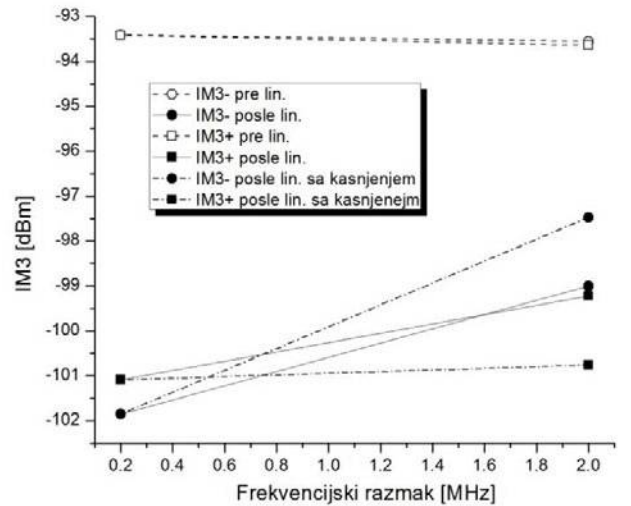
Linearizacija mešača je izvršena za tri različita slučaja (I, II i III). Dato je poređenje rezultata za sve pomenute slučajeve, pri čemu su frekvencija lokalnog oscilatora mešača, $LO=1.2$ GHz i frekvencija nosioca ulaznog signala $RF=1$ GHz. Takođe, ulazna snaga RF nosioca je $Pin_{RF} = -20$ dBm ili -30 dBm, dok je snaga signala iz lokalnog oscilatora $Pin_{LO} = -3$ dBm.

Linearizacija je vršena sa ciljem da se potisnu intermodulacioni produkti trećeg reda-IM3 produkti. U procesu optimizacije podesivih parametara signala za linearizaciju iz osnovnog opsega-amplitude i polariteta, uočeno je da se prilikom smanjenja IM3 produkata, snaga IM5 produkata povećava, tako da su rezultati u potiskivanju IM3 produkata ostvareni sa ciljem da IM5 produkti ne porastu iznad redukovane snage IM3 produkata.

Na Slikama 3 do 8 prikazani su rezultati linearizacije za pomenuta tri slučaja linearizacije kada se osnovni signali za linearizaciju ubacuju u tačkama 11'-I slučaj, 22'-II slučaj i 33'-III slučaj. Sa grafika se uočava da su veoma slični rezultati postignuti za sva tri slučaja, tj. IM3 nelinearni produkti se redukuju za maksimalno 10 dB nakon primene linearizacije tehnike i to za 200 kHz razmak između signala. Sa porastom ovog razmaka i stepen redukcije IM3 produkata se smanjuje. Ova promena u stepenu potiskivanja je izraženija za niže snage i posebno se uočava kod trećeg slučaja, tako da za 2 MHz frekvenzijski pomerene signale i $P_{in,RF} = -30$ dBm, $P_{in,LO} = -3$ dBm u III slučaju iznosi 5 dB.



Slika 3. Intermodulacioni produkti pre i posle linearizacije za I slučaj za $P_{in,RF} = -20$ dBm, $P_{in,LO} = -3$ dBm:
a) IM3 i b) IM5

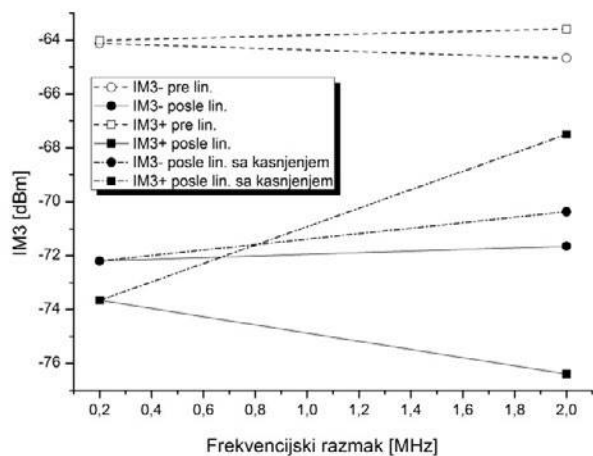


Slika 4. Intermodulacioni produkti pre i posle linearizacije za I slučaj za $P_{in,RF} = -30$ dBm, $P_{in,LO} = -3$ dBm:
a) IM3 i b) IM5

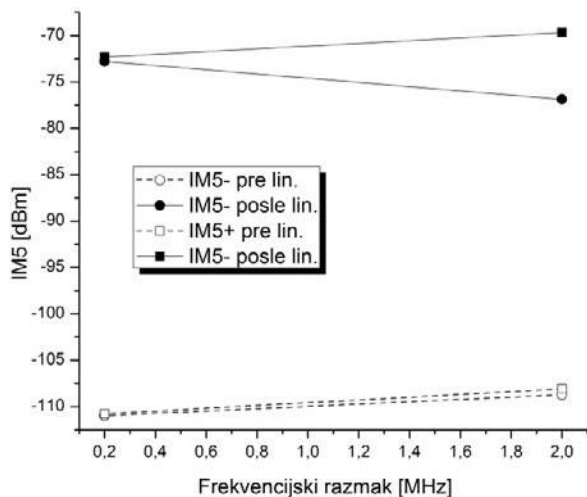
Snaga IM5 produkata se povećava u odnosu na nivo pre linearizacije za posmatrane razmake između signala, kao i za oba nivoa ulazne snage RF nosioca, ali je zadržana na nivoima koji su reda veličine linearizovanih IM3 produkata.

Razmatran je i uticaj kašnjenja signala za linearizaciju iz osnovnog opsega na rezultate linearizacije. Uočeno je da analizirana kašnjenja do 50 ns ne utiču na rezultate potiskivanja IM3 produkata za razmak između signala 200 kHz. Kada je taj razmak 2 MHz, došlo se do zaključka da kašnjenje oko 1 ns ne utiče na rezultate, dok se sa povećanjem ovog kašnjenja smanjuje potiskivanje IM3 produkata. U prvom razmatranom slučaju se za kašnjenje signala za linearizaciju od 20 ns ne postiže više nikakvo smanjenje ovih produkata, dok se kod drugog i trećeg slučaja to uočava za 50 ns. Takođe, pokazalo se da su efekti isti za drugi i treći razmatran slučaj. Na Slikama 3a) do 8a), prikazani su rezultati linearizacije IM3 produkata za tri razmatrana slučaja kada je kašnjenje signala za linearizaciju 10 ns. Treba napomenuti da se IM5 produkti povećavaju sa porastom kašnjenja samo u prvom razmatranom slučaju i to za viši razmatran nivo

snage RF nosioca, što je prikazano na Slici 3b). U preostala dva slučaja se IM5 produkti ne menjaju kada se uključi uticaj razmatranih vrednosti za kašnjenje signala za linearizaciju u odnosu na nivoe koji su dostignuti sa primenom linearizacije.



a)



b)

Slika 5. Intermodulacioni produkti pre i posle linearizacije za II slučaj za $P_{in,RF} = -20$ dBm, $P_{in,LO} = -3$ dBm:

a) IM3 i b) IM5

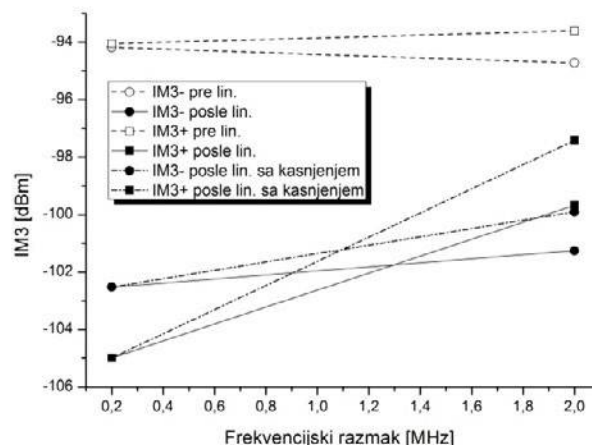
4. ZAKLJUČAK

U radu je opisana linearizaciona metoda kojom je izvršena linearizacija Gilbertovog mešača u prijemniku. Ovim mešačem se vrši konverzija QAM ulaznog signala čija je noseća frekvencija 1 GHz na 200 MHz. Test je izvršen za QAM signal čije su I i Q komponente prostoperiodični signali, tako da njegov spektar sadrži dve frekvencijske komponente simetrične u odnosu na noseću frekvenciju. Predložena linearizaciona metoda koristi modifikovane I i Q signale na prijemu koji se procesiraju u digitalnom domenu i formiraju signal za linearizaciju koji se podešava po amplitudi i polaritetu i dovodi na mešač. Prikazani su rezultati primenjene linearizacione metode za tri različita načina dovođenja signala za linearizaciju u kolo mešača: 1. na drejn diferencijalnog para LO stepena, 2. na drejn diferencijalnog para RF stepena i 3. na sors RF stepena. Efekti linearizacije su

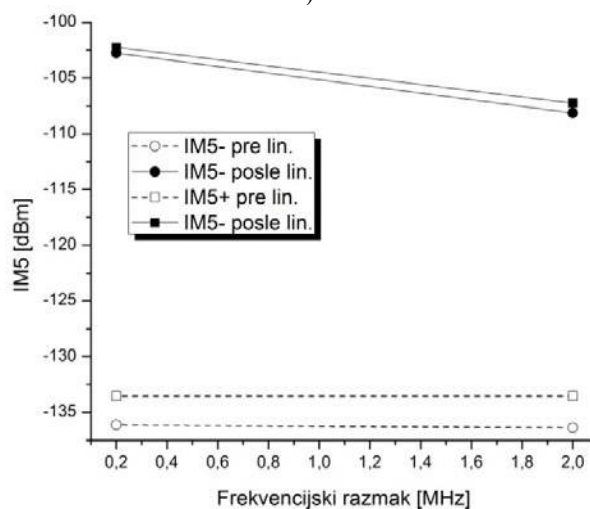
razmatrani za različite nivoe ulazne snage i različite frekvencijske razmake između spektralnih komponenti signala. Može se zaključiti da su postignuti rezultati u smanjenju intermodulacionih produkata treće vrste, IM3, skoro isti za sva tri razmatrana slučaja, da iznose maksimalno 10 dB i da stepen smanjenja opada sa porastom razmaka između signala. Pri tome, se vodilo računa da intermodulacioni produkti pete vrste ostanu na nivoima ili ispod nivoa snage smanjenih IM3 produkata. Pored toga, uočeno je da kašnjenje signala za linearizaciju veće od 1 ns umanjuje rezultate potiskivanja u slučaju razmaka između signala od 2 MHz, pri čemu se ne može postići nikakav rezultat linearizacije za kašnjenje od 20 ns u prvom slučaju i 50 ns u preostala dva razmatrana slučaja. Treba napomenuti da su tipične vrednosti kašnjenja signala u komercijalno raspoloživim prijemnicima reda veličine nekoliko desetina pikosekundi.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekta III-44009



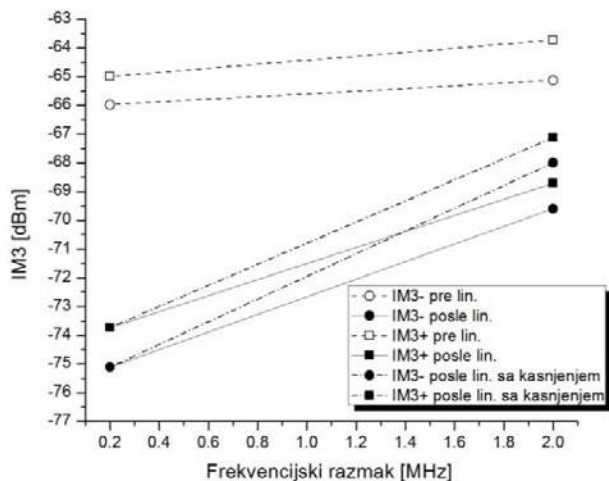
a)



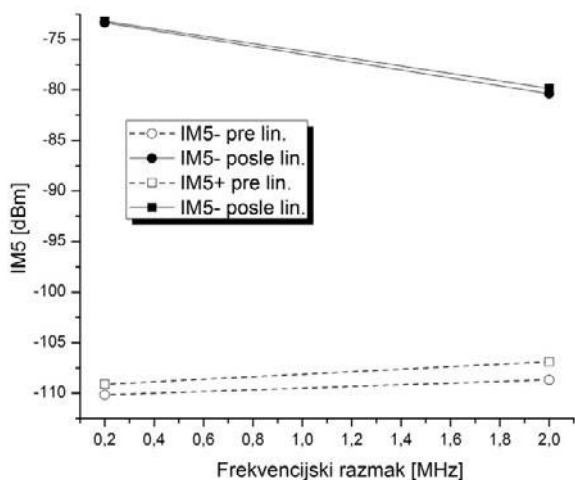
b)

Slika 6. Intermodulacioni produkti pre i posle linearizacije za II slučaj za $P_{in,RF} = -30$ dBm, $P_{in,LO} = -3$ dBm:

a) IM3 i b) IM5



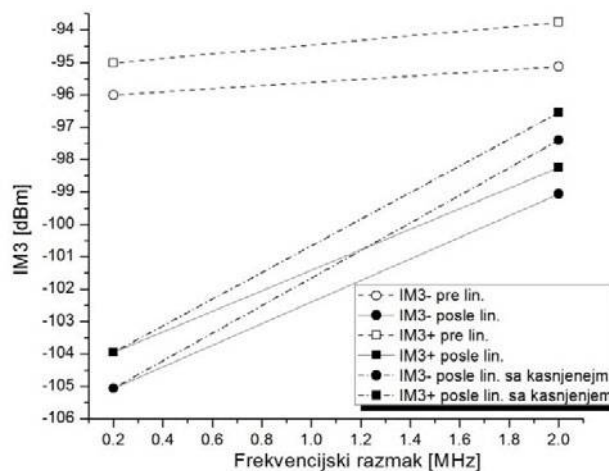
a)



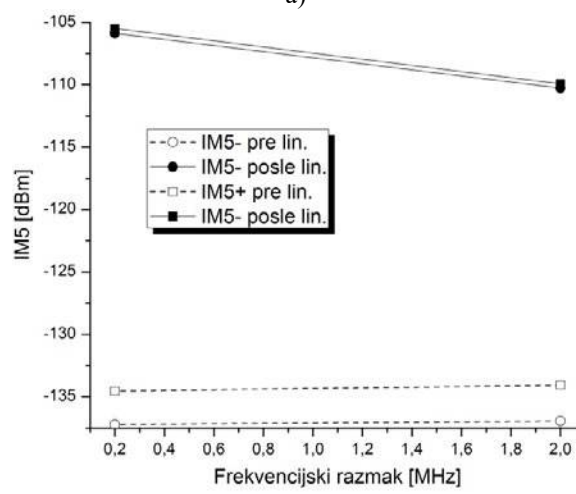
b)

Slika 7. Intermodulacioni produkti pre i posle linearizacije za III slučaj za $P_{in_{RF}} = -20$ dBm, $P_{in_{LO}} = -3$ dBm:

a) IM3 i b) IM5



a)



b)

Slika 8. Intermodulacioni produkti pre i posle linearizacije za III slučaj za $P_{in_{RF}} = -30$ dBm, $P_{in_{LO}} = -3$ dBm:

a) IM3 i b) IM5

LITERATURA

- [1] T. J. Ellis, "A modified feed-forward technique for mixer linearization," in *IEEE MTT-S Int. Dig.*, Jun. 1998, pp. 1423–1426.
- [2] Y. Kim, Y. Kim, and S. Lee, "Linearized mixer using predistortion technique," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, no. 6, pp. 204–205, Jun. 2002.
- [3] K-H Liang, C-H Lin, H-Y Chang, and Y-J Chan, "A New Linearization Technique for CMOS RF Mixer Using Third-Order transconductance Cancellation," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 18, no. 5, pp. 350–352, May 2008.
- [4] S. Ock, Y. Yang and B. Kim, "New Linearization Method for Mixer," *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 39, no. 1, pp. 1–3, July 2001.
- [5] S. Lou, H. C. Luong, "A Linearization Technique for RF Receiver Front-End Using Second-Order-Intermodulation Injection," *IEEE Journal of Solid-state circuits*, vol. 43, no. 11, pp. 2404–2412, November 2008.
- [6] G. Theodoratos, Y. Papananos, and G. Vitzilaios, "A Low-Voltage 5-GHz Downconversion Mixer Employing A Second Harmonic Injection Linearization Technique," *IEEE Transactions on Circuits And Systems—II: Express Briefs*, vol. 54, no. 11, pp. 964–968, November 2007.
- [7] A. Atanasković, N. Maleš-Ilić, A. Đorić, M. Živanović, "Power Amplifier Linearization by Modified Baseband Signal Injection," *12th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS 2015)*, pp. 102–105, Niš, Serbia, 14–17 October, 2015.
- [8] J. C. Pedro and J. Perez, "Accurate simulation of GaAs MESFET's intermodulation distortion using a new drain-source current model," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 42, pp. 25–33, January 1994.
- [9] J. P. Aikio and T. Rahkonen, "Detailed distortion analysis technique based on simulated large-signal voltage and current spectra," *IEEE MTT Trans Microwave Theory Tech.*, vol. 53, pp. 3057–3065, 2005.
- [10] A. Heiskanen, J. Aikio, and T. Rahkonen, "A 5-th order Volterra study of a 30W LDMOS power amplifier," *ISCAS'03- International Symposium on Circuits and Systems, Conference Proceedings*, Vol. 4, pp. 616–619, Bangkok, Thailand, 2003.

SERVISNO-ORJENTISANA SENZORSKA MREŽA ZA MERENJE KONCENTRACIJE ŠTETNIH GASOVA U VAZDUHU

SERVICE-ORIENTED SENSOR NETWORK FOR MEASUREMENT OF HARMFUL GASES IN THE AIR

Ilija Radovanović^{1,2}, Nikola Bežanić², Djordje Klisić¹, Veljko Milosavljević¹, Dejan Drajić¹, Ivan Popović¹
Elektrotehnički fakultet u Beogradu¹
Inovacioni centar Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu²

Sadržaj – U ovom radu je opisano korišćenje mreže pametnih pretvarača na bazi servisno-orjentisane arhitekture za merenje koncentracije štetnih gasova u vazduhu koristeći Raspberry Pi platformu. Korišćen je koncept implementacije autokorekcionih funkcija pametnih pretvarača u skladu sa IEEE 1451 standardom za namene višekanalnih senzorskih merenja. Implementacija omogućava procesiranje mernih podataka u okviru modula pametnog pretvarača čime se pojednostavljuje razvoj distribuirane senzorske aplikacije koja se izvršava na mrežnom procesoru. Ovakav koncept pojednostavljuje hardverske zahteve na strani pametnih pretvarača istovremeno smanjujući potrošnju senzorskog modula i povećavajući fleksibilnost u implementaciji servisa.

Abstract - This paper presents using of smart transducer network based on serviced-oriented architecture for measurement of harmful gases concentration in the air by using Raspberry Pi platform. Concept of the implementation of smart transducers correction functions in accordance with the IEEE 1451 standard for the use of multi-channel sensor measurements is used. The implementation allows processing of measurement data in the smart transducer module simplifying development of distributed sensing applications running on the network processor. The concept simplifies hardware requirements on smart transducer side reducing sensing module power consumption and maximizes flexibility in services implementation. This simplifies of transducers integration and development of distributed applications running on different network processors.

1. UVOD

Neprestani razvoj industrije u današnje vreme dovodi konstantno do novih potreba i primena senzora sa malom potrošnjom. Elektrohemijski senzori sa visokom osetljivošću i brzim odzivom, koji istovremeno su jednostavni za korišćenje a mogu detektovati i više različitih vrsta gasova u vazduhu, koriste se sve više kako u domaćinstvima tako i u industriji. Od značaja su koncentracije alkohola, ugljen monoksida, metana, butana, tečni naftni gas, prirodni gas, dim, čadj, hidrogen, itd. U industriji, meteorologiji i pri monitoringu čovekove okoline, a rukovodeći se zakonskim regulativama, koriste se stacionarni industrijski senzori. Danas na tržištu postoji veliki broj digitalnih uređaja baziranih na gasnim sensorima. Ovi senzori su precizni i veoma pouzdani, ali

njihova cena kao i cena kalibracije i održavanja takvog sistema je dosta visoka. Sa druge strane u cilju postizanja veće efikasnosti sami mikrokontroleri se biraju tako da imaju performanse namenjene odabranim sensorima što dovodi do povećanja složenosti sistema, kao i povećanja same potrošnje sistema, što je za uređaje sa baterijskim napajanjem od velike važnosti. Ovi problemi se mogu prevazići korišćenjem ekonomičnijih gasnih senzora niske potrošnje (ali sa ograničenijim performansama) sa implementiranim funkcijama autokorekcije.

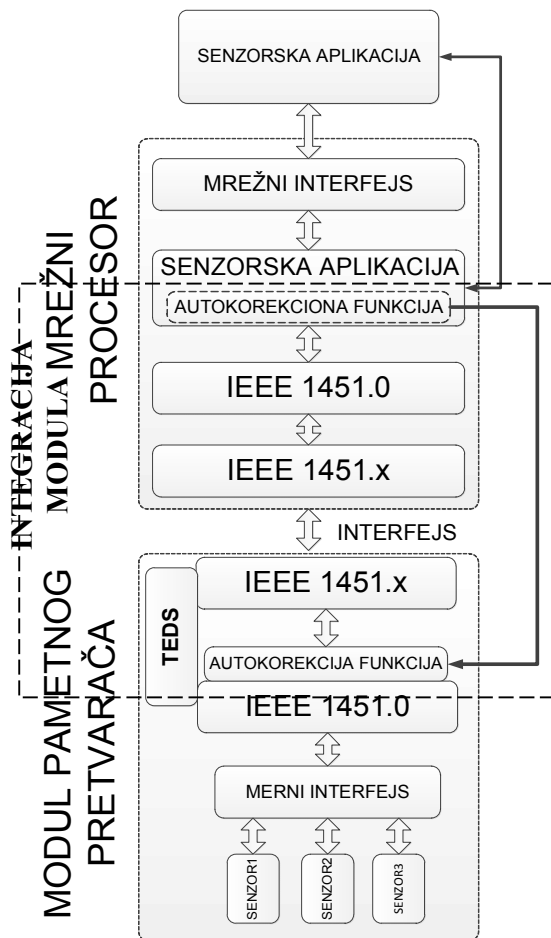
Merenje koncentracija raznih štetnih gasova u vazduhu se bazira na implementaciji pametnog mernog pretvarača (senzora) u sistem sa niskom potrošnjom. Uvođenjem IEEE 1451 standarda [1-3], koji je definisao modele implementacije i metode pristupa funkcijama mernih pretvarača, integracija pretvarača u složene merne sisteme znatno je pojednostavljena. Standard je predvideo elektronsku specifikaciju pametnog pretvarača kao podršku za implementaciju autokorekcionih funkcija [1-3]. Elektronska specifikacija je data u formi složene strukture podataka koja se najčešće implementira u okviru samog modula pretvarača. Za slučaj višekanalnih senzorskih merenja tradicionalni model korekcije mernih podataka podrazumevao je implementaciju senzorskih karakteristika i obradu mernih podataka u okviru senzorske aplikacije. Uvođenjem IEEE 1451 standarda uveden je modularni koncept implementacije funkcija pretvarača i definisan model komunikacije između pojedinačnih komponenti sistema. Na ovaj način je omogućen razvoj komponenti softvera i odgovarajućih interfejsa, koji nezavisno od tipa mreže i karakteristika hardverskih komponenti sistema, obezbeđuju opšti model za pristup, manipulaciju i predstavljanje podataka, sinhronizaciju aktivnosti, konfiguraciju sistema i korekciju mernih vrednosti [4-5].

2. REALIZACIJA MODULA PAMETNOG PRETVARAČA

Razvoj pametnog senzora podrazumeva implementaciju funkcija i servisa definisanih u okviru familije IEEE 1451 standarda. Osnovu čini IEEE 1451.0 podstandard koji definiše interfejs prema korisničkoj aplikaciji i prema komunikacionom modulu koji je definisan nekim od ostalih IEEE 1451.x specifikacija [2] [6-7]. Iako standard definiše modularnu arhitekturu u obliku mrežnog dela i dela za akviziciju i procesiranje podatka, u današnje vreme moguće je da se obe ove funkcionalnosti objedine i implementiraju u isto integrisano kolo sa

mikroprocesorskom arhitekturom. Kod pametnih mrežnih pretvarača sa mogućnošću ethernet pristupa, dalja integracija modula pametnog pretvarača i mrežnog procesora je moguća, dok kod modula pametnog pretvarača sa mogućnosti radio komunikacije, implementacija funkcionalnosti definisanih IEEE 1451.x specifikacijama može biti izostavljena jer su funkcionalnosti i servisi modula mrežnog procesora već implementirane na strani modula pametnog pretvarača [4] [8-9].

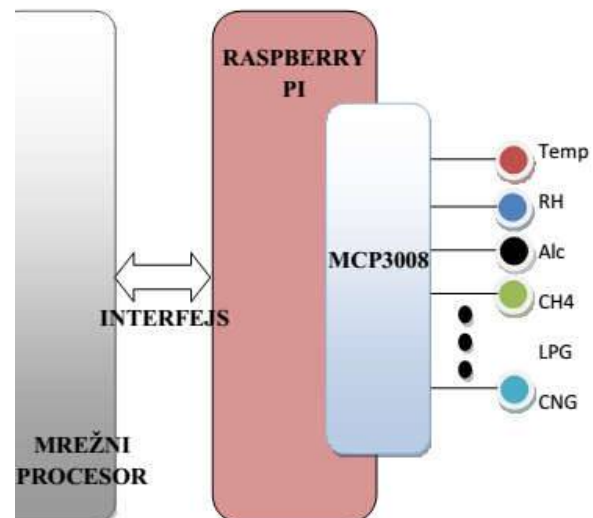
Ovakav pristup omogućava izmeštanje servisa definisanih IEEE 1451 standardom iz pretvaračkog modula u virtualne servise na udaljenim uređajima ili računarima, a samim tim pojednostavljuje hardverske zahteve na strani pametnih pretvarača istovremeno smanjujući potrošnju senzorskog modula i povećavajući fleksibilnost u implementaciji novih servisa. Za slučaj višekanalnih senzorskih merenja, ulazne promenljive korekcionne funkcije predstavljaju merne vrednosti sa različitih senzora koji su povezani na modul pametnog pretvarača. Implementacija korekcionne funkcije se posmatra kao odvojeni mrežni servis kod koga su ulazne veličine podaci sa fizičkih senzora a izlazne veličine virtualni podaci sa senzora.



Slika 1. Arhitektura opisane sistema u skladu sa IEEE 1451 standardom

Kako su u ovom slučaju ulazni podaci sa istog interfejs modula, implementacija korekcionih funkcija može se izvršiti na strani modula pretvarača. Implementacija modula pametnog pretvarača uključuje integraciju modula pretvarača i modula mrežnog procesora u formi modernih višeprocorskih sistema koji imaju sposobnosti procesiranja, akvizicije podataka, i bežičnog prenosa podataka u okviru jednog integralnog modula [9]. Arhitektura opisane sistema u skladu sa IEEE 1451 standardom je prikazana na slici 1.

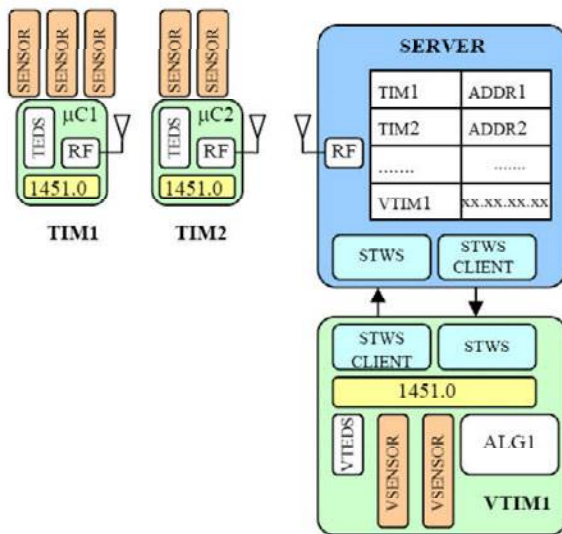
Hardver modula pametnog pretvarača je baziran na računarskoj platformi Raspberry Pi. Ulazni podaci se dobijaju sa analognih senzora niske potrošnje iz MQ familije senzora. Kako je Raspberry Pi digitalni uređaj i shodno tome nema način da očita direktno podatke sa analognih senzora, koristi se 10-bitni 8-kanalni AD konvertor MCP3008. Na ulaze ovog konvertora su povezani analogni gasni senzori iz serije MQ, kao i senzor temperature LM35 i senzor relativne vlažnosti HIH4030. U okviru fleš memorije Raspberry Pi uređaja realizovana je i struktura koja sadrži podatke o elektronskoj specifikaciji senzora i između ostalog i korekcionne koeficijente. Manipulacija ovim podacima obavlja se preko integrisanog fleš kontroler modula koji omogućava operacije čitanja i upisa sadržaja fleš memorije. Autokorekcionna funkcija je implementirana na strani uređaja kao zaseban softverski modul koji na osnovu mernih podataka sa senzorskih kanala i korekcionih koeficijena proračunava konkretne vrednosti koncentracije gasova, temperature i vlažnosti vazduha. Poziv korekcionne funkcije obavlja se od strane mrežnog procesora preko komunikacionog interfejsa prema modelu komunikacije koji je definisan IEEE 1451 standardom [10]. Komunikacija između Raspberry Pi uređaja i MCP3008 se obavlja preko serijsko paralelnog interfejsa (SPI) protokola [11]. Podaci se očitavaju sa GPIO pina Raspberry Pi uređaja i dalje prosledjuju na procesiranje. Očitavanje podataka se vrši zavisno od namene merenja. Na slici 2. je prikazana uprošćena arhitektura hardvera sistema.



Slika 2. Uprošćena arhitektura hardvera sistema

3. SERVISNO-ORJENTISANA ARHITEKTURA U MREŽI PAMETNIH PRETVARAČA

Arhitektura opisane mreže pametnih pretvarača je bazirana na servisno-orjentisanoj arhitekturi prikazanoj na slici 3. Osnova arhitekture je implementacija Smart Transducer Web Services (STWS) mrežnog modula [12-15], servisa za pristup pametnim pretvaračima sa Web Service Description Language (WSDL) specifikacijom servisa, kao osnove za dalju implementaciju prema servisno orijentisanoj arhitekturi. Kako bi se omogućio lakši protok podataka kroz sistem koji je označen kao "loosely coupled" (npr. internet), predloženo je pristupanje pretvaračima putem web service tehnologije [14]. Web service se kao deo distribuiranog sistema nalazi implementiran u okviru internet mreže, obezbeđujući izvršavanje operacija na zahtev klijenata. Za slučaj pametnih prevarača operacije dostupne od strane mrežne aplikacije podrazumevaju pristup funkcijama i servisima pametnog pretvarača. STWS mrežni modul se koristi od strane mrežnih servisa i centralnog servera za efikasan pristup podacima mrežnih servisa prema standardu IEEE 1451.0. Korišćenje Web service tehnologije na efikasan način omogućava implementaciju servisno-orjentisane arhitekture (SOA) u mreži pametnih pretvarača obezbeđujući jednostavan protok podataka kroz mrežu. Ovaj koncept obezbeđuje jedinstven interfejs za pristup funkcijama i servisima pametnih pretvaračima i uklapa se u različite arhitekture distribuirane senzorske aplikacije [12].



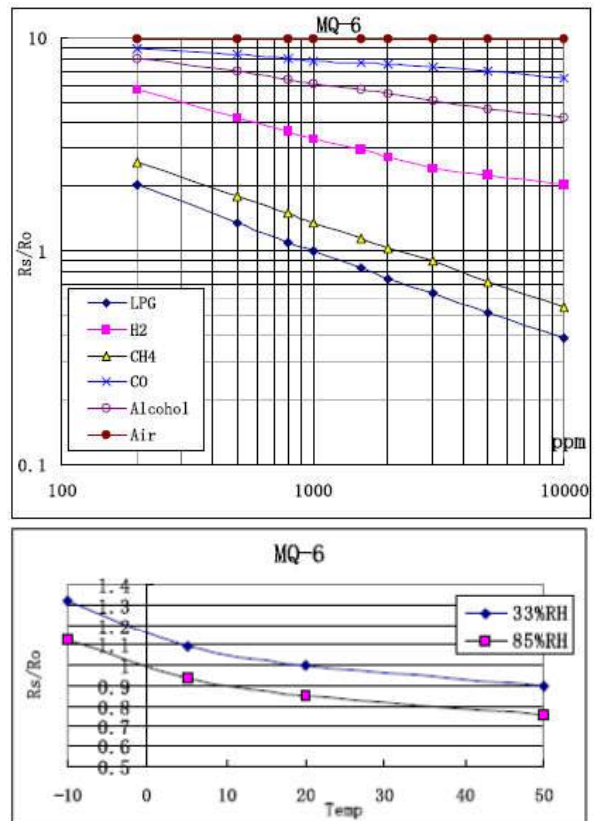
Slika 3. Servisno orjentisana arhitektura u mreži pametnih pretvarača

Kako bi se postigla simetrija sistema modul pretvarača (TIM) i povezani servisi u formi virtuelnog modula pametnog pretvarača (VTIM) su funkcionalno identični. Svaki čvor koji je povezan sa centralnim serverom se tretira kao pretvarački čvor. Kod virtualnog pretvaračkog modula razlika je u tome što je stvarni senzor virtualna baza podataka senzora koja je dobijena kao izlazni produkt određenog servisa. Na ovaj način IEEE1451.0 servisi su u mogućnosti da se prebace na web dostupne

servise smanjujući time neophodan hardver pretvaračkog modula i zahtev u potrošnji. Ovakav koncept omogućava prevlajenje univerzalnog pametnog pretvaračkog modula niske potrošnje. Centralni server sa druge strane obavlja unapred zadate taskove u vremenu. Taskovi sadrže bežičnu komunikaciju (npr. RF komunikaciju) sa pretvaračkim modulima i ethernet komunikaciju sa virtuelnim pretvaračkim modulima. Ulazni podaci za virtuelne pretvaračke module u formi podataka sa pravih senzora se takodje distribuiraju kroz centralni server [12].

4. AUTOKOREKCIJONA FUNKCIJA

Za merenje koncentracije štetnih gasova u vazduhu koriste se analogni senzori niske potrošnje iz serije MQ. MQ senzori su otpornički senzori, osetljivi na promene koncentracije gasa koji mere (CNG/LPG/Hydrogen/CO/CH₄...) u vazduhu. Karakteristična kriva osetljivosti senzora su prikazane na slici 4. kao i tipična zavisnost od temperature i vlažnosti vazduha za senzor MQ-6.



Slika 4. Karakteristika osetljivosti senzora i zavisnost od temperature/vlažnosti

Kao što se može primetiti senzorska merenja u mnogome zavise od uslova okoline u realnom vremenu. Karakteristike osetljivosti senzora zavise od parametara ambijenta, temperature i relativne vlažnosti vazduha, pa svaki senzor možemo predstaviti odgovarajućom funkcijom zavisnosti.

$$S = S(T_{amb}, RH_{amb}) \quad (1)$$

Za namene merenja koncentracije CNG tj. metana u vazduhu koristi se MQ-4 gasni senzor, za LPG koristi se MQ-6, dok se za merenje koncentracija H₂ u vazduhu koristi MQ-8 gasni senzor, a MQ-3 alkoholna isparenja u vazduhu, dok MQ-7 se koristi za merenje koncentracije CO u vazduhu. Za merenje temperature ambijenta korišćen je senzor temperature LM35, a za merenje relativne vlažnosti vazduha senzor HIH4030. MQ senzori registruju date gasove u vazduhu u koncentracijama od 100ppm – 10000ppm. Korišćeni senzori imaju visoku osetljivost i brz odziv, a izlaz im je analogna otpornost. Proces korekcije merne koncentracije traženih gasova podrazumeva i kompenzaciju uticaja temperature ambijenta i vlažnosti vazduha ambijenta u kojoj se nalazi uređjaj.

Korekcija mernih vrednosti kod višekanalnih senzorskih merenja podrazumeva korekciju uticaja različitih fizičkih veličina na merenu vrednost. Pojedinačne korekzione funkcije definisane IEEE 1451 standardom, koje su date u formi polinoma omogućavaju korekciju mernih vrednosti pojedinačnih senzorskih merenja. Sa druge strane, autokorekciona funkcija data u formi polinoma sa više promenljivih je jedinstvena za konkretno merenje i određuje se eksperimentalnim putem ili na osnovu analize pojedinačnih senzorskih karakteristika.

Korekciona funkcija u osnovi predstavlja algoritam konverzije mernih podataka dobijenih sa A/D konvertora, u odgovarajući format, što može uključiti korekciju grešaka kalibracije, linearizaciju ili npr. temperaturnu kompenzaciju, iako podržana implementacija korekzione funkcije prema IEEE 1451 standardu nije striktno zahtevana. Sam standard ne definiše da li korekcija mernih vrednosti vrši na strani mrežnog procesora, modula pametnog pretvarača ili u formi mrežnog servisa. Bez obzira na model implementacije, osnovu implementacije čini skup autokorekcionih funkcija i model njihove primene nad skupom ulaznih podataka. Koeficijenti autokorekcionih funkcija, koje su date u polinomskom obliku, su dostupni na strani modula pametnog pretvarača u formi kalibracione tabele koeficijenata koja je definisana IEEE 1451 standardom. Implementacija korekcije na strani modula pretvarača, kao osnovni nedostatak ima sam problem implementacije, s obzirom na ograničenja u procesorskoj snazi i memorijskim resursima na strani modula pametnog pretvarača. Međutim, implementacija autokorekzione funkcije na strani modula pametnog pretvarača omogućava jednostavniju integraciju funkcija pretvarača na strani mrežnog procesora. Kako je proces obrade mernih vrednosti izmešten u pretvarački modul, senzorska aplikacija dobija opšti izgled koji je nezavisan od vrste i namene senzora. Time je omogućeno da se pozivima funkcija servisnog interfejsa pristupa bazi mernih vrednosti koja je podržana na strani interfejsnog modula pretvarača.

Implementacija autokorekzione funkcije kao nezavisne programske niti podrazumeva procesiranje mernih podataka sa pojedinačnih senzorskih kanala prema funkcijama definisanim u okviru kalibracione elektronske

specifikacije pojedinačnih pretvarača kao i korekzione funkcije koja se određuje na osnovu korelacije senzorskih karakteristika pojedinačnih pretvarača. Implementacija funkcija pametnog pretvarača na strani interfejsnog modula pretvarača zahteva procesorsku podršku. Obzirom na standardom definisan mehanizam sinhronizacije između programskih modula i mehanizam njihove međusobne komunikacije implementacija nameće upotrebu operativnog sistema za rad u realnom vremenu. Programski kod koji se izvršava na ovakvom sistemu mora biti projektovan tako da se pojedinačni programski moduli izvršavaju konkurentno u formi nezavisnih, rasporedivih programskih niti. Sinhronizacija aktivnosti i komunikacija između programskih niti se obavlja preko objekata operativnog sistema u formi semafor objekata, redova sa porukama, registara događaja i sl. U ovoj formi je i predstavljen koncept implementacije autokorekzione funkcije. Task korekcija je implementirana kao posebna programska nit operativnog sistema za rad u realnom vremenu. Sinhronizacija aktivnosti taska i njegova komunikacija sa drugim objektima operativnog sistema realizovana je preko binarnih semafora i redova sa porukama. Nakon inicijalizacije task rutine i provere statusnih registara pretvarača task korekcija je u blokiranom stanju. Aktivnost taska je sinhronizovana sa pojavom događaja koji je vezan za završetkom A/D konverzije signala sa senzorskih kanala. Ovaj događaj se procesira u formi servisnih rutina koje rezultat konverzije prosleđuju tasku korekcija u formi globalnih promenljivih. Redosled A/D konverzija je određen tako da se najpre vrši određivanje merne temperature i merne vlažnosti vazduha.

5. ZAKLJUČAK

Servisno-orjentisana arhitektura obezbeđuje jedinstven interfejs za pristup funkcijama i servisima pametnih pretvaračima i uklapa se u različite arhitekture distribuirane senzorske aplikacije. Implementacija autokorekzione funkcije na strani modula pametnog pretvarača omogućava jednostavniju integraciju funkcija pretvarača na strani mrežnog procesora čime se rasterećuje senzorska aplikacija od informacija specifičnih za korišćene senzore, topologiju sistema, mehanizam komunikacije i sl. Kako je proces obrade mernih vrednosti izmešten u pretvarački modul, senzorska aplikacija dobija opšti izgled koji je nezavisan od vrste i namene senzora čime je i upotreba ovakvog koncepta našla široku primenu u industriji. Gasovi koji su predmet detekcije su visoko zapaljivi, a nalaze se konstantno u čovekovo okoline, pa je shodno tome važno da se na vreme otkriju visoke koncentracije ovih gasova u vazduhu. Predstavljen koncept omogućava nesmetano dodavanje i integraciju novih senzora i servisa za potrebe korisnika. Dalji rad bi se orjentisao na razvoj datog koncepta u svrhu procene kvaliteta vazduha u različitim sredinama i uslovima.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao rezultat rada na naučno-istraživačkom projektu Ministarstva prosvete, nauke i

tehnološkog razvoja Republike Srbije, TR 32043 „Razvoj i modelovanje energetski efikasnih, adaptibilnih, višeprocorskih i višesenzorskih elektronskih sistema male snage” za period od 2011-2016 godine.

LITERATURA

[1] Song, E.Y.; Kang Lee, "Understanding IEEE 1451-*Networked smart transducer interface standard - What is a smart transducer?*," Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE, vol.11, no.2, pp.11-17, April 2008.

[2] E. Y. Song and K. B. Lee, "Sensor Network Based on IEEE 1451.0 and IEEE p1451.2-rs232," in Proc. IEEE International Instrumentation and Measurements Technology Conference, Victoria, CA, May 2008.

[3] J. Bryzek, "Introduction to IEEE-P1451, the Emerging Hardware-Independent Communication Standard For Small Transducers," Sensors and Actuators, vol. 62, Issues 1-3, July 1997.

[4] I. Radovanovic; I. Popovic, "Implementacija Autokorekcionih Funkcija Pametnog Meraca Temperature", YUINFO Conference, March 2012.

[5] K. Lee, "IEEE 1451: A Standard in Support of Small Transducer Networking," presented at the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conf, Baltimore, MD, May1-4, 2000.

[6] IEEE Standard for Small Transducer Interface for Sensors and Actuators – Common Functions, Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats, IEEE Standard 1451.0, 2007.

[7] P. Hu, R. Robinson and J. Indulska, "Sensor Standards: Overview and Experiences," presented at the 3rd International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information, Melbourne, Australia, Dec. 3-6,2007.

[8] L. Camara, O. Ruize, A. Herms, J. Samitier and J. Bosc, "Automatic Generation of Intelligent Instrumentation for IEEE 1451", International Measurement Confederation: Measurements J., vol. 35, Issue 1, Jan. 2004, p. 3-9.

[9] I. Radovanovic; I. Popovic; N. Bežanić, "Smart Transducers Application Concept In Urban Environment-Smart City Solution", YUINFO Conference, March 2013.

[10] IEEE 1451.0, Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators — Common Functions, Communication Protocols, and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats, IEEE Instrumentation and Measurement Society, 2007.

[11] Analog Inputs for Raspberry Pi Using the MCP3008, Adafruit Industries, 2015.

[12] N. Bežanić, I. Popović, "Servisno-orjentisana senzorska mreža za praćenje parametara okoline", TELFOR Conference, November 2012.

[13] N. Bežanić; I. Popovic; I. Radovanovic, "Implementacija Servisno Orijentisane Arhitekture U Mreži Pametnih Pretvarača", YUINFO Conference, March 2012.

[14] E.A. Batista, L. Gonda, A.C.R. da Silva, S.R. Rossi, M.C. Pereira, A.A. de Carvalho, C.E. Cugnasca, HW/SW for an intelligent transducer network based on IEEE 1451 standard, Computer Standards & Interfaces, vol. 34-1, pp. 1-13, Jan. 2012

[15] E. Y. Song, K. B. Lee, Smart Transducer Web Services Based on the IEEE 1451.0 Standard, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2007

SYSTEM OF THE REMOTE CONTROL FOR ELECTRONIC LOCKS VIA MOBILE DEVICE

SISTEM DALJINSKOG UPRAVLJANJA ELEKTRONSKOM BRAVOM PREKO MOBILNOG UREĐAJA

¹Dragan Milovanović, ¹Vlade Urošević, ²Biljana Savić
¹Fakultet Tehničkih Nauka, Čačak Univerzitet u Kragujevcu
²Visoka Škola Tehničkih Strukovnih Studija Čačak

Sadržaj Razvoj komunikacija i mobilnih uređaja otvaraju mnogo novih mogućnosti za daljinsko upravljanje. U ovom radu prikazan je sistem koji omogućava praćenje stanja na razvojnom modulu pomoću aplikacije koja se izvršava na mobilnom uređaju. Ova aplikacija se može izvršavati u pozadini, proveravati stanje, alarmirati korisnika kada se stanje promeni i ponuditi mu niz opcija. Sistem koji je ovde realizovan menja status posle pritiska na mikroprekidač, a kao uređaj koji se kontroliše se koristi elektronska brava. Ovakav princip komunikacije se može lako primeniti i na druge uređaje. Cilj ovog rada je istraživanje i prikazivanje mogućnost komunikacije i ovakve daljinske kontrole.

Abstract The development of communication and mobile devices open up many new possibilities for remote management. In this paper, the system which allows the monitoring status of the physical-computing platform using an application running on a mobile device. This application can run in the background, checking status, alert the user when the state changes and offer a variety of options. The system, which is implemented here changes the status after pressing the microswitch, and as a device that is controlled using electronic lock. This principle of communication can be easily applied to other devices. The aim of this paper is to research and demonstrate the possibilities of communication and this remote control.

Keywords

mobile applications, Arduino, remote control, electronic locks,

1. UVOD

Sistemi za daljinsku kontrolu nisu novost. Potreba da se upravlja uređajem sa nekog rastojanja postoji odavno, a sa tom potrebom pojavljuju se i različite tehnologije koje takvo upravljanje omogućavaju. Savremeni računari, mobilni uređaji, mreže, mikrokontroleri i napredni programski jezici proširuju mogućnosti kreiranja sistema za daljinsko upravljanje. Sa druge strane nove tehnologije donose i nove navike i očekivanja korisnika. Zato postoji konstantna potreba za usavršavanjem i razvojem novih sistema za daljinsko upravljanje.

Razvoj i sveprisutnost mobilnih uređaja dovodi do mogućnosti daljinskog upravljanja sa njih. Da bi ta kontrola bila moguća potrebno je da postoji neka fizičko-računarska razvojna platforma neposredno uz uređaj koji treba kontrolisati. Takve platforme imaju mogućnosti

primanja i slanja kontrolnih signala i mogućnosti različitih vidova komunikacije koji podržavaju i mobilni uređaji. U mikrokontrolerima ove platforme se izvršava program koji je u njega učitao i koji može upravljati različitim hardverom kao što su prekidači, releji, različiti senzori itd.

U ovom radu je prikazan razvoj sistema za praćenje statusa na jednoj takvoj razvojnoj platformi, i zadavanje određenih upravljačkih signal u određenom trenutku. Za mobilni uređaj izabran je Android operativni sistem, kao „OpenSource“ operativni sistem. Na strani kontrolisanog uređaja izabrana je Arduino razvojna platforma, kao platforma koja omogućava sve aktivnosti potrebne za realizaciju sistema. Na strani mobilnog uređaja razvijena je aplikacija koja komunicira sa Arduino stranom, a na strani Arduina program koji odgovara na zahteve sa Androida i prima i šalje kontrolne signale.

Sama komunikacija između Arduina i Android aplikacije je ostvarena preko IP protokola. Očigledna prednost ove komunikacije je u tome što uređaji mogu biti udaljeni i koristiti internet za pristup. Da bi ovo bilo ostvareno potrebno je poznavati IP adresu arduina. Dakle da bi se ovakav sistem u praksi koristio bilo bi potrebno imati statičku IP adresu na strani arduina i pravilno podesiti mrežne uređaje za pristup internetu da prosleđuju komunikaciju na korišćenom portu na određenu lokalnu IP adresu. Komunikacija se može ostvariti i u lokalnoj mreži, pri tome treba koristiti lokalnu IP adresu vidljivu od strane mobilnog uređaja.

Na kraju kao primer kontrolisanog uređaja uzeta je elektronska brava, koja je preko releja povezana sa Arduino razvojnom pločom. Fokus rada jeste na komunikaciji i na mogućnostima praćenja statusa na nekom udaljenom hardveru dok je sam ciljni uređaj manje bitan. Sistem koji je opisan bi mogao da se opiše kao interfon koji funkcioniše preko interneta i mobilnog uređaja, on je samo primer koji je u funkciji demonstracije mogućnosti ovakve komunikacije.

2. STRUKTURA SISTEMA

Razvijeni sistem se sastoji od sledećih delova:

- Mobilnog uređaja sa operativnim sistemom Android 1.2,
- Aplikacije ardtw koja je instalirana na taj mobilni uređaj.

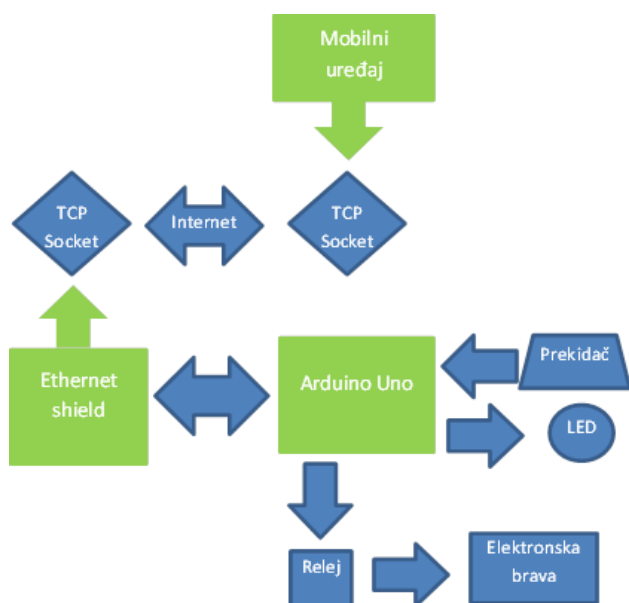
- Fizičko-računarska razvojna platforma Arduino Uno r3, sa Arduino Ethernet Shield-om i programom za komunikaciju.
- Releji i prihvatnica elektronske brave,
- Mikroprekidač, led indikator, otpornici, konektori.

U aplikaciji koja je instalirana na mobilnom uređaju se može zadati praćenje statusa, zatim izaći iz nje, pri čemu aplikacija i dalje radi u pozadini i periodično proverava status na Arduino strani. Kada se status na arduinu promeni aplikacija daje zvučni alarm i ponovo pokreće svoj prozor. Korisnik može poništiti poziv ili dati komandni signal. Naravno korisnik kroz aplikaciju može i zaustaviti praćenje statusa na arduinu.

Program koji se izvršava na Arduinu odgovara na zahteve sa Android strane i čuva status u jednoj promenljivoj. Status će se promeniti kada Arduino registruje pritisak na mikroprekidač. Takođe program će poslati upravljački signal releju, kada dobije takav zahtev sa Android strane.

Dakle ovako osmišljen sistem prima zahtev pritiskom na taster - mikroprekidač povezan sa arduinom. Po pritisku na taster menja status i tu promenu indicira paljenjem led diode. Po dobijanju komande sa mobilnog uređaja sistem poništava promenu statusa, gasi led diodu, i ako je komadna takva daje impuls u trajanju 5 sekundi na pinu koji je preko releja povezan sa prihvatnicom elektronske brave. Aplikacija predviđa i mogućnost postojanja i IP kamere na istoj IP adresi, i ima taster za pokretanje internet čitača sa video strimingom sa te adrese.

Blok šema ovog sistema data je na slici 1. Mobilni uređaj se povezuje na internet ili lokalnu mrežu u kojoj je i Arduino. Aplikacija na njemu komunicira preko TCP socket-a sa TCP socket-om Arduino platforme, koja je proširena Arduino ethernet shield-om.

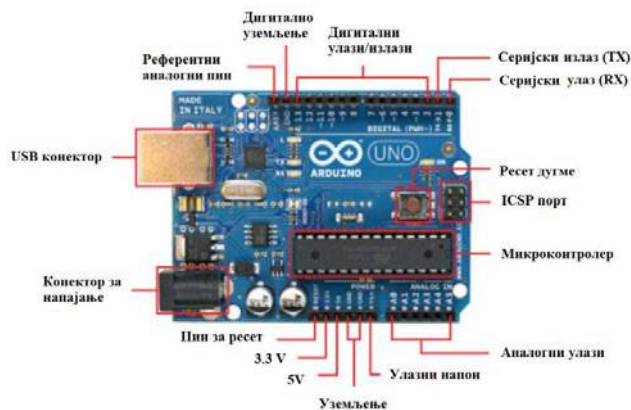


Slika 1. Blok dijagram sistema

Za funkcionisanje ovog sistema je neophodno da su mobilni uređaj i Arduino platforma povezani na internet, i da je IP adresa Arduina, odnosno mrežnog uređaja koji ostvaruje konekciju Arduina na internet poznata. Takođe na tom mrežnom uređaju potrebno je proslediti komunikaciju na portu 9997 na sam Arduino modul. Takođe ako je i mobilni uređaj povezan na internet preko nekih dodatnih mrežnih uređaja ili posrednika potrebno je i na njegovoj strani proslediti komunikaciju na portu 9997 na sam mobilni uređaj. Alternativno sistem se može efikasno testirati u lokalnoj mreži uz pomoć jednog mrežnog uređaja (wireless routera). U oba slučaja se komunikacija ostvaruje preko TCP protokola pa ovakvo pojednostavljenje ne bi umanjilo opštost rešenja.

3. ARDUINO

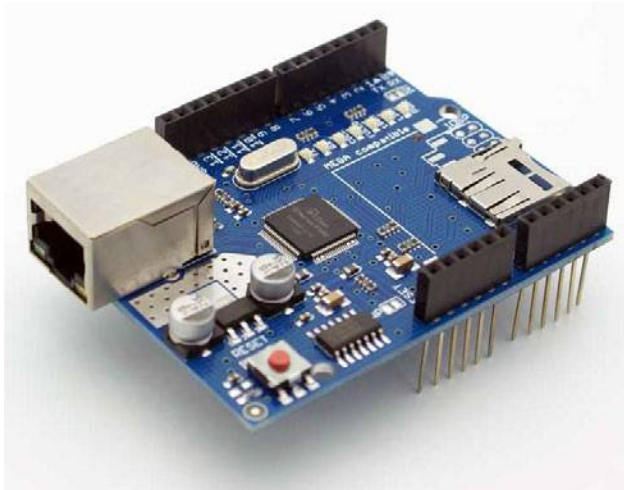
Arduino je „OpenSource“ razvojna platforma [3]. Arduino je mikrokontrolerska ploča zasnovana na Amtel AVR procesorom i pratećom elektronikom. Osnovna odlika platforme je jednostavnost korišćenja. Jednostavno se može povezati sa kompjuterom ili napajati pomoću adaptera. Sa druge strane sadrži sve što je potrebno da podrži mikrokontroler. Arduino takođe nudi i „OpenSource“ integrisano razvojno okruženje (IDE). Okruženje omogućava razvoj softvera koji se može izvršavati na svakoj Arduino ploči.



Slika 2. Arduino UNO и његови елементи

U ovom sistemu je korišćen model Arduino UNO rev 3 razvojna 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.

Da bi se mogla ostvariti komunikacija preko interneta ili lokalne mreže korišćen je Arduino Ethernet Shield (*slika 3*). Ovaj modul je zasnovan na W5100 ethernet kontroleru, sadrži RJ45 konektor i omogućava mrežnu komunikaciju koristeći TCP i UDP protokole. Za njegovo korišćenje neophodan je osnovna Arduino ploča. Modul se postavlja iznad razvojne ploče i povezuje sa njom pomoću dugih konektora, koji ulaze u konektore osnovne ploče i prolaze kroz ethernet modul. Tako su pinovi sa konektora osnovne ploče dostupni i na konektoru shilda, pri čemu se čuva isti raspored konektora i omogućuje dodavanje nekog drugog shilda iznad. Takođe modul na sebi ima slot za mikro SD karticu, koji nije korišćen u ovom sistemu. Arduino komunicira sa W5100 čipom i SD karticom preko SPI porta, koristeći pinove 4, 10, 11, 12 i 13, tako da se oni ne mogu koristiti za druge namene. Reset taster resetuje i Shield i Arduino UNO. Shield sadrži i čitav niz LED indikatora koji ukazuju na određene aktivnosti modula.



Slika 3. Arduino Ethernet Shield

U ovom sistemu su korišćeni pinovi 2, 8 i 9. Pin 2 se koristi kao ulazni i na njega je povezan mikroprekidač, na uobičajan način. Pinovi 8 i 9 su izlazni. Na pin 8 je povezan LED indikator, a pin 9 je povezan na kontrolni ulaz releja. Izlaz sa releja je povezan na elektronsku bravu.

Arduino programsko okruženje za razvoj softvera je besplatno i nudi podršku za sve vrste Arduino razvojnih ploča. Arduino modul se može USB kablom povezati sa računarnom. Kod koji je unet u razvojno okruženje se prevodi u asemblerski jezik razumljiv mikrokontroleru, i prenosi na razvojnu ploču. Programsko okruženje takođe sadrži i Ethernet biblioteku, kao podršku Arduino Ethernet Shield-u.

U Arduino razvojnom okruženju napravljen je kod koji omogućava komunikaciju sa aplikacijom na mobilnom uređaju. Osim deklaracije promenljivih u razvojnom okruženju je potrebno napraviti procedure Setup() i Loop(). Setup() se izvršava pri resetu ili uključivanja ploče. Kod koji se unosi se ovde naziva skeč. Da bi se omogućio rad Ethernet Shilda potrebno je uključiti SPI.h i Ethernet.h biblioteke. Zatim su deklarirani pinovi koji se koriste, mac i IP adresa. Na Arduino su upotrebljeni pinovi 2 za ulaz sa mikroprekidača – kao ulazni signal, pin 8 na koji je

povezana LED dioda kao indikator zahteva, i pin 9 na koji je vezan relej i dalje prihvatnica elektronske brave, kao izlazni.

Posle deklaracije pinova, mac i IP adrese u Setup() proceduri se pokreće mrežna komunikacija i server. Server je ovde instanca klase EthernetServer koja omogućava komunikaciju preko TCP protokola. Program koristi dve promenljive alarm i otključaj. Alarm ukazuje na zahtev koji je postavljen pritiskom na mikroprekidač, a otključaj ukazuje na komandu sa strane Android aplikacije. U svakom loop-u se najpre proverava stanje promenljivih i prekidaca. Ako je prekidač pritisnut, alarm postaje True i pali se LED indikator. Ako je i otključaj postavljen na True (u prethodnom loop-u) zadaje se signal na devetom pinu u trajanju 5 sekundi, posle čega se gasi LED indikator, a promenljive alarm i otključaj vraćaju na False.

Posle ovih provera i akcija proverava se da li je stigao zahtev za komunikacijom na severu. Ako jeste zahtev se obrađuje. Server prepoznaje komande s, c, o i a. Posle komande "s" server vraća odgovor da li je promenljiva alarm true, odnosno da li je alarm uključen. Posle komande "c" promenljiva alarm se vraća na False, dakle alarm se isključuje. Posle prijema komande "o" program postavlja promenljivu otključaj na True, odnosno inicira slanje kontrolnog signala u sledećem loop-u. Posle prijema svake od ovih komandi server šalje poruku "dovidjenja" koja govori klijentu da je komunikacija završena. Komanda "a" je korišćenja u fazi testiranja da pokrene alarm bez pritiska na mikroprekidač. Takođe za sve ostale nepredviđene komande server šalje prigodnu poruku.

4. APLIKACIJA

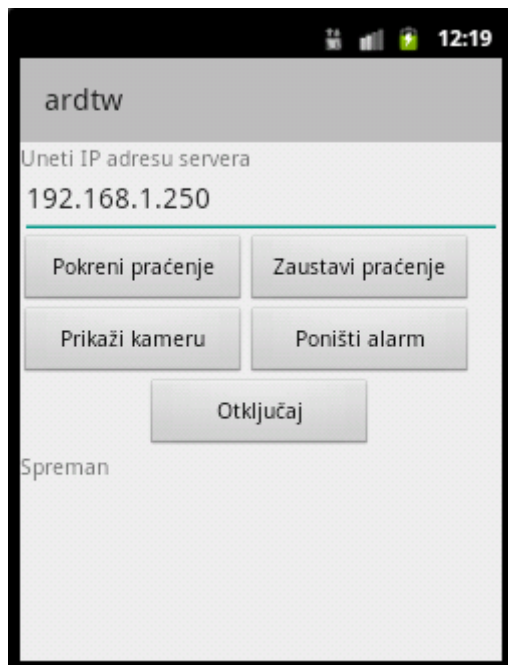
Aplikacija je razvijena u Eclipse razvojnom okruženju verzije Luna Service Release 1a (4.4.1), sa instaliranim android sdk-om Android SDK (Software Development Kit) i ADT(Android Development Tools) - verzija 23.0.4.1468518.

Da bi se aplikaciji bilo dozvoljeno povezivanje na internet potrebno je u manifest aplikacije dodati dva reda koja kažu da aplikacija koristi dozvole "android.permission.INTERNET" i "android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE".

Lejaut aplikacije ima samo jedno tekstualno polje pet tastera za pokretanje različitih akcija. U tekstualnom polju je potrebno uneti IP adresu na kojoj je dostupan Arduino modul (*Slika 4*).

Prva dva tastera služe za pokretanje i zaustavljanje provera statusa. Pokretanje praćenja statusa je realizovano pokretanjem instance klase AlarmReceiver. Ova klasa nasleđuje ugrađenu klasu BroadcastReceiver i omogućava praćenje statusa i kada je aplikacija zatvorena. AlarmReceiver se poziva u okviru procedure OnClick koja se izvršava na klik odnosno dodir na taster sa labelom „Pokreni praćenje“. Najpre se deklarirše intent. U taj intent ugrađuju dodatni podatak IP adresa koja je uneta u polje, da bi ona bila dostupna u proceduri OnReceive(), a pošto

sama instanca AlarmReceiver-a nije svesna polja koje se nalazi na prozoru aplikacije. Dalje se pomoću ovog intent-a definiše PendingIntent, i AlarmManager kao sistemski servis. I na kraju se pomoću AlarmManager-a zadaje izvršavanje intent-a svakih 10 sekundi. Na kraju procedure aplikacija „baca“ toast poruku koja kaže korisniku da je „Praćenje pokrenuto“.



Slika 4: Aplikacija na mobilnom uređaju

Onaj deo AlarmReceiver-a koji se izvršava svakih 10 sekundi je procedura OnReceive() AlarmReceiver klase. U okviru ove procedure se izvršava komunikacija sa arduino serverom i proverava statusa. Ova procedura ima dva parametra, jedan je kontekst, a drugi intent – praktično onaj intent koji je definisan u proceduri onClick glavne aktivnosti. U njemu je ugrađena i IP adresa pa je prvo potrebno nju izvući. Sada komunikacija može započeti.

Komunikacija se mora izvesti u okviru posebnog treada, jer drugačije neće dozvoliti Android operativni sistem. Za to se definiše posebna instanca treada i odmah pokreće. Pri definiciji je zadana procedura run koja se odmah izvršava. U telu ove procedure deklarise se novi Socket, DataOutputStream i BufferedReader odnosno instance ovih ugrađenih objekata. Socket se inicijalizuje i pokreće se njegov metod connect. Kao parametri se prosleđuju IP adresa zajedno sa portom (9997) u novoj InetAddress i timeout od 1 sekunde. Dakle ukoliko povezivanje ne uspe u periodu od 1 sekunde, program će vratiti grešku. Port 9997 je izabran bez posebnog razloga, kao slobodan port za komunikaciju. Kada povezivanje uspe inicijalizuju se vrednosti DataOutputStream-a i BufferedReader-a, pomoću odgovarajućih metoda Socketa. Deklarise se i pomoću DataOutputStream-a (os) inicijalizuje PrintStream pomoću koga se šalje serveru zahtev u vidu znaka "s". Posle ovoga procedura čeka odgovor i u zavisnosti od odgovora postavlja vrednosti promenljivama alarm i komun. Promenljiva komun je indikator da je komunikacija bila uspešna, a alarm je indikator kakav je

odgovor poslao server na arduino strani. Arduino server komunikaciju završava sa porukom "doviđenja" posle čega se osluškivanje prekida i Socket zatvara.

Ovde postoji i promenljiva logspreman koja ima funkciju da bude indikator završetka komunikacije. Naime kompetna procedura u Treadu nije sinhrona sa ostatkom procedure, pa da bi se izvršila evaluacija rezultata komunikacije mora da se sačeka da oni budu spremni. To znači da će OnReceive procedura čekati da promenljiva LogSpreman ne postane true, odnosno da se komunikacija završi bilo uspešno ili neuspešno.

Ako je komunikacija bila uspešna i alarm na arduino strani pokrenut daje se obaveštenje u obliku Toast poruke, zatim zvučnog obaveštenje i pokreće se prozor osnovne aplikacije. Takođe pošto IP adresa ne mora biti ona podrazumevana, IP adresa na kojoj je komunikacija izvršena se pakuje u intent. Zato se u glavnoj aktivnosti, u onCreate proceduri, pokušava izvući ovu IP adresu iz Intenta. Ako je pokušaj neuspešan nastavlja se sa podrazumevanom IP adresom koja se upisuje u polje IP adresa. Dakle u ovom slučaju program je pokrenuo korisnik. Ukoliko se uspe pribavljanje IP adrese iz Intenta, ona se upisuje u polje IP adresa i korisniku omogućuje da odgovori upravo ka toj adresi. To se dešava ako je program pokrenuo AlarmReceiver.

Što se tiče ostalih procedura glavne aktivnosti procedura "Zaustavi" se pokreće posle dodira na taster "Zaustavi praćenje". Funkcija joj je da zaustavi AlarmManager. Takođe daje prikladnu Toast poruku.

Procedura "ponisti" i "otključaj" se pokreću posle dodira na tastere sa labelama "Poništi alarm" i "Otključaj". I jedna i druga procedura postavlja određenu naredbu arduinu i pozivaju proceduru komunikacija, koja bi trebalo ove naredbe da prosledi arduinu. Naredba "c" nalaže arduinu da poništi alarm koji je postavljen, dok naredba "o" nalaže arduinu da zada kontrolni signal i da poništi alarm. Sama procedura za komunikaciju je skoro identična ranije opisanoj proceduri u klasi AlarmReceiver, pri čemu se ovde odgovor može ispisati u labeli "rez" na lejautu.

Procedura prikazi ima funkciju da pokrene internet brauzer telefona i u njemu otvori stranu sa tom ispom IP adresom sa kojom se komunicira. Ukoliko su mrežni uređaji dobro povezani, i ukoliko je uz arduino priključena i IP kamera, brauzer bi trebalo da prikaže sliku sa IP kamere. Ovaj deo je prepusten brozeru, jer bi obrada video striminga bila znatno udaljavanje od fokusa ovog rada. Ukoliko bi IP kamera bila korišćena u ovom sistemu ona bi bila povezana na isti ruter kao i Arduino razvojna ploča, i bilo bi potrebno da komunikacija na portu preko koga komunicira IP kamera bude preusmerena na nju.

5. ZAKLJUČAK

Sistemi za daljinsko upravljanje nude razne mogućnosti i mogu imati različite primene u savremenom društvu. Sistem opisan i realizovan u ovom radu može imati daleko

širu primenu. Elektronska brava je uzeta kao primer uređaja, a time opštost rada nije umanjena. Isti princip komunikacije se može primeniti na različite uređaje. Umesto mikroprekidača se može postaviti senzor, a izlaz releja se može povezati na neki ventil, motor itd. Tako se uz male modifikacije može dobiti sistem za kontrolu nekog procesa. Takođe razvijena aplikacija se može nalaziti na više mobilnih uređaja, na više udaljenih lokacija. U trenutku aktiviranja senzora svi korisnici bi bili alarmirani preko mobilne aplikacije. Varijacije ovog sistema mogu biti različite, a samim tim i mogućnosti primene široke.

Razvoj savremene tehnologije doveo je i do toga da razvojne fizičko-računarske platforme danas, uz krajnje pristupačnu cenu, nude i širok spektar mogućnosti i jednostavnost korišćenja i povezivanja. Jednostavnost programiranja je jedna od najvažnijih odlika danas najpopularnijih platformi ovog tipa, Arduino i Raspberry Pi. Sve to doprinosi da razvoj sistema zasnovanih na njima bude znatno jednostavniji 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/>

GPS/GPRS U OTIMIZACIJI TRAJEKTORIJE MAŠINA I VOZILA NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA GPS/GPRS IN OPTIMIZING TRAJECTORIES AT OPEN PIT MINE MACHINES AND VEHICLES

Miloš Ivanović¹, Rastko Negočić², Branislav Stefanović¹

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu¹

EPS Ogranak TE-KO Kostolac, Kostolac²

Sadržaj – Na površinskom kopu uglja koristi se pomoćna mehanizacija (mašine (buldožeri, rovokopači, polagači cevi, ...) i vozila) za obavljanje pomoćnih radova (otkopavanje, izrada puta, ...) kao bi osnovna mehanizacija za otkop jalovine i uglja radila bez zastoja. Mašine i vozila se premeštaju-kreću iz jedne u drugu oblast kopa. Kretanje po kopu mašina i vozila prostorno je ograničeno transportnim trakama za transport jalovine i uglja, kao i drugim prirodnim preprekama (strmine, klizišta, mulj, voda). Ove prepreke utiču na dužinu trajektorije, vreme kretanja i potrošnju goriva mašina i vozila na kopu.

U ovom radu je prikazan model optimizacije kretanja mašina i vozila na kopu, koristeći GPS/GPRS tehnologije i odgovarajući softver.

Abstract - At open pit mine, auxiliary machinery vehicles (machines (bulldozers, TLB, pipe fitter) and vehicles) are used for ancillary works (excavation, road development, site preparation, ...), in order to make main machinery vehicles for tailing and coal excavation, to operate smoothly. Machines and vehicles are "moved" from one to another open pit mine area. Machine and vehicles movement is spatially limited by conveyor belts for transporting tailing and coal, as well as other natural site obstacles (slopes, landslides, mud and water). These obstacles affects length of trajectory, movement time and fuel consumption of open pit mine machines and vehicles.

This paper presents model for optimization, of open pit mine machines and vehicles movement, that has been developed using GPS/GPRS technologies and appropriate software.

1. UVOD

Na površinskom kopu uglja koristi se pomoćna mehanizacija (mašine (buldožeri, rovokopači, polagači cevi, ...) i vozila) za obavljanje pomoćnih radova (otkopavanje, premeštanje traka, ..) kako bi se obezbedilo da osnovna mehanizacija (bageri jedrilica, ...) za otkop jalovine i uglja radili bez zastoja, sl. 1.



Slika 1. Površinski kop uglja sa osnovnom i pomoćnom mehanizacijom i transportnim trakama

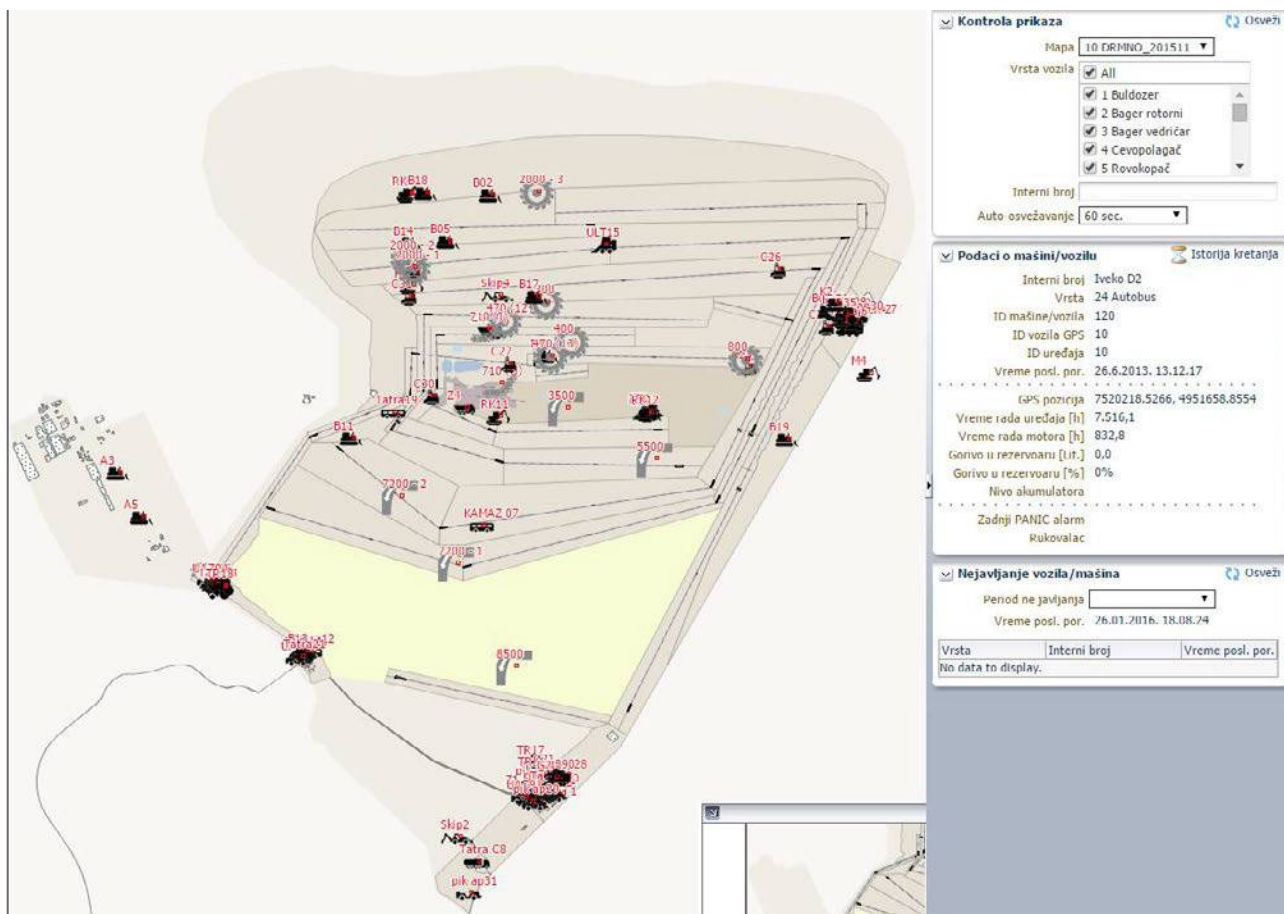
Mašine i vozila (nadalje mašine) se premeštaju-kreću iz jedne u drugu oblast kopa. Kretanje po kopu mašina i vozila prostorno je ograničeno transportnim trakama za transport jalovine i uglja, kao i drugim prirodnim preprekama (strmine, usponi, klizišta, mulj, voda). Ove prepreke utiču na dužinu trajektorije, vreme kretanja i potrošnju goriva mašina na kopu.

U cilju optimizacije kretanja mašina po kopu pristupilo se optimizaciji njihovog kretanja. Optimizacijom se postiže da mašina iz tačke „A“ (iz jedne oblasti kopa) „dođe“ u tačku „B“ (u drugu oblast kopa) najkraćim putem, ili drugim rečima „optimalnim putem“ uvažavajući sve moguće prepreke i mogućnosti kretanja. Za rešavanje optimizacije primenjene su GPS/GPRS tehnologije i razvijeni aplikativni softver.

2. MODEL OPTIMIZACIJE

Za kretanje mašina/vozila po kopu se trasiraju putevi zavisno od prepreka i mogućnosti kretanja po kopu. Putevi mogu biti ispod i iznad traka, levo i desno od trake i oko traka po kopu. Da bi mašina iz jedne oblasti kopa „došla“ do druge kretanje je moguće po ovim trasiranim putevima, koji su uglavnom paralelni sa transportnim trakama i oko njih, ili po drugim trasiranim putevima kopa. Mašina sa kopa zbog održavanja „ide“ i u radionicu za održavanje. I tada se mašine kreću po trasiranom putu. GPS/GPRS tehnologije obezbeđuju prikaz „trenutne pozicije“ osnovne i pomoćne mehanizacije (sa transportnim trakama jalovine i uglja) na površinskom kopu uglja „Drmno“, sl. 2. Trasirani putevi po kojim se kreću mašine su prikazani na sl. 4.

U cilju rešavanja optimizacije kretanja mašina na kopu svi trasirani putevi i svi „čvorovi“ (sve raskrsnice, prolazi ispod, iznad traka, promene smeru puteva) čine MREŽU puteva sa „čvorovima“, od čvora „2“ do n (čvor „1“ je mašina na bilo kojoj poziciji), sl. 4. Udaljenost od čvora „n“ do čvora „n±1“ je definisana metrima dužnim, što je prikazano na sl. 4. i u tabeli 1. Pozicije mašina/vozila se prate GPS/GPRS tehnologijama u realnom vremenu, sl. 2. Sjedinjavanjem sl. 2. i sl. 4., u realnom vremenu se zna pozicija svake mašine (uslovni čvor „1“) u odnosu na čvor „n“ za koju se izračunava optimalni put (od tačke „A“ do „B“). Za ovu svrhu razvijeno je softversko rešenje PUMA. Softver PUMA određuje optimalne-najkraće putanje mašina do pozicije poslova na kopu. Osnovni principi su „za jedan posao jedna mašina“ i „svaki posao može raditi svaka mašina iz datih skupova“ (u bazi POSAO i MASINE). Ovde je jedan „posao“ posao za jednu mašinu.



Slika 2. Praćenje pozicija GPS/GPRS-om osnovne i pomoćne mehanizacijom (sa transportnim trakama jalovine i uglja)

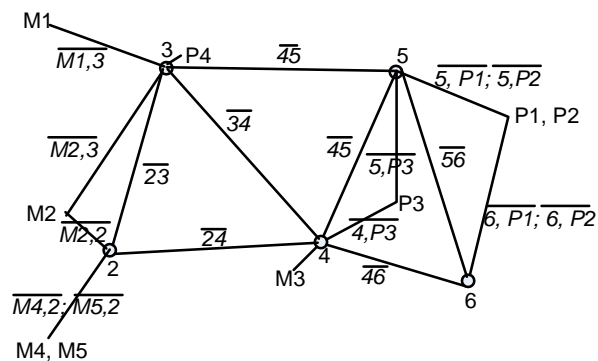
Čvor	Od čvora do čvora	Dužina [m]	GPS/GPRS koordinate čvorova
2	2 3	793,0	7518719.98; 4952593.73
	2 42	1837,0	
	2 43	1610,0	
3	3 4	800,0	7518052.17; 4953021.49
	3 57	300,0	
4	4 5	270,0	7518491.76; 4953689.89
	4 48	1295,0	
	4 49	1370,0	
...
65	65 66	1000,0	7522249.45; 4955449.01
66			7521249.60; 4955431.93

Tabela 1. Mreža puteva sa „čvorovima“

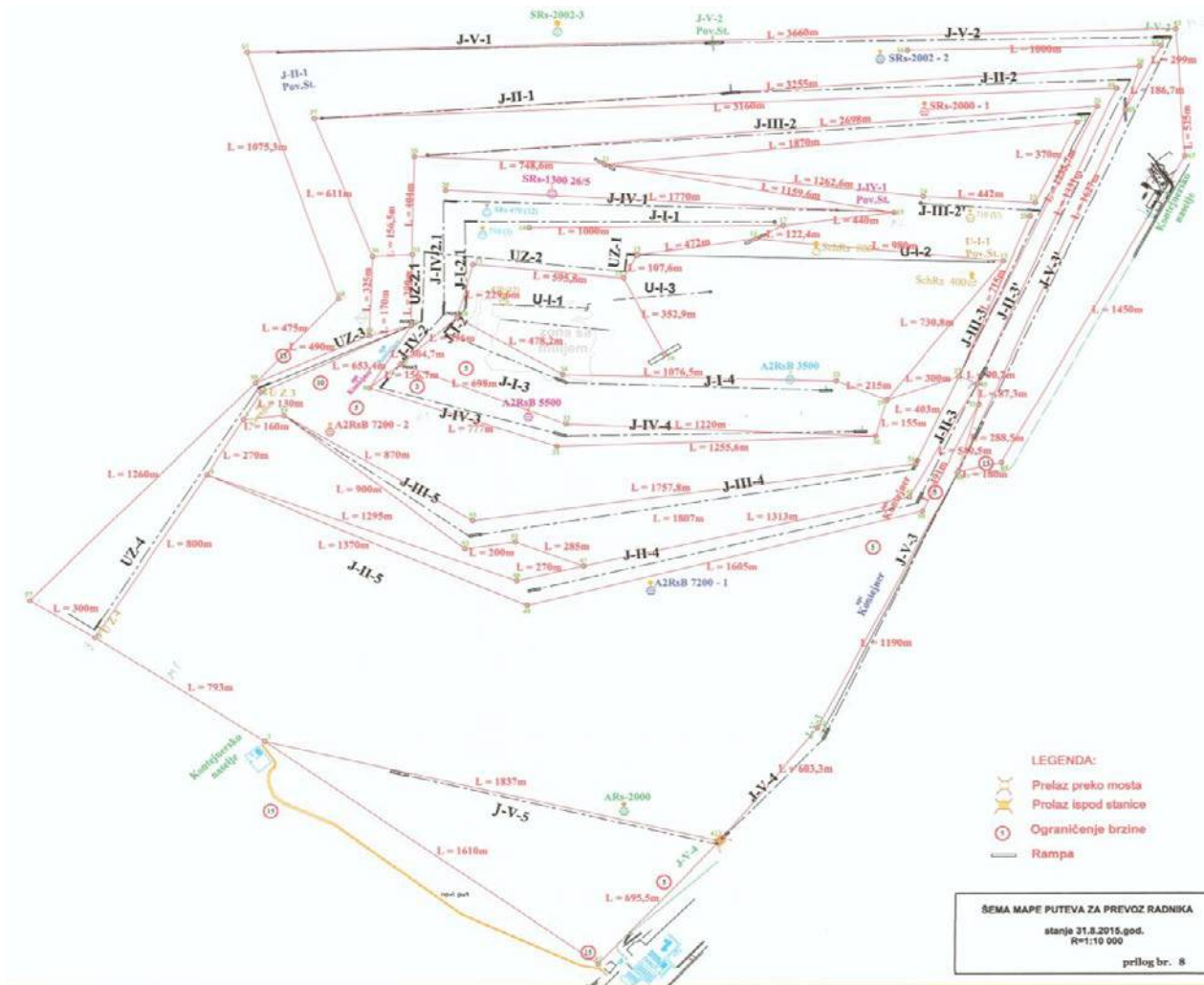
Kriterijum za optimalni put je minimalna dužina puta. PUMA vrši sparivanje mašina i poslova u parove mašina-posao za realizaciju puta na osnovu najkraćih rastojanja između svake mašine i svakog posla. Kao rezultat PUMA daje tri rešenja postupcima I, II i III.

Na sl. 4 je prikazan osnov modela određivanja najkraćeg-optimalnog puta kretanja mašine M_i do posla P_j , gde je:

- $k, k \pm n = k \pm n, k$, rastojanje (dužina puta) od čvora k do $k \pm n$ ($n=2, 3, \dots, m$), odnosno od $k \pm n$ do k ,
- M_i , pozicije raspoloživih mašina za poslove P_j ,
- P_j , poslovi,
- M_i, k , rastojanje od mašine M_i do čvora k , ili do $k \pm n$,
- P_j, k , rastojanje od posla P_j do čvora $k, k \pm n$.



Slika 3. Putevi, čvorovi, mašine, poslovi



Slika 4. Mreža puteva i čvorova na kopu

Na primer, mašina M3 do posla P1 dolazi preko čvora 5 (čvor 5, posao P1), ili 6 (čvor 6, posao P1), ili 6 i 5 (čvor 6 i 5 posao P1), a do posla P4 preko čvora 4 i 3, ili čvora 4, 5 i 3. Zavisno od dužina puteva $\overline{4\ 6}$ i $\overline{6\ P1}$, ili $\overline{4\ 5}$ i $\overline{5\ P1}$, ili $\overline{4\ 6}$ i $\overline{6\ 5}$ i $\overline{5\ P1}$ PUMA određuje najkraće-optimalno rastojanje mašine M3 do posla P1.

Mašine M4 i M5 su na istoj lokaciji. Poslovi P1 i P2 su na drugoj lokaciji. Na toj lokaciji su potrebne dve mašine a prikazana su dva posla zbog principa PUME „jedna mašina za jedan posao“. Određivanje najkraćeg-optimalnog puta od mašine Mi do posla Pj se određuje po principu „jedna mašina za jedan posao“.

Međutim, ako je raspoloživo više mašina iste vrste za posao koje te mašine mogu da urade određuje se ona koja ima najkraće rastojanje. Ali, ako ima više raspoloživih mašina iste vrste na različitim lokacijama za isti posao, ili različite poslove na različitim lokacijama onda se određuje putanja jedne mašine za svaki posao. Zatim druga mašina za iste poslove, i tako dalje. „jedna mašina za jedan posao“. Na karaju se čini zbir dužina puta po postupku I, II i III. Osnovni rezultat PUME su optimalne putanje parova mašina-posao. PUMA vrši sparivanje mašina i poslova u parove mašina-posao za realizaciju putovanja na osnovu

najkraćih rastojanja između svake mašine i svakog posla. Kao rezultat PUMA daje tri rešenja postupcima I i II i diktirano rešenje (koja odabira korisnik-dispečer na kopnu):

Postupak I „Biranje para“ - Polazi se od para mašina-posao sa najmanjim međusobnim rastojanjem, zatim iz razmatranja isključuje prethodni par i bira sledeći par sa najmanjim međusobnim rastojanjem, itd. Broj putanja za realizaciju je $TR = \min(M,P)$, gde M je broj mašina, P je broj poslova.

Postupak II „Biranje partnera“ - Partner iz manjinskog skupa (poslovi/mašine) bira bliskog partnera (mašinu/posao). Ovaj postupak daje rešenje za jedan od sledeća dva slučaja:

- Slučaj A - Broj raspoloživih mašina veći od broja poslova. Za svaki posao Pj (redosledom iz POSAO) određuje se najbliža mašina Mi koja postaje zauzeta za sledeće poslove.
- Slučaj B - Broj raspoloživih mašina manji ili jednak broju poslova. Svakoj mašini Mi (redosledom iz MASINE) pridružuje se najbliži posao j_m koji postaje pokriven za sledeće mašine.

U postupku II prvi partner iz manjinskog skupa prvi bira i ima prednost u odnosu na ostale iz ulaznog skupa (POSAO ili MASINE).

Postupa III: Diktirano rešenje - Treće rešenje je diktirano od strane korisnika PUME preko ulaznog redosleda mašina u bazu MASINE i poslova u POSAO. Prva mašina iz MASINE ide na prvi posao u POSAO, druga na drugi, itd.

Softver PUMA daje te dužine za sva tri rešenja. Realizuju se kretanja iz jednog usvojenog rešenja. Posle usvajanja jednog od tri rešenja, dispečer na kopu saopštava (na „raportu“) operateru-vozaču mašine optimalnu putanju za kretanje njegove mašine do posla.

Primer primene algoritma i softvera PUMA sa rezultatima sa kopa je prikazan u poglavlju 3 Primer.

Dispečer-korisnik (šef eksploatacije) koristiti PUMU za planiranje angažovanja mašina za određene poslove za dati planski period (smena ili 24 sata, dnevno raspoređivanje mašina) kao i za kraći period prema potrebi (interventna situacija). Jedno aktiviranje PUME se vrši za jednu vrstu poslova, na primer, poslovi koje rade buldožeri. Potrebna je nova priprema podataka i aktiviranje PUME za novu vrstu poslova, na primer, posao za pomerače cevi.

U praksi postoje situacije koje odstupaju od osnovnih principa PUME „na jedan posao jedna mašina“ i „svaki posao može raditi svaka mašina iz datih skupova“. Posebnim davanjem ulaznih podataka PUMA rešava i sledeće situacije.

- **Jedna mašina na dva posla u istoj smeni** - Rešava se planiranjem za prvi posao, a za drugi posao ponovo se koristi PUMA (kao za interventnu situaciju).
- **Za jedan (veći) posao potrebno je angažovanje više mašina** - Rešava se prijavljivanjem više poslova na datoj lokaciji (podela posla na „porcije“, jedan „posao“ je „porcija“ posla za jednu mašinu).
- **Više različitih pojedinačnih poslova** - Može se rešavati jednim korišćenjem PUME ako mašine u MASINE i poslovi u POSAO odgovaraju po redosledu, prva mašina odgovara prvom poslu, druga drugom itd, kao kod diktiranog rešenja.
- **Putanja vozila koje razvozi operatere-rukovaoce izabranih raspoloživih mašina** U datoteku MASINE unose se lokacije mašina u redosledu koji je dispečer utvrdio sa mape, prva je lokacija polaska vozila. U POSAO unose se lokacije mašina u istom redosledu od prve, a zadnja je lokacija povratka vozila. PUMA kao rezultat daje optimalne putanje vozila između lokacija mašina, to je „diktirano rešenje“ u rezultatima PUME.

Baza podatka:

- MREZA sa podacima o mreži puteva za PUMU

- Naslov – proizvoljan tekst do 50 karaktera
- Kevor – zadnja numeracija, za jedan veći od ukupnog broja čvorova
- Za svaki čvor zadaje se Redni broj čvora icv (između 2 i Kevor) i broj susednih čvorova nsc ≥ 2

- Za nsc čvorova: redni broj i indikator kretanja (dužina puta od čvora n do n \pm 1) > 0 od čvora do susednog čvora.

- POSAO sa podacima o poslovima iz Nalog-a

- Npos - ukupan broj poslova iste vrste
- Za svaki od Npos poslova zadaje se: Nscp, broj čvorova koji su susedni poziciji posla ≥ 1
- Za Nscp čvorova: redni broj čvora i indikator kretanja (dužina puta) od čvora do posla ≥ 0 .

- MASINE sa podacima o mašinama za PUMU

- Nmas – broj raspoloživih mašina
- Za svaku raspoloživu mašinu zadaje se: Alfa-numerička šifra mašine (iz baze Mašina)
- Broj čvorova koji su susedni poziciji mašine ≥ 1 .
- Za svaki susedni čvor: red. br. i indikator kretanja (dužina puta) od mašine ≥ 0 .
- Podaci o raspoloživim mašinama u MASINE mora da odgovaraju vrsti poslova u POSAO.

- Rezultati PUME

Ova baza sadrži među-rezultate i osnovne (krajnje) rezultate PUME. Njen naziv zadaje korisnik programa PUME.

3. PRIMER

U skladu sa aplikativnim softverom PUMA obuhvatajući mašine, sl. 2, i mrežu puteva, sl. 4, (na jednom ekranu) prikazan je postupak određivanja najkraćeg-optimalnog puta od pozicije mašine (i mašina) do posla (poslova) za jednu mašinu jedan posao po postupcima I, II i II (napred navedenim). Na osnovu ovog određeni su najkraći-optimalni putevi za sve mašina i sve poslove.

Postupak: Zadaju se iz baze podatka poslovi, uzimaju raspoložive mašine iz baze mašina i mreža iz baze mreža:

- POSAO
 - Posao 1: IzradaPuti, pozicija JIV3/Sred.
 - Posao 2: Čišćenje, pozicija JIV1/Dkraj
 - Posao 3: Čišćenje, pozicija JIII1/Dkraj, sl. 3 i 4.
- MASINE
 - Mašina M1: B03 buldožer TD25H, pozicija KonNaselje
 - Mašina M2: M1B05 buldožer TD25ME: pozicija JV2/JV3.
 - Mašina M3: A3 buldožer TD40E, pozicija JIII1/Lkraj

- MREZA (tabela 1)

```
66
2 3
3 793.0 42 1837.0 43 1610.0
3 3
4 800.0 57 300.0 2 793.0
4 4
5 270.0 48 1295.0 49 1370.0 3 800.0
5 3
```


6 130.0 54 160.0 4 270.0
 6 2
 7 653.4 5 130.0

 64 1450.0 62 525.0
 64 2
 40 180.0 63 1450.0
 65 2
 66 1000.0 39 299.0
 66 1
 65 1000.0

MEDJUREZULTATI PUME– Najkraće putanje

Masina 1 B03-TD25H, pozicija KonNaselje
 – Posao 1 IzradaPut, pozicija JIV3/Sred
 – Optimalna putanja dužine 2935.m preko čvorova
 1 3 4 5 6 7 8 67

Masina 2 B05-TD25ME, pozicija JV2/JV3,
 – Posao 1 IzradaPut, pozicija JIV3/Sred
 – Optimalna putanja dužine 4732m preko čvorova
 1 62 63 64 40 51 45 27 29 30 31 67

Masina 3 A3-TD40E, pozicija JIII/Lkraj
 – Posao 1 IzradaPut JIV3/Sred
 – Optimalna putanja dužine 1739m preko čvorova
 1 37 36 35 7 8 67

.....
 Masina 1 B03-TD25H, pozicija KonNaselje
 – Posao 2 Ciscenje JIV1/DKraj
 – Optimalna putanja dužine 4856m preko čvorova
 1 3 4 5 6 7 35 25 21 19 67

.....
 Masina 2 B05-TD25ME, pozicija JIII/JV3,
 – Posao 3 Čišćenje JI4/DKraj
 – Optimalna putanja dužine 3186.m preko čvorova
 1 62 63 64 40 51 45 27 29 33 67

REZULTAT PUME: Najkraće putanje za SISTEM

I POSTUPAK “BIRANJE PARA”: RESENJE ZA SISTEM PUTANJA

Matrica dužina: postupak sparivanja:

Mašina 1: pozicija KonNaselje 400m do čvora 3 dužina 4856m do Posla 2 Čišćenje, pozicija JIV1/Dkraj 0m do čvora 19
 Putanjom 3 4 5 6 7 35 25 21 19

Mašina 2: pozicija JV2/JV3, 0m do čvora 62, dužina 3186m do Posla 2 Čišćenje, pozicija JI4/Dkraj, 50m do čvora 33.
 Putanjom 62 63 64 40 51 45 27 29 33

Mašina 3: pozicija JIII/Lkraj 0m do čvora 37, dužina 1739m do posla 3 IzradaPut, pozicija JIV3/Sred 377m do čvora 8
 Putanjom 37 36 35 7 8

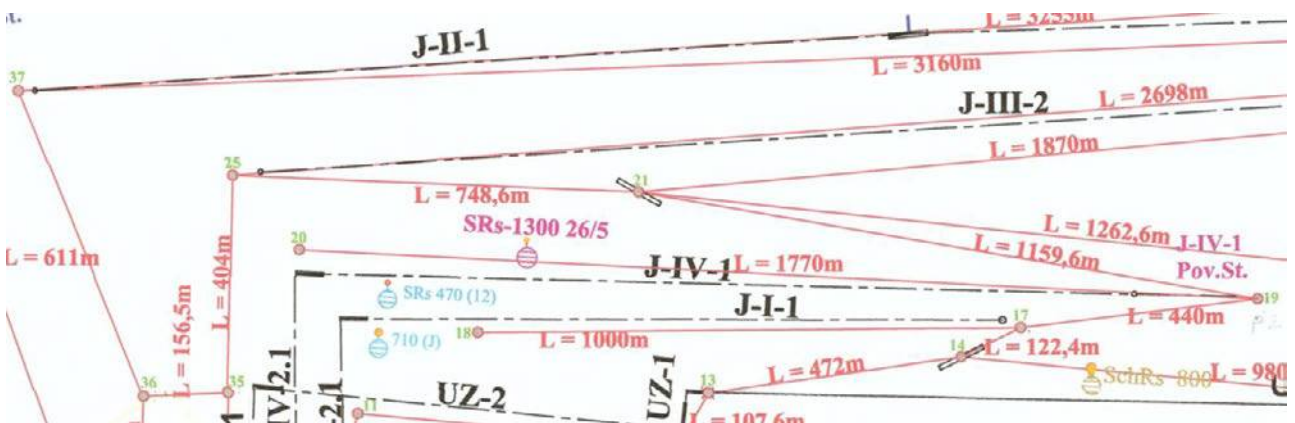
II POSTUPAK “BIRANJE PARTNERA” RESENJE ZA SISTEM PUTANJA

Mašina 1: pozicija KonNaselje, 400m do čvora 3, dužina 2935m do Posla 1 IzradaPut, pozicija JIV3/Sred 377m do čvora 8
 Putanjom 3 4 5 6 7 8

Mašina 2: pozicija JV2/JV3, 0.m do čvora 62, dužina 3186m do Posla 2 Čišćenje, pozicija JI4/Dkraj 50m do čvora 33
 Putanjom 62 63 64 40 51 45 27 29 33

Mašina 3: pozicija JIII/Lkraj, 0.m do čvora 37, dužina 3080m do Posla 3 Čišćenje, pozicija JIV1/Dkraj 0m do čvora 19
 Putanjom 37 36 35 25 21 19

Kretanje mašine 3 od čvora 37 do 19 prikazano na sl. 4.



Sl. 4 Mašina 3: pozicija JIII/Lkraj, 0.m do čvora 37, dužina 3080m do Posla 3, pozicija JIV1/Dkraj 0m do čvora 19
 Putanjom 37 36 35 25 21 19 (gornji deo sl. 4)

Matrica dužina: ilustracija postupka sparivanja:

Mašina 1: pozicija KonNaselje, 400m do čvora 3, dužina 2935m do Posla 1 IzradaPut, pozicija JIV3/Sred 377m do čvora 8

Putanjom 3 4 5 6 7 8

Mašina 2: pozicija JV2/JV3, 0.m do čvora 62, dužina 5195m do Posla 2 Čišćenje, pozicija JIV1/Dkraj 0m do čvora 19

Putanjom 62 63 64 40 51 45 27 29 15 14 17 19

Mašina 3: pozicija JIII1/Lkraj 0m do čvora 37, dužina 3790m do Posla 3 Čišćenje, pozicija JI4/Dkraj 50m do čvora 33

Putanjom 37 36 35 7 8 9 10 34 30 29 33

Rezultat I, II i III postupka optimizacije:

Posao 1	Posao 2	Posao 3	
Masina 1: 2935.m	4856.m	4985.m	
Masina 2 : 4732.m	5195.m	3186.m	
Masina 3: 1739.m	3080.m	3790.m	

Na osnovu izračunatih dužina puteva po postupku I, II i III od pozicija mašina do pozicija poslova dobija se tabela 2.

Tabele 2. Određivanje ukupne dužine puta prema postupku I, II i III: Posao-Mašina.

Postu pak	Posao	Mašina	Dužina [m]	Ukupno [m]
I	1. Čišćenje	1.	4856	9781
	2. Čišćenje	2.	3186	
	3. Izrada Puta	3.	1739	
II	1. Čišćenje	1.	2935	9201
	2. Čišćenje	2.	3186	
	3. Izrada Puta	3.	3080	
III	1. Čišćenje	1.	2935	11919
	2. Čišćenje	2.	5195	
	3. Izrada Puta	3.	3790	

Na osnovu UKUPNIH DUŽINA PUTEVA (Tabele 2) od pozicija MAŠINA do pozicija POSLOVA:

- po I postupku je: 9781 m,
- po II postupku je: 9201 m,
- po III postupku je: 11919 m,

zaključuje se da je najkraća-optimalna dužina sistema MAŠINA i POSLOVA dobijena po I postupku, odnosno po postupku "BIRANJE PARA", dužine 9781m.

4. ZAKLJUČAK

Optimizacija trajektorije kretanja mašina na površinskom kopu uglja je sprovedena zahvaljujući razvijenoj softverskoj aplikaciji PUMA (PUtevi, MAšine) zasnovanoj na GPS/GPRS tehnologijama za pozicioniranje mašina na kopu i lokalnoj mapi sa trasiranim putevima i čvorovima (prolazi iznad, ispod traka, promene pravca puta).

Kao što je u primeru pokazano postoji svako individualno rešenje „jedna mašina za jedan posao“. Međutim, ako se posmatra više mašina jedne vrste koje trebaju da izvrše više poslova (iz obima poslova ove vrste mašina, na primer buldožera) onda se najkraći-

optimalni put svih mašina i svih poslova određuje najmanjim zbirom dužina puteva sistema mašina i poslova za isti vremenski period. Ova optimalna dužina puta za posledicu ima i druge pogodnosti osim dužine puta. Skraćuje se-optimizuje se vreme transporta mašine od pozicija mešine do pozicija posla, ali isto tako i potrošnja goriva ovih mašina. Tako, zahvaljujući optimizaciji trajektorije od mašine(a) do posla(ova) uštedene su znatne količine goriva.

ZAHVALNICA

Istraživanje prezentovano u ovom radu je 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. Razvoj i implementacija sistema upravljanja operativnim radom pomoćne mehanizacije na bazi raspoloživosti i proizvodno ekonomskih pokazatelja operativnog rada sa podrškom savremenog informacionog sistema / informacionih tehnologija, Faza I, II, III, Mašinski fakultet u Beogradu, Izveštaj br. MF 09.03-376/11, 09.03-381/11, 09.03-393/12, Beograd, 2011-2012.
- [2] Ivanović, G., Stošić, D. i dr., GPS/GPRS sistem pomoćne mehanizacije PD TE-KO Kostolac, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Izveštaj br. MF 09.03-415/13, Beograd, 2013.
- [3] Pantelić, S., Ivanović, G. Mitrović, R., Jovanović, D., Stošić, D., Dimitrijević S., „Improvement of Auxiliary Mechanization Operations Management at an Open-Pit Coal Mine Based on a Process Approach with ICT Support“, Advances in Engineering Materials, Product and Systems Design, Advanced Materials Research Vol. 633 (2013), ISBN 978-3-03785-585-0, pp.322-324

POBOLJŠANI SERIJSKO-PARALELNI KONVERTOR PSEUDOSLUČAJNOG U PRIRODNI KOD PRIMENJEN KOD POZICIONIH ENKODERA

IMPROVED SERIAL-PARALLEL PSEUDORANDOM/NATURAL CODE CONVERTER IMPLEMENTED TO POSITION ENCODERS

Goran Miljković, Dragan Denić, Milan Simić, Aleksandar Jocić
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu

Sadržaj – Često je u različitim oblastima primene potrebna što brža konverzija pseudoslučajnog u prirodni kod, a jedna od primena je kod pseudoslučajnih apsolutnih pozicionih enkodera. Vreme određivanja ugaone pozicije kod ovih enkodera uglavnom zavisi od trajanja konverzije koda. U radu je dato jedno kompromisno rešenje konvertora koje kombinuje metode paralelne i serijske konverzije. Ovaj konvertor je dodatno ubrzan korišćenjem Galoa generatora pseudoslučajne binarne sekvence (PSBS). Ovi konvertori su pogodni za korišćenje kod enkodera visoke rezolucije.

Abstract – *It is often needed a faster pseudorandom/natural code conversion in different applications areas, and one of the applications is at pseudorandom absolute position encoders. Speed of the angular position determining in these encoders largely depends on the duration of the code conversion. A compromise solution of the converter that combines methods of parallel and serial conversion is described in the paper. This converter is further accelerated by the use Galois pseudorandom binary sequence generator (PRBS). These converters are suitable for use with high-resolution encoder.*

1. UVOD

Pseudoslučajni pozicioni enkoderi se koriste za merenje pozicije u industriji, računarskim periferijama, antenama, radarima, vojnim oruđima, itd. Osobina n -bitne pseudoslučajne binarne sekvence (PSBS), da prozor širine n koji klizi duž sekvence izdvaja jedinstvenu kodnu reč u svakom trenutku, se koristi u apsolutnim pseudoslučajnim pozicionim enkoderima za određivanje ugaone pozicije [1, 2]. Svaki pseudoslučajni pozicioni enkoder se sastoji od sledećih funkcionalnih delova, sistema očitavanja koda [3, 4, 5], sistema sinhronizacije očitavanja koda [4, 6], sistema za detekciju grešaka očitavanja koda [3, 7] i konvertora pseudoslučajnog/prirodni kod. Sistem za očitavanje koda može biti realizovan kao serijski sa jednom ili dve glave za očitavanje koda i paralelni korišćenjem niza fotodetektora. Metode sinhronizacije očitavanja koda obezbeđuju pouzdano definisanje trenutka očitavanja koda korišćenjem jedne dodatne sinhronizacione trake, ili unutrašnje sinhronizacije korišćenjem inkrementalno kodiranog točka, ili rešenje sa dodatnim kodiranjem bita pseudoslučajnog koda, itd [6]. Pouzdanost pseudoslučajnog pozicionog enkodera je mnogo bolja usled korišćenja metoda detekcije grešaka očitavanja koda.

Različite metode konverzije pseudoslučajnog/prirodni kod mogu se podeliti u tri različite grupe: paralelna [8], serijska [4] i serijsko-paralelna konverzija koda [4]. Najbrža je paralelna konverzija koda, ali ova metoda je zahteva veliku memoriju za smeštanje tablice konverzije koda, pogotovo u slučaju enkodera visoke rezolucije. Metode serijske konverzije koda koriste reverzibilnost algoritama za generisanje PSBS-e. Serijska konverzija koda je jednostavnija, zahteva manje hardvera, ali ima najduže vreme konverzije, što dolazi do izražaja kod enkodera visoke rezolucije. Zato što vreme konverzije koda uglavnom određuje i vreme određivanja apsolutne pozicije, glavni cilj prilikom projektovanja konvertora koda je što je moguće manje vreme konverzije koda. Serijsko-paralelna konverzija koda kombinuje prethodne dve metode i predstavlja jedno kompromisno rešenje. Kodna traka se deli na određeni broj podopsega u okviru kojih se vrši serijska konverzija koda, a podopsezi se lociraju paralelnom konverzijom koda.

U prvom delu rada je opisano jedno poboljšano rešenje serijskog konvertora pseudoslučajnog/prirodni kod baziranog na primeni Galoa generatora PSBS-e. Rešenje je predstavljeno na primeru enkodera rezolucije 6 bita. Iza toga je opisano jedno kompletno rešenje serijsko – paralelnog konvertora pseudoslučajnog/prirodni kod koje koristi prethodno opisano rešenje serijskog konvertora koda. Analiza predstavljenog rešenja i odgovarajući zaključci su dati na kraju rada.

2. SERIJSKI KONVERTOR PSEUDOSLUČAJNOG/PRIRODNI KOD

Metoda serijske konverzije pseudoslučajnog/prirodni kod se bazira na činjenici da se prirodni kod koji odgovara poziciji ' p ', može utvrditi brojanjem neophodnih koraka pomeračkom registru kako bi sa očitane pseudoslučajne kodne reči došao do početnog stanja korišćenje adekvatne konfiguracije povratne sprege za inverzni zakon generisanja PSBS-e. Primer $n = 6$ bitnog serijskog konvertora pseudoslučajnog/prirodni kod je prikazan na slici 1. Očitavanje pseudoslučajnog koda se vrši glavom za očitavanje $x(6)$ [4], pri čemu se očitani bitovi smeštaju u prihvatni registar gde se formira očitana pseudoslučajna kodna reč. Serijska metoda konverzije koda se može realizovati korišćenjem Fibonačijevog generatora PSBS-e, ali je ovde primenjen brži Galoa generator PSBS-e. Odgovarajući setovi povratne sprege za određenu dužinu pomeračkog registra i odgovarajući zakon generisanja (direktni ili inverzni) PSBS-e se mogu naći u literaturi [9].

Implementacija serijskog konvertora pseudoslučajnog/prirodni kod zasnovana na primeni Galoa generatora PSBS-e, takođe koristi pomerački registar čiji se sadržaj modifikuje u svakom koraku pomeranja usled adekvatno raspoređenih XOR kola na odgovarajućim mestima između flip-flova pomeračkog registra [10, 11, 12, 13], kako bi imali inverzni zakon generisanja PSBS-e. Ovakva implementacija ima manji broj logičkih kola u povratnoj sprezi u odnosu na Fibonačijev generator, što omogućuje brži rad ovog konvertora. Za funkcionisanje serijskog konvertora koda baziranog na Galoa generatoru PSBS-e potrebna je inicijalna logika koja očitava kodnu reč konvertuje u odgovarajući sadržaj pomeračkog registra. Ona, u procesu konverzije koda, učestvuje samo na početku konverzije prilikom upisa očitano stanja u pomerački registar Galoa generatora.

Logika za inicijalnu konverziju očitane pseudoslučajne kodne reči može biti projektovana prema sledećoj proceduri. Očitana 6-bitna pseudoslučajna kodna reč (označena kao $x = x_6x_5x_4x_3x_2x_1$) u realnom vremenu nije identična 6-bitnom sadržaju pomeračkog registra (označen kao $X = X_6X_5X_4X_3X_2X_1$), koji odgovara poziciji ove kodne reči u generisanoj pseudoslučajnoj binarnoj sekvenci. Projektovana logika mora da omogući odgovarajuće stanje pomeračkog registra, sa paralelnom konfiguracijom povratne sprege, za bilo koju 6-bitnu kodnu reč pseudoslučajne binarne sekvence.

Pretpostavimo da je početni sadržaj pomeračkog registra $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\}$, a očitana pseudoslučajna kodna reč $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ koja odgovara tom sadržaju. U toku procesa projektovanja primenjuje se direktni zakon generisanja PSBS-e i smer pomeranja od X_1 do X_6 . Očitani bit pseudoslučajnog koda je uvek jednak stanju X_6 , i

$$X_6 = x_6 \quad (1)$$

Sadržaj pomeračkog registra postaje $\{X_6', X_5', X_4', X_3', X_2', X_1'\}$ posle prve periode takta, kada se prema

direktnom zakonu generisanja pseudoslučajne binarne sekvence za $n = 6$ sledeće relacije mogu napisati

$$\begin{aligned} X_6' &= X_5 \oplus X_6 \\ X_5' &= X_4 \\ X_4' &= X_3 \\ X_3' &= X_2 \oplus X_6 \\ X_2' &= X_1 \oplus X_6 \\ X_1' &= X_6 \end{aligned}$$

Na osnovu matematičkih veza $X_6' = X_5 \oplus X_6$, i $X_6' = x_5$, sledeća relacija se može dobiti

$$X_5 = x_5 \oplus x_6 \quad (2)$$

Sadržaj pomeračkog registra postaje $\{X_6'', X_5'', X_4'', X_3'', X_2'', X_1''\}$ posle druge periode takta. Korišćenjem istog principa kao u prethodnoj periodi takta sledeće relacije se mogu napisati

$$\begin{aligned} X_6'' &= X_5' \oplus X_6' \\ X_5'' &= X_4' \\ X_4'' &= X_3' \\ X_3'' &= X_2' \oplus X_6' \\ X_2'' &= X_1' \oplus X_6' \\ X_1'' &= X_6' \end{aligned}$$

Pošto je $X_6'' = x_4$ i $X_6'' = X_5' \oplus X_6'$, a validne relacije iz prethodne periode takta su $X_5' = X_4$, $X_6' = X_5 \oplus X_6$ i $X_5 = x_5 \oplus x_6$, tako da se može dobiti

$$X_4 = x_4 \oplus x_5 \quad (3)$$

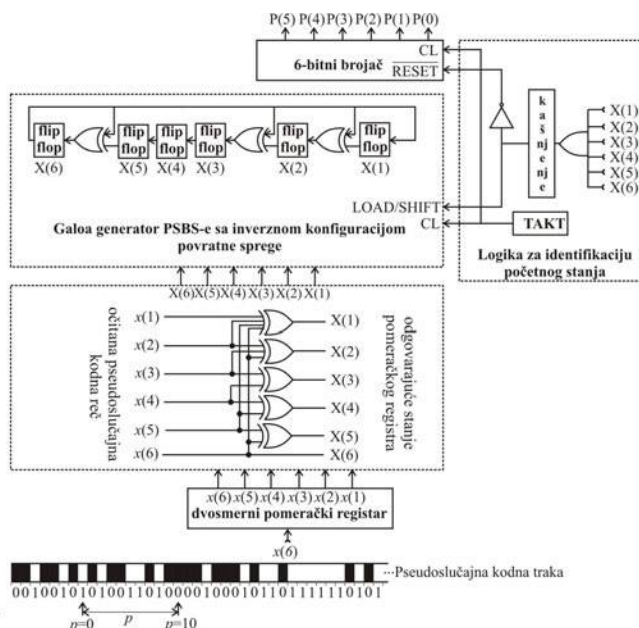
Korišćenjem identične procedure u sledećim periodama takta i korišćenjem dobijenih relacija iz prethodnih perioda takta sledeće relacije se mogu dobiti

$$X_3 = x_3 \oplus x_4 \quad (4)$$

$$X_2 = x_2 \oplus x_3 \oplus x_6 \quad (5)$$

$$X_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_5 \oplus x_6 \quad (6)$$

Prethodno dobijenih šest relacija (1)-(6) definišu vezu između sadržaja registra i odgovarajuće očitane pseudoslučajne kodne reči, što se može videti na slici 1.



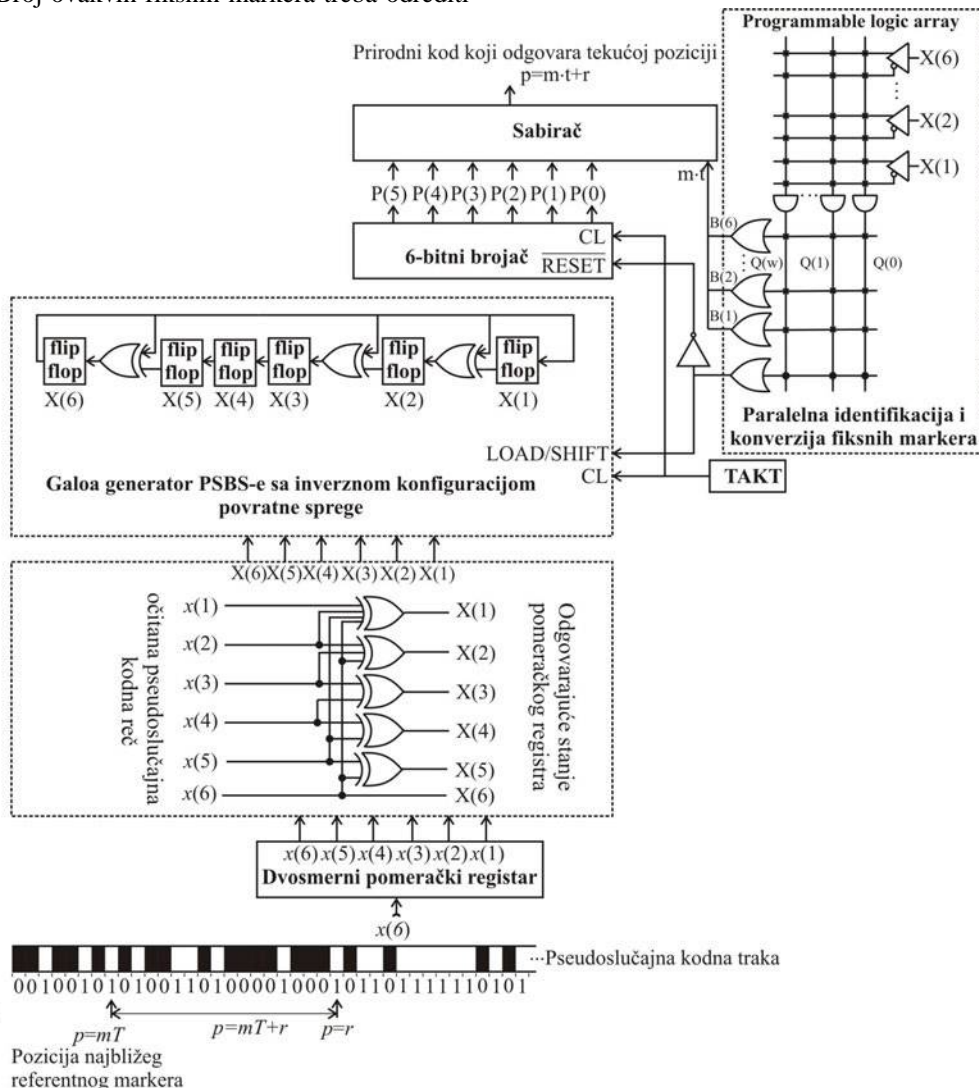
Slika 1. Serijski konvertor pseudoslučajnog/prirodni kod baziran na Galoa generatoru PSBS-e

3. POBOLJŠANI SERIJSKO-PARALELNI KONVERTOR PSEUDOSLUČAJNOG/PRIRODNI KOD

Kako bi se smanjilo vreme konverzije serijskih konvertora pseudoslučajnog/prirodni kod, pogotovo u slučaju enkodera visoke rezolucije, predlaže se korišćenje serijsko-paralelnih konvertora koda na račun povećanja kompleksnosti hardvera. Ovaj konvertor predstavlja kombinaciju serijske i paralelne metode konverzije koda [4]. U ovom radu se primenjuje Galoa generator PSBS-e u realizaciji serijsko-paralelnog konvertora i na taj način se dodatno umanjuje vreme konverzije koda. Kompletno rešenje serijsko-paralelnog konvertora koda, koje sadrži Galoa generator PSBS-e, sistem za očitavanje koda, kao i inicijalnu logiku za početnu konverziju očitane pseudoslučajne kodne reči, prikazan je na slici 2. Serijsko-paralelni konvertor se zasniva na ideji da je moguće na pseudoslučajnoj kodnoj traci označiti određene pozicije kao fiksne markere, a ovi markeri bi bili uniformno raspoređeni sa periodom T . Na taj način je pseudoslučajna kodna traka podeljena na podopsege, u okviru kojih se vrši serijska konverzija koda, dok se određivanje pozicije fiksnih markera vrši paralelnom konverzijom. Broj ovakvih fiksnih markera treba odrediti

u zavisnosti od dužine pseudoslučajnih kodnih reči, u smislu usaglašavanja maksimalnog vremena potrebnog za konverziju i veličine memorije potrebne za smeštanje referentnih pseudoslučajnih kodnih reči. U radu će se kao mehanizam za identifikaciju fiksnih markera koristiti PLA (programmable logic array) logičko kolo.

Prirodni kod r se određuje prebrojavanjem koraka potrebnih pomeračkom registru da stigne do pozicije najbližeg fiksnog markera. Za ovu svrhu se koristi jedan 6-bitni brojač. Konverzija pozicije fiksnih markera se vrši paralelno korišćenjem PLA (Programmable Logic Array) logičkog kola. Sva međustanja pomeračkog registra se upoređuju u paraleli sa stanjima fiksnih markera. PLA logičko kolo je tako programirano da njegovi izlazi $B(1)$, $B(2)$, ..., $B(6)$ obezbeđuju prirodni binarni kod za vrednost $m \cdot T$. Jedan dodatni sabirač je potreban za sabiranje pozicije r sa pozicijom $m \cdot T$ korišćenog fiksnog markera, kako bi se dobila aktualna pozicija p . U predstavljenom rešenju je serijski konvertor koda koji se koristi između fiksnih markera baziran na Galoa generatoru PSBS-e, kako bi se dodatno ubrzala konverzija u poređenju sa korišćenjem Fibonačijevog generatora PSBS-e.



Slika 2. Unapređeni serijsko-paralelni konvertor pseudoslučajnog/prirodni kod

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan jedan brži pristup serijskoj konverziji pseudoslučajnog/prirodni kod, baziran na korišćenju bržeg Galoa umesto Fibonačijevog generatora PSBS-e. Prikazan je postupak projektovanja jednostavne logike za početnu konverziju očitane pseudoslučajne kodne reči u odgovarajuće stanje pomeračkog registra. Ovaj brži serijski konvertor koda je uspešno ugrađen u serijsko-paralelni konvertor pseudoslučajnog/prirodni kod. Ovakav konvertor koda je hardverski kompleksniji i pogodan je za korišćenje kod pozicionih pseudoslučajnih enkodera visoke rezolucije gde se najviše dobija na smanjenju vremena konverzije u poređenju sa serijskim konvertorima koda.

LITERATURA

- [1] S. Engelberg, H. Benjamin, "Pseudorandom sequences and the measurement of the frequency response", in IEEE Instrum. Meas. Mag., vol. 8, no. 1, pp. 54–59, 2005.
- [2] F.J. MacWilliams, N.J.A. Sloane, "Pseudo-random sequences and arrays", Proceeding of IEEE, Vol. 64, No. 12, pp. 1715-1728, 1976.
- [3] M. Arsić, D. Denić, "New pseudorandom code reading method applied to position encoders", in Electron. Lett. vol. 29, pp. 893-894, 1993.
- [4] E.M. Petriu, "Absolute position measurement using pseudorandom binary encoding", in IEEE Instrum. Meas. Mag., vol. 1, no. 3, pp. 19–23, 1998.
- [5] D. Denić, I. Ranđelović, M. Rančić, "High – resolution pseudorandom encoder with parallel code reading", in Electronics and Electrical Engineering, nr. 7(56), pp. 14-18, 2004.
- [6] D. Denić, G. Miljković, "Code reading synchronization method for pseudorandom position encoders", in Sensor. Actuat. A-Phys. vol. 150, pp. 188-191, 2009.
- [7] D. Denić, M. Arsić, "Checking of pseudorandom code reading correctness", in Electron. Lett. vol. 29, pp. 1843-1844, 1993.
- [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] New Wave Instruments, "Linear feedback shift registers: Implementation, M-sequence properties, feedback tables", (2004), http://www.newwaveinstruments.com/resources/articles/m_sequence_linear_feedback_shift_register_lfsr.htm
- [10] S. Bourdel, E. Campo, P. Melet, L. Andrieux, "From modelling of a CDMA transceiver in indoor environment to an ASIC circuit synthesis", in J. Telecommun. Inf. Technol., vol. 3, pp. 33–45, 2001.
- [11] D. Denić, I. Stojković, "Pseudorandom/natural code converter with parallel feedback logic configuration", in Electron. Lett. vol. 46, pp. 921-922, 2010.
- [12] J.C. Rau, P.H. Wu, Y.F. Ho, "A novel reseeding mechanism for improving pseudo-random testing of VLSI circuits", in Tamkang Journal of Science and Engineering vol. 11, no. 2, pp. 175-184, 2008.
- [13] M.E.H. Amrani, R.M. Dowdeswell, P.A. Payne, K.C. Persaud, "Pseudo-random binary sequence interrogation techniques for gas sensors", in Sensor. Actuat. B-Chem. vol. 47, pp. 118-124, 1998.

Istraživanja u ovom radu su podržana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR32045 iz oblasti tehnološkog razvoja.

WEB APLIKACIJA ZA PRIKUPLANJE, SKLADIŠTENJE, OBRADU I GEO-ANALIZU PODATAKA SA DRUŠTVENE MREŽE TWITTER

WEB APPLICATION FOR MINING, STORING, PROCESSING AND GEO-ANALYSIS DATA FROM TWITTER SOCIAL NETWORK

Nikola Džaković¹, Nikola Dinkić¹, Jugoslav Joković¹, Leonid Stoimenov¹
Elektronski fakultet u Nišu¹

Sadržaj – Predmet istraživanja u ovom radu je prikupljanje i analiza podataka sa društvene mreže Twitter, za region koji obuhvata park „Vukov spomenik“. Istraživanje je bazirano na prikupljenim podacima za ovu lokaciju u vremenskom periodu od tri meseca, koji su filtrirani i klasifikovani prema zadatim kriterijumima. Za potrebe prikupljanja podataka i odgovarajuću analizu kreirana je Web aplikacija „Twitter search engine“ koja koristi Twitter REST API kao sredstvo komunikacije sa tom društvenom mrežom. Sve analize koje se mogu izvesti u okviru ove aplikacije mogu se koristiti za potrebe urbanističkog projektovanja, kao i za ispitivanje atraktivnosti pojedinih lokacija u gradu, odnosno javnih otvorenih prostora.

Abstract - Purpose of this paper is mining and analysing big data from Twitter, for park in Belgrade, „Vukov spomenik“. Research is based on data gathered in period of three months for this location. This data is filtered and classified according to given criteria. For purpose of data mining and analysis, a Web application “Twitter search engine” is created. This application uses Twitter REST API as protocol for communication with the social network. Analysis that are offered in this application can be used for creation of urban plans for city as well as attractiveness of city locations, particularly open public spaces.

1. UVOD

Geografski informacioni sistemi (u daljem tekstu GIS), kao sistemi za smeštanje, obradu i manipulisanje geoprostornih podataka [1] omogućavaju vizualizaciju i analizu podataka koji imaju geo-referencu. GIS se koriste u različitim oblastima od nadgledanja životne sredine, upravljanja saobraćajem, do očuvanje javne bezbednosti, kontrole bezbednosti objekta, ili upravljanje prilikom prirodnih katastrofa, itd. Jezgro jednog GIS-a je baza podataka, koja organizuje geoprostorne podatke u formu u kojoj je lako dodavati nove i pretraživati već postojeće podatke. Osim toga, GIS obezbeđuje funkcije za prezentaciju i vizualizaciju, kao i analizu, planiranje i prikupljanje geoprostornih podataka. Danas je GIS dostupan širokom krugu korisnika, ne samo u obliku desktop aplikacija, već i preko Web-a i na mobilnim uređajima. Gotovo svi korisnici direktno ili indirektno koriste podatke koji imaju geo-referencu, a većina njih koristi GIS u nekom obliku, makar i na mobilnom uređaju. Geo-podaci se danas koriste svakodnevno - uz fotografije se čuvaju informacije o lokaciji, korisnici na društvenim mrežama objavljuju svoje lokacije ili zahtevaju najkraći put do željenog objekta u gradu.

Pod pojmom društvena mreža podrazumeva se društvena struktura koju čine čvorovi (koji su uopšteno pojedinci ili organizacije) povezani jednom ili više međuzavisnosti. Rezultujuća struktura često može da bude veoma kompleksna. Analiza društvene mreže posmatra društvene relacije u terminima čvorova i veza. Čvorovi su individualni akteri unutar mreže, a veze su relacije između aktera. Može da postoji više različitih veza između čvorova. Analizom se mogu dobiti značajni rezultati koji mogu da doprinesu boljem sagledavanju stanja ili kvalitetnijem donošenju odluka.

Jedna od najpopularnijih društvenih mreža danas je Twitter [2] koja korisnicima omogućava slanje i primanje tekstualnih poruka od 140 znakova, poznatijih kao *tweet*. Ograničenje na 140 znakova odabrano je zbog tehničke kompatibilnosti sa mobilnim uređajima, sa kojih korisnici dominantno posećuju ovu društvenu mrežu, što je prouzrokovalo i razvoj verzija za sve platforme i uređaje. Ovaj servis beleži stalni porast popularnosti kod korisnika širom sveta, pa tako i u Srbiji koja spada u sam svetski vrh u pogledu višezjezičnosti u komunikaciji korisnika Twitter-a. Specifičnost ove mreže je što stvara zajednicu ljudi povezujući ih oko iste tematike i područja interesa. Zbog svoje strukture i velikog broja javnih profila ova društvena mreža pogodna je za praćenje vesti i dešavanja u realnom vremenu.

Sa svojim otvorenim API-jem, Twitter je postao jedan od najpopularnijih izvora podataka za različita istraživanja i analize, od kojih je većina usmerena na ovu socijalnu mrežu kao izvor teksta ili grafa mreže, a tek po koji napor do danas učinjen je sa naglaskom na geografiji Twittera, proceni različitih izvora geografskih informacija o servisu i njihovoj tačnosti [3,4]. Geografske informacije u prilogu *tweet*-ova koriste se pre svega kao mehanizam filtriranja [5]. Označavanje u geografskom smislu (**eng. geotagging**) predstavlja slučaj kada korisnici Twitter-a učine dostupnim svoj položaj, tako da drugi mogu videti tačno mesto odakle je poslat *tweet*. Istraživači mogu analizirati informacije na osnovu lokacije i profila generisanih od strane korisnika.

Predstavljanje prikupljenih geo-podataka na karti, organizovanih u formi prostorno-vremenskih podataka, otvorilo je novu dimenziju u analizi načina na koje se koriste naseljena mesta, a pre svega gradska područja. Posmatranjem i tumačenjem rezultata ovih analiza, moguće je formirati listu najposećenijih lokacija, uključujući i periode kada se to događa. Takođe, moguće je utvrditi načine na koje se ljudi kreću po gradu, odnosno izabranim lokacijama, definisati najposećenija mesta i formirati kartu atraktivnosti specifičnih sadržaja na određenoj lokaciji i u datom vremenskom intervalu. Posmatrana u kontekstu lokacije, atraktivnost kvantifikuje koliko je ona u stanju da privuče pažnju i utiče na odluke

pojedince ili više osoba [6] i koliko može pomoći da se razumeju i objasne različite prostorno-vremenske pojave [7]. Različite metode su korišćene za izražavanje atraktivnosti lokacija u kvantitativnom smislu, a ovaj fenomen bio je predmet istraživanja različitih disciplina: urbanizam, saobraćaj, marketing, turizam, sociologija, itd. U oblasti urbanističkog projektovanja, gde su napori usmereni prema poboljšanju identiteta mesta s ciljem da izgrade pozitivan imidž, mera atraktivnosti javnih otvorenih prostora može se izjednačiti sa ukupnim kvalitetom lokacije [8]. Uspostavljanjem korelacije između kvaliteta javnog otvorenog prostora i broja osoba koje ljudi provode u njima, primećuje se da se, sa povećanjem kvaliteta spoljašnjeg okruženja, povećava i nivo pratećih aktivnosti [8]. Razvoj tehnologije i sve veći broj tzv. pametnih telefona i drugih elektronskih mobilnih uređaja omogućio je nove načine merenja atraktivnosti gradova i mesta, na bazi intenziteta poseta. Kao ključni resurs mogu se izdvojiti prostorno-vremenski podaci (**eng.** *geotagg*), koji su povezani s uređajima, kao i sa sadržajima kreiranim i objavljenim na internetu na društvenim mrežama. Na taj način, svi građani odnosno posetioци postaju organizovani tako da budu glas kvaliteta i vrednosti grada odnosno lokacije, stvarajući tako medij oglašavanja usmeren prema velikom broju ljudi [9].

U ovom radu dat je prikaz aplikacije *Twitter search engine* koja omogućava prikupljanje, skladištenje, obradu i analizu podataka sa društvene mreže *Twitter*. U cilju ilustracije mogućnosti ove aplikacije za analize od interesa u urbanističkom projektovanju, prikazani su rezultati analize koji se odnose na region parka „Vukov spomenik“ u Beogradu, na osnovu prikupljenih geo-referenciranih *tweet*-ova.

2. TWITTER REST API

REST (**eng.** *REpresentational State Transfer*) [10] arhitekturni stil je razvijen od strane Technical Architecture Group (TAG) paralelno sa HTTP 1.1 (**eng.** *Hypertext transfer protocol*). Ovaj stil je dobio najveću primenu u izradi web aplikacija. REST arhitektura se tipično sastoji od klijenta i servera. Klijent inicira zahtev serveru, a server procesira zahtev i vraća odgovor klijentu.

REST definiše skup arhitekturnih principa. Pomoću njih možemo dizajnirati mrežne servise koji se fokusiraju na sistemске resurse, uključujući i to kako se stanja resursa adresiraju i prebacuju preko HTTP-a od strane velikog broja klijentskih aplikacija pisanih u različitim programskim jezicima. Danas se REST izdvojio kao dominantan mrežni servis dizajn model, ukoliko se meri po broju mrežnih servisa koji ga koriste.

U svojoj najjednostavnijoj formi, konkretna implementacija REST Web servisa prati četiri osnovna principa: Eksplicitno korišćenje HTTP metoda; Nema korišćenja stanja – izlaganje; URI-ja koji su nalik strukturi direktorijuma; Transfer podataka u strukturi XML-a, JSON-a (**eng.** JavaScript Object Notation); *Twitter* kompanija je razvila sopstveni *REST API* koji pruža programski pristup za čitanje i upis podataka u *Twitter* društvenu mrežu. Ovo je najveću primenu našlo kod aplikacija kod kojih je neophodno da se korisnik

registruje kako bi imao pristup sadržaju aplikacije. Naime, umesto da korisnik unosi svoje podatke prilikom registracije, on može da izabere da se njegovi podaci preuzmu sa *Twitter* društvene mreže. Ovo je samo mali deo mogućnosti koje ovaj *REST API* pruža.

Adresa *Twitter REST API*-ja na koju je potrebno poslati zahtev za pribavljanje potrebnih resursa je:

<https://api.twitter.com/1.1/search/tweets.json>

Opšte informacije o resursima su date u Tabeli 1.

Format odgovora	JSON
Zahteva autentifikaciju?	Da
Broj podataka je ograničen?	Da
Maksimalni broj zahteva u periodu od 15 minuta (korisnički nalog)	180
Maksimalni broj zahteva u periodu od 15 minuta (nalog aplikacije)	450

Tabela 1. Opšte informacije o resursima

3. APLIKACIJA TWITTER SEARCH ENGINE

Twitter search engine je Web aplikacija koja omogućava prikupljanje, skladištenje, obradu i analizu podataka sa društvene mreže *Twitter*.

Prikupljanje podataka se zasniva na *Twitter REST API*-ju [11], koji omogućava prikupljanje *tweet*-ova, u prostoru definisanom geo-referenciranom tačkom i zadatim poluprečnikom. Ovaj API nudi širok dijapazon informacija vezanih za same *tweet*-ove i korisnike koji ih postavljaju. Pored osnovnih informacija kao što su tekst, vreme, broj *retweet*-a, broj *like*-a dostupne su i informacije o aplikaciji sa koje je postavljen, kao i geografskoj lokaciji sa koje je *tweet* podeljen što predstavlja osnovu za analizu i obradu geoprostornih podataka.

Osnovu svake uspešne i dobre analize predstavlja velika količina podataka, a glavno ograničenje, a ujedno i mana *Twitter REST API*-ja jeste dostupnost podataka samo u vremenskom periodu od sedam dana od trenutka slanja zahteva. Dakle, ovaj API nam nudi *tweet*-ove koji su postavljeni u proteklih nedelju dana u okviru zadatog radijusa od unapred određene lokacije. Zbog ovog velikog ograničenja razvijena je potreba za prikupljanjem i skladištenjem podataka u dužem vremenskom periodu od sedam dana. U svrhu prevazilaženja ovih problema *Twitter search engine* nam omogućava prikupljanje i skladištenje podataka za neograničen vremenski period. Sama aplikacija je instalirana na Linux serveru, koje je zakupljen od hosting kompanije DigitalOcean [12]. Server je podešen tako da automatski šalje zahte *Twitter REST API*-ju u cilju dobijanja svih *tweet*-ova iz prethodnog dana. Dobijeni podaci se skladište u MySQL bazu podataka, što nam rešava problem čuvanja podataka na duži vremenski period.

Pored samog prikupljanja i skladištenja podataka ova aplikacija nudi prikaz, analizu i izvršavanje kompleksnih geoprostornih upita nad skladištenim podacima u bazi podataka. Ovi upiti se izvršavaju uz pomoć geoprostorno relacionih funkcija koje nudi MySQL baza podataka. Ove funkcije predstavljaju korelaciju tj. međusobnu zavisnost između dva objekta određena georeferenciranim tačkama. Aplikacija takođe ima mogućnost crtanja poligona na Google mapi u okviru kojih želimo da sprovedemo analizu, vodeći računa da taj poligon mora da bude unutar oblasti za koju su sakupljeni podaci. Crtanje poligona se vrši pomoću *Google Maps JavaScript API*-ja [13].

4. OBRADA I ANALIZA PODATAKA

Analiza geoprostornih podataka zahteva da podaci budu u određenom formatu kako bi geoprostorni upiti mogli da se izvršavaju. Međutim, pošto su sve informacije koje se dobijaju od *Twitter* REST API-ja u JSON formatu, pre bilo koje analize neophodno je izvršiti transformacije geoinformacija u određeni format. Ovaj proces transformacije originalnih u geoprostorne tipove podataka predstavlja predprocesiranje, odnosno prvi korak u ovoj analizi.

U cilju ilustracije mogućnosti primene *Twitter search engine* aplikacije analizirani su podaci dobijeni na osnovu *tweet*-ova prikupljenih u periodu od tri meseca (novembar 2015 – januar 2016) za javni otvoreni prostor koji se odnosi na park „Vukov spomenik“ u Beogradu. Ovaj prostor je definisan odgovarajućim poligonom na mapi, što je prikazano na Slici 1. Markeri prikazani plavom bojom predstavljaju *tweet*-ove koji su dobijeni izvršenjem geoprostornog upita nad zadatim poligonom. Klikom na određeni marker prikazuje se *tweet*, kao i informacije o korisniku koji ga je postavio. Kumulativnom analizom dobijeni su podaci prikazani u Tabeli 2.

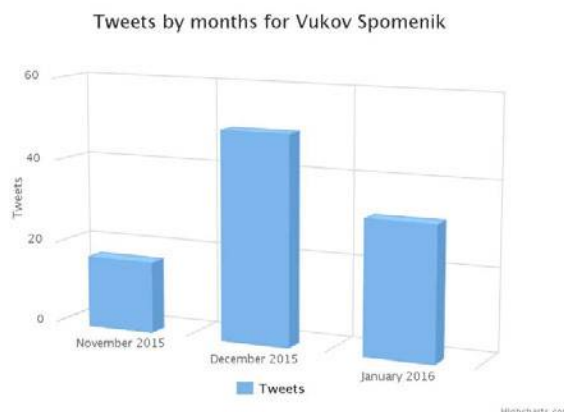
Tip analize	Vrednost
Broj <i>tweet</i> -ova	99
Broj korisnika	39
Broj pratilaca	62627
Broj deljenja (<i>retweet</i> -a)	2
Broj podržavanja (<i>like</i> -a)	41
Broj aplikacija	5

Tabela 2. Kumulativni podaci za oblast „Vukovog spomenika“

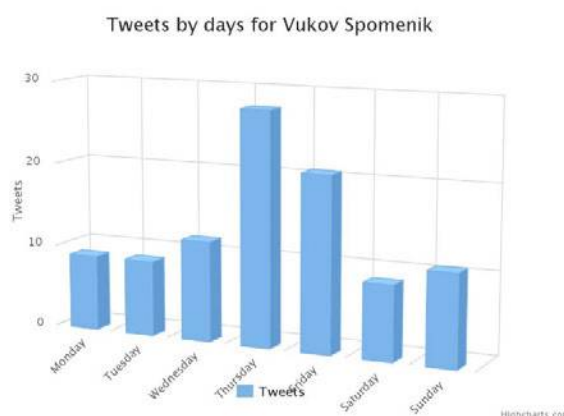


Slika 1. Oblast parka „Vukov spomenik“

Pored kumulativne analize, *Twitter search engine* omogućava analize na osnovu filtriranja podataka u zadatim vremenskim intervalima, odnosno klasifikacije po mesecima u godini, danima u nedelji ili na drugi način definisanim vremenskim intervalima. Na Slici 2. prikazana je raspodela po mesecima *tweet*-ova, koji su postavljeni u razmatranom prostoru. Može se zaključiti da su *Twitter* korisnici u prethodnom tromesečnom periodu najaktivniji bili tokom decembra meseca. Rezultati klasifikacije podataka po danima u nedelji su prikazani na Slici 3, na osnovu kojih dolazimo do zaključka da su korisnici bili najaktivniji sredom.



Slika 2. Raspodela *tweet*-ova po mesecima

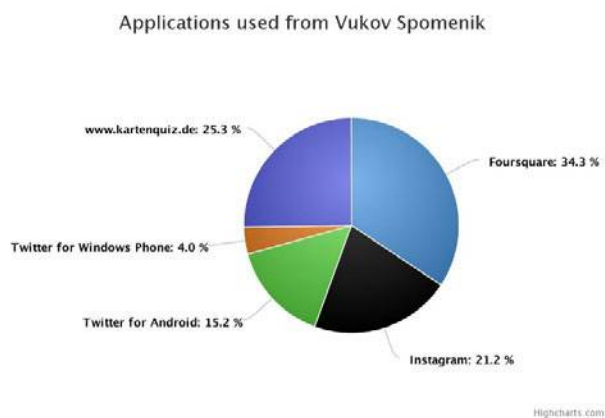


Slika 3. Raspodela *tweet*-ova po danima u nedelji

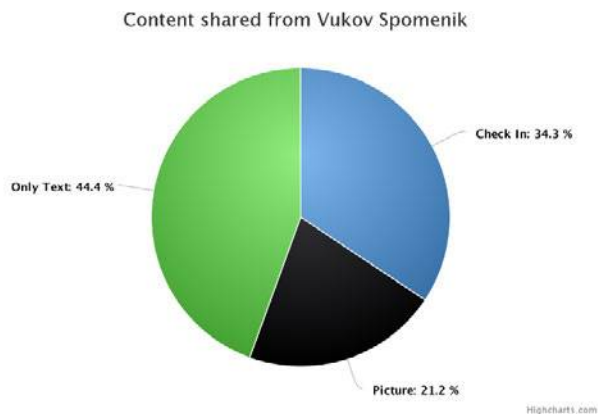
Pored analize podataka na osnovu zadatog vremenskih intervala, prikupljeni *tweet*-ovi se mogu klasifikovati i po aplikaciji sa koje su postavljeni kao i po sadržaju koje su korisnici postavili. Slika 4. predstavlja procentualnu raspodelu aplikacija koje su korišćene za postavljanje *tweet*-ova u razmatranom prostoru, dok Slika 5. ilustruje analizu sadržaja *tweet*-ova. Generalno, na osnovu raspodele *tweet*-ova po aplikaciji sa koje su postavljeni može se zaključiti koji tip sadržaja ima *tweet* bez potrebe za dubljom semantičkom analizom. Na primer svi *tweet*-ovi postavljeni sa aplikacije Instagram [14] moraju da sadrže sliku.

Iz rezultata samih analiza mogu se izvesti zaključci za razmatrani javni prostor „Vukov spomenik“, na primer da je svaki korisnik je u proseku postavio po 2.5 *tweet*-a, da su korisnici bili najaktivniji tokom decembra, da je

najveći broj *tweet*-ova postavljan sredom, kao i da je najčešće korišćena aplikacija bila Foursquare [15] sa udelom od 34.3%, odnosno da je 21.2% korisnika postavilo fotografije što govori o atraktivnosti samog prostora.



Slika 4. Aplikacije korišćene za postavljanje *tweet*-ova



Slika 5. Sadržaj *tweet*-ova

5. ZAKLJUČAK

Primeri analiza predstavljenih u ovom radu predstavljaju samo deo mogućnosti *Twitter search engine* aplikacije. Generalno, društvena mreža *Twitter* predstavlja odličnu osnovu za ovaj vid istraživanja, s obzirom da platforma uz pomoć svog REST API-ja daje odličnu podršku za analizu podataka, pre svega zato što pruža veliku količinu javnih informacija o samim *tweet*-ovima i korisnicima, a što je od presudnog značaja za svaku uspešnu analizu. Sve analize koje se mogu izvesti u okviru ove aplikacije umnogome mogu pomoći prilikom kreiranja urbanističkih planova grada. Takođe mogu se koristiti za ispitivanje atraktivnosti pojedinih lokacija, odnosno javnih otvorenih prostora u gradu, kao i njihove međusobne korelacije. U tom smislu, mogući pravci budućih istraživanja odnose se na semantičku analizu sadržaja tj. klasifikaciju pozitivnih i negativnih utisaka na osnovu *tweet*-ova, pratilaca i deljenja, kao i kreiranje na mapi putanja zadovoljnih posetilaca.

LITERATURA

- [1] Spatial Data Analysis: Theory and Practice, Robert Haining, 2003
- [2] Društvena mreža Twitter - <https://Twitter.com/>, datum pristupa 15.01.2016.
- [3] Leetaru, K., Wang, S., Cao, G., Padmanabhan, A., & Shook, E. 2013. "Mapping the global *Twitter* heartbeat: The geography of *Twitter*". First Monday, 18 (5). doi:10.5210/fm.v18i5.4366
- [4] Ríos M. 2013 "The geography of tweets". <https://blog.Twitter.com/2013/the-geography-of-tweets>,
- [5] Poblete B., Garcia R., Mendoza M., and Jaimes A., 2011. "Do all birds tweet the same? Characterizing *Twitter* around the world," CIKM 2011: 20th ACM Conference on Information and Knowledge Management. <http://www.ruthygarcia.com/papers/cikm2011.pdf>
- [6] Uchino, A., Furihata, T., Tanaka, N., and Takahashi, Y. 2005. "Some Contribution toward Spatial Urban Dynamics". Proceedings of the System Dynamics Conference. Boston, pp. 1–7
- [7] Furtado, A. S., Fileto, R. and Renso C. 2013 "Assessing the Attractiveness of Places with Movement Data" Journal of Information and Data Management, Vol. 4, No. 2 (June): 124–133.
- [8] Gehl J. 2008. Life Between Buildings: Using public space. Copenhagen: Danish Architectural Press,
- [9] Anholt, S. 2007. Competitive identity: A New Brand Management for Nations, Cities and Regions. Hampshire/New York: Palgrave MacMillan
- [10] Web Services, Service-Oriented Architectures, and Cloud Computing: The Savvy Manager's Guide (Second Edition), Douglas K. Barry with David Dick 2013
- [11] Twitter REST API - <https://dev.Twitter.com/rest/public>, datum pristupa 15.01.2016.
- [12] Internet servis provajder DigitalOcean - <https://www.digitalocean.com/>, datum pristupa 10.01.2016.
- [13] Google Maps JavaScript API - <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/basics>, datum pristupa 10.01.2016.
- [14] Instagram, 2013 "Top locations on Instagram in 2013", Instagram news, Accessed February 10, 2014, <http://blog.instagram.com/post/69877035043/top-locations-2013>
- [15] Foursquare. 2013 "Foursquare check-ins show the pulse of cities". Accessed January 15, 2014. <https://foursquare.com/infographics/pulse>

DOBRE PRAKSE U IMPLEMENTACIJI POSLOVNIH APLIKACIJA UPOTREBOM ANGULAR.JS RADNOG OKVIRA

GOOD PRACTICES IN BUSINESS APPLICATION IMPLEMENTATION USING ANGULAR.JS FRAMEWORK

Bojana Zoranović, Jelica Kapetina, Mihailo Isakov, Ljiljana Milješić
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Sadržaj – Poslovne aplikacije prelaze poslednjih godina sa tradicionalnog desktop na web okruženje. Novo okruženje donosi i nove izazove u skoro svakom aspektu razvoja aplikacija. Rad predstavlja na koje načine je moguće savladati ove izazove u domenu korisničkog interfejsa i razvoja klijentskih web aplikacija sa osvrtom na opšta uputstva za oblikovanje interfejsa poslovnih aplikacija. Uputstva su ilustrovana na primeru referentne poslovne aplikacije čiji je klijentski deo implementiran korišćenjem AngularJS radnog okvira.

Abstract – In the last couple of years, there is tendency of transfer business applications from traditional desktop to web environment. New environment brings new challenges regarding almost every aspect of application development. The main goal of this paper is to suggest possible ways to overcome these challenges in the user-interface domain and client web application development. Special attention is paid to general directions for shaping user-interface of business applications. Suggestions are closely described using referent implementation whose interface is implemented in AngularJS framework.

1. UVOD

AngularJS je jedan od popularnih radnih okvira za izradu frontend aplikacija. Može se primeniti na gotovo sve vrste aplikacija pa i na domen poslovnih aplikacija. Fokus rada je na tehničkim aspektima implementacije korisničkog interfejsa u AngularJS radnom okruženju. Najveći izazov prilikom realizacije aplikacije je vezan za prilagođavanje poslovnog sistema web okruženju. Za korisnike poslovnih aplikacija veoma je važno brzo obavljanje zadataka. Da bi se to ostvarilo, okruženje mora biti intuitivno tj. slično drugim poslovnim okruženjima u kojima je korisnik imao priliku da radi. Shodno tome, izgled interfejsa mora biti usklađen sa standardima izgleda poslovnih aplikacija. Sa druge strane, web okruženje uvodi sopstvene specifičnosti, od kojih su neke suprotstavljene standardima u domenu izgleda poslovnih aplikacija. U radu je prikazano jedno rešenje koje omogućava da se ovi suprotstavljene zahtevi pomire.

Kratak pregled AngularJS radnog okvira sa akcentom na ključne pojmove koji su korišćeni u sledećim poglavljima predstavljen je u drugom poglavlju. Poglavlje broj tri sadrži savete vezane za autentifikaciju i autorizaciju u poslovnim aplikacijama. U četvrtom poglavlju dat je opis glavnog ekrana aplikacije, petom opis centralne forme sa implementacijom, dok se u šestom poglavlju nalazi prikaz prozora za pregled instanci pojedinačnih entiteta. Sedmo

poglavlje obuhvata problem prenosa kontrole, a osmo podforme. U devetom poglavlju je analizirana validacija koja predstavlja važan deo svih poslovnih aplikacija. Poglavlje broj deset sadrži savete iz prakse korisne za razvoj AngularJS aplikacija, a jedanaesto zaključak.

2. ANGULAR.JS

AngularJS [1] predstavlja JavaScript radni okvir otvorenog koda za pisanje skalabilnih dinamičkih web aplikacija. Jedan od glavnih ciljeva radnog okvira je da prevaziđe neke od izazova prilikom kreiranja single-page aplikacija (SPA – single-page application) i olakša razvoj i testiranje pružajući osnovu za klijentske MVC (Model-View-Controller) i MVVM (Model-View-View-Model) arhitekture.

AngularJS proširuje HTML sintaksu uvodeći sopstvene elemente – direktive [2]. Kompajliranjem HTML dokumenta sa AngularJS direktivama nastaje interaktivna dinamička stranica. Postoji veliki broj ugrađenih direktiva kao i mogućnost da se definišu nove.

AngularJS aplikacije su sačinjene iz modula u cilju olakšavanja distribuiranog razvoja i lakšeg testiranja. U jedan modul tipično ulazi jedan ili više view-ova i controller-a.

AngularJS View je HTML stranica obogaćena AngularJS direktivama, dok se u kontroleru tipično nalaze implementacije funkcija koje se pozivaju iz view-a i iz njega je moguće manipulirati podacima.

Bitan pojam u AngularJS radnom okviru je rutiranje (route) [3]. Rutiranje određuje koji view se uparuje sa kojim kontrolerom u zavisnosti od putanje kojom klijent pristupa. Rutiranje pri kreiranju složenijih aplikacija dolazi do izražaja zato što omogućava dekomponovanje složenog templejta (view-a) na više jednostavnijih što olakšava održavanje, testiranje i razvoj.

Važan pojam AngularJS radnog okvira je i sprezanje podataka (data-binding) [4]. Sprezanjem podataka (posebno dvosmernim - two-way data-binding) se podrazumeva komunikacija odnosno deljenje podataka između kontrolera i view-a. Ova veza nije direktna (kontroler ne može neposredno da menja view i obrnuto), već se ostvaruje preko scope-a koji predstavlja vezivni sloj. Za scope se vezuju JavaScript objekti – podaci koje je moguće izmeniti i iz view-a i iz controller-a. Promene izvršene u view-u se reflektuju na controller, kao i obrnuto.

Sa druge strane, view kao i controller ne poseduju reference jedan na drugi što obezbeđuje da obe komponente budu nezavisne i izolovane.

AngularJS servis (service) je singleton objekat koji obavlja specifičan zadatak (npr. tajmer ili komunikacija preko HTTP-a) i povezuje se sa ostatkom aplikacije pomoću injekcije zavisnosti (dependency injection). AngularJS fabrika (factory) je servis objekat koji može da implementira nasleđivanje, poseduje konstruktor i definisane akcije.

AngularJS filter se može posmatrati kao funkcija koja transformiše jedan ili više ulaznih parametara. Koriste se za podešavanje prikaza (što može biti korisno kod ispisa valuta, brojeva, datuma i sl.) ili za rad nad nizovima koje je moguće sortirati, pretražiti ili obraditi na željeni način. Pored ugrađenih filtera, postoji mogućnost kreiranja korisnički-definisanih filtera.

3. AUTENTIFIKACIJA I AUTORIZACIJA

Prilikom prvog pristupa resursu sa ograničenim pravima pristupa, od korisnika se traže korisničko ime i lozinka. Takođe, korisnik može da, klikom na dugme za logovanje, samostalno odabere da se uloguje. Ukoliko je korisnik koji je uputio zahtev ka serveru neautorizovan, on se preusmerava na stranicu za logovanje (slika 1).

Slika 1. Ekran za logovanje

4. GLAVNI EKLAN APLIKACIJE

Glavni ili početni ekran aplikacije predstavlja prvi ekran koji korisnik ugleda pokretanjem aplikacije. Na njemu bi trebalo da budu jasno uočljive stavke menija odnosno opcije koje su dostupne korisniku u svakom trenutku korišćenja aplikacije. Na glavnom ekranu u obliku menija izdvojeni su entiteti koje korisnik može da pregleda i potencijalno menja, u skladu sa pravima koje ima. U gornjem desnom uglu nalazi se dugme za logovanje i dugme za prikaz informacija o uslovima korišćenja.

U centralnom delu ekrana se prikazuje trenutno otvorena forma – centralna forma.

5. CENTRALNA FORMA

Centralna forma predstavlja formu za pregled, dodavanje, izmenu, brisanje i izvršavanje specifičnih operacija nad

instancama određenog entiteta (poput knjiženja, štampe i sl.) i kao takva je sastavni deo skoro svake poslovne web aplikacije.

Veoma je važno da su forme uniformnog izgleda te da samo neznatan broj (ukoliko je neophodno) formi odudara od standardnog izgleda zbog brzine prilagođavanja i učenja korisnika kao i veće efikasnosti obavljanja zadataka. Ovakav pristup u velikoj meri olakšava korisnički rad. Korisnik se ne opterećuje pamćenjem izgleda svake forme, već može da se fokusira na posao koji je potrebno obaviti.

Iako su forme u logičkom smislu generičke, usled prirode AngularJS radnog okvira, svaka od postojećih formi je posebno implementirana.

Sve forme se sastoje od naziva forme, tabele za prikaz podataka i reda dugmadi na kojima su specificirane akcije. Na slici 2. dat je primer izgleda centralne forme za entitet Država.

Slika 2. Centralna forma na primeru entiteta Država

U zaglavlju tabele su dati nazivi reprezentativnih atributa datog entiteta, dok redovi predstavljaju postojeće instance tog entiteta. Odabirom određenog reda u tabeli i klikom na željeno dugme iz gornjeg reda izvršava se akcija nad tom instancom entiteta.

View deo tabele implementiran je kao Bootstrap [5] tabela (slika 3.). Iskorišćeni su filteri u okviru AngularJS-a i na taj način je omogućeno sortiranje po kolonama (nazivu atributa).

```

1 <div class="col-sm-9">
2
3 <h3><i class="glyphicon glyphicon-dashboard"></i>Države</h3>
4 <hr>
5
6 <table class="" table-striped table-bordered table-condensed table-hover">
7 <thead>
8 <tr>
9 <th>
10 <a ng-click = "orderProp = 'sifraDrzave'; reverseSort = !reverseSort">
11 Šifra
12 </a>
13 </th>
14 <th>
15 <a ng-click = "orderProp = 'nazivDrzave'; reverseSort = !reverseSort">
16 Naziv
17 </a>
18 </th>
19 </tr>
20 </thead>
21 <tbody>
22 <tr ng-click="setSelected(article)" ng-class="{selected: article === selectedDoc}"
23 ng-repeat="article in drzaveDoc | filter:query | orderBy:orderProp:reverseSort">
24 <td>{{article.sifraDrzave}}</td>
25 <td>{{article.nazivDrzave}}</td>
26 </tr>
27 </tbody>
28 </table>
29 <div class="form-group">
30 <button class="btn btn-default" ng-click="add()">Dodaj</button>
31 <button class="btn btn-default" ng-click="delete()">Obriši</button>
32 <button class="btn btn-default" ng-click="update()">Izmeni</button>
33 </div>
34 </div>

```

Slika 3. Implementacija View-a za entitet država

Akcije su vezane za dugmad u view delu pomoću ng-click direktive i izvršavaju se klikom na njih. Njihova implementacija se nalazi u vezanom controller delu. Implementacija većine metoda svodi se na proveru ispravnosti parametara metode i prosleđivanje zahteva factory-ju tog entiteta koji se dalje preusmerava ka serveru. Osim osnovnih CRUD (Create, Read, Update, Delete) operacija, za neke entitete su definisane i specifične operacije poput knjiženja dokumenata ili formiranja izveštaja.

6. PROZOR ZA PREGLED INSTANCI POJEDINAČNIH ENTITETA

Prozor za pregled instanci pojedinačnih entiteta (slogova) se otvara pokretanjem akcija za pregled, unos ili izmenu koje su ponuđene u centralnoj formi. Njegova glavna uloga je da detaljnije prikaže informacije o konkretnoj instanci entiteta u cilju dalje manipulacije. Da bi se vizuelno odvojio od centralne forme iz koje se poziva, otvara se u modalnom prozoru.

Prozor za pregled instanci pojedinačnih entiteta se sastoji od naziva entiteta, niza parova labela (koja nosi naziv atributa) i input polje (koje nose vrednost atributa određenog labelom) kao i reda dugmadi za specificiranje željene akcije.

U slučaju da se instanca entitet kreira, modalni prozor se otvara sa nepopunjenim poljima, dok se u slučaju izmene otvara prozor popunjen podacima iz baze podataka o odabranoj instanci entiteta (slika 4).

View deo je implementiran kao HTML forma sa akcentom na validaciju (detaljniji opis implementacije validacije dat je u poglavlju 9. **Validacija unosa**).

Država

* Šifra:

RS

* Naziv:

Srbija

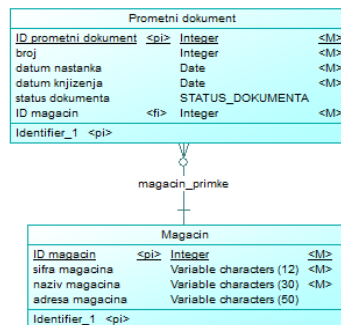
Sačuvaj Odustani

Slika 4. Prikaz forme za izmenu na primeru entiteta *Država*

Što se tiče grupisanja polja za unos, korisno je držati se nekoliko pravila.

Prvo pravilo se bavi brojem polja forme vidljivih na ekranu u jednom trenutku. Na osnovu psihološke sudije [6] utvrđeno je da prosečan čovek nije u stanju da obradi više od 9 "informacija" u jednom trenutku što, preslikano na forme, znači da bi polja forme, ukoliko ih ima više od 10-ak, trebalo da budu podeljena na bar 2 grupe ili da sama forma bude podeljena na dve povezane. Pri tome, potrebno je voditi računa o logičkoj povezanosti polja.

Posebna vrsta polja koja se veoma često nalazi u poslovnim aplikacijama je referencirano polje tj. polje čija vrednost se preuzima iz instance drugog entiteta (strani ključ u terminologiji relacionih baza podataka). Na slici 5. dat je primer takve veze između entiteta *prometni dokument* i *magacin*. Prometni dokument sadrži podatke o magacinu u/iz kojeg se vrši promet. Na implementacionom nivou, potrebno je preneti atribut ID magacin (koji predstavlja primarni ključ entiteta *magacin*) u *prometni dokument*.



Slika 5. Primer referenciranog polja

Na nivou korisničkog interfejsa, pri kreiranju prometnog dokumenta neophodno je omogućiti korisniku da pregleda sve dostupne opcije za unos magacina i da se na osnovu toga opredeli za jednu. U opisanoj aplikaciji to je implementirano upotrebom tekstualnog polja sa dugmetom, gde se klikom na dugme otvara tabela iz koje korisnik može da odabere potrebni podatak. Na formi prikazanoj na slici 6. se nalaze dva takva polja (magacin primke i poslovni partner).

Kreiranje prometnog dokumenta

* Vrsta prometnog dokumenta:

primka

* Magacin primke:

magacin1

* Poslovna godina:

2015

* Poslovni partner:

Farbara Mirko

Datum nastanka:

13.09.2015.

Šifra	Naziv	Pakovanje	Jedinica Mere	Količina	Vrednost	Prosečna Cena
UB	Zoralux uljana boja	3	l	3	2691	897
TON	toner	0	l	32	10944	342

Dodaj stavku Obriši stavku Izmeni stavku

Sačuvaj Odustani

Slika 6. Primer referenciranih polja

Implementacija view dela referenciranog polja (na primeru magacin primke u okviru entiteta prometni dokument) se nalazi na slici 7.

```

<div class="form-group">
  <label>* Magacin:</label>
  <div class="input-group">
    <input name="magacin" type="text" class="form-control"
      ng-model="selectedDoc.magacin.nazivMagacina" readonly/>
    <span class="input-group-btn">
      <button type="button" class="btn btn-default"
        ng-click="selektujMagacin()">
        <i>...</i>
      </button>
    </span>
  </div>
</div>

```

Slika 7. Implementacija referenciranog polja

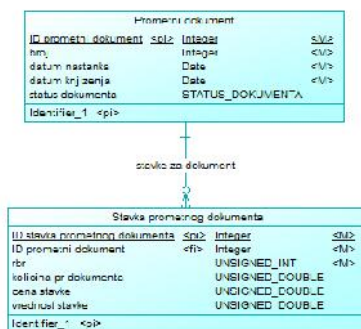
7. PRENOS KONTROLE IZMEĐU FORMI

U poslovnim aplikacijama postoji potreba za prenosom kontrole sa jedne forme na drugu. To može biti u slučaju kada je potrebne podatke instance pojedinačnog entiteta pogledati u detaljnom obliku (pregled, izmena, unos) ili kada je reč o entitetima povezanim vezom 1:više. Može se uočiti da prenos kontrole ne mora biti jednostavan, već da je moguće prelaziti sa forme na formu više puta, uslovno rečeno neograničeno. U tom slučaju, neophodno je osigurati da se pri povratku forme prikazuju u ispravnom redosledu i da u isto vreme sadrže validne podatke.

U ovoj aplikaciji, prenos kontrole između formi je realizovan otvaranjem modalnog prozora i prebacivanjem kontrole na njega. Posle provere da li su ispunjeni uslovi za izvršavanje operacije, poziva se AngularJS direktiva \$modal.open sa parametrima: putanja do templejta, naziv controller-a, scope koji se prosleđuje, veličina modalnog prozora. Po završetku rada u modalnom prozoru, kontrola se ponovo prebacuje na centralni prozor i akcija se dovršava pozivanjem odgovarajuće akcije (action u AngularJS terminologiji) sa parametrima iz factory-ja entiteta nad kojim se provodi.

8. PODFORME (PARENT-CHILD FORME)

Podforma predstavlja formu koja je deo druge forme. Na slici 8. prikazana je parent-child forma na primeru entiteta *prometni dokument* i *stavka prometnog dokumenta*. Može se uočiti da je priroda veze takva da se jedna *stavka prometnog dokumenta* vezuje za tačno jedan *prometni dokument*, te da bez njega ne može postojati.



Slika 8. Primer modela parent-child forme

Odabirom jedne instance entiteta u roditeljskoj (parent) formi omogućen je pregled svih instanci entiteta podforme (child forme) koje su u vezi sa konkretnom instancom entiteta. Ovakvo prikazivanje se koristi kod formi koji su tesno povezane gde najčešće sadržaj podforme ne bi imao smisla sam za sebe. Primer iz referentne aplikacije dat je na slici 9. gde se za predhodno odabranu *Magacinsku karticu* prikazuju njene *Analitike kartice*.

Magacinska kartica

Šifra	Kol. izlaza	Kol. ulaza	Početno stanje kol.	Početno stanje vr.	Prosečna cena	Redni broj	Vr. izlaza	Vr. ulaza
1	0	8	0	0	352	1	90	2906

Analitika kartice

Šifra dokumenta	Redni broj	Datum promene	Cena	Smer	Vrednost	Količina
PRI	0	2015-09-13	897	U	2691	3
NIV	0	2015-09-14	867	I	90	3
PRI	0	2015-09-13	43	U	215	5

Štampaj

Slika 9. Primer korisničkog interfejsa parent-child forme

9. VALIDACIJA UNOSA

Neophodno je u što većoj meri ograničiti korisnika na validne unose. Sa druge strane, treba mu dati slobodu da bez opterećenja završi unos, bez prikazivanja poruka o grešci ukoliko unošenje nije završeno.

Unapred je potrebno definisati koja polja su obavezna za unos i označiti na formi koja su to polja.

Moguće je podeliti provere koje se vrše nad unosima u dve grupe. Proveru jedne klase unosa je moguće izvršiti u okviru frontend aplikacije (najčešće je dovoljno koristiti ugrađene mehanizme). U referentnoj implementaciji, korišćeni su mehanizmi karakteristični za AngularJS – validacioni atributi (properties[7] u AngularJS dokumentaciji) i \$error objekat. Validacioni atributi nose informacije o trenutnom stanju forme. Dati su u vidu boolean vrednosti. Prilikom realizacije korišćeni su atributi \$dirty (koji govori da li je sadržaj polja menjan) i \$invalid (koji ukazuje na ispravnost unosa). Obaveštenje korisniku o neispravnom unosu šalje se tek ukoliko je sadržaj polja menjan (atribut \$dirty je true) kako korisnik ne bi bio uznemiravan porukom o grešci pri samom otvaranju forme, kada još uvek nijedno polje nije popunjeno. Objekat \$error nosi podatke o kontrolama koje su aktivirane jer je sadržaj forme neispravan.

Za drugu klasu provere unosa neophodno uputiti HTTP zahtev ka serverskoj aplikaciji. U cilju što manjeg opterećenja servera, teži se da se broj takvih zahteva minimizuje. Zbog toga se najčešće uvodi odlaganje zahteva (najčešće vremensko) dok korisnik ne specificira detaljnije svoj unos.

Što se tiče poruka o grešci, kao što je već navedeno, one bi trebalo da budu informativne, koncizne i da se pojavljuju jedino kada su zaista potrebne (odnosno kada je korisnik definitivno završio sa unosom sadržaja u polje).

U situacijama kada je ispravna samo odgovarajuća kombinacija sadržaja više različitih polja, validaciju je potrebno vršiti na nivou forme. U tom slučaju, postavlja se pitanje koji je optimalan trenutak za prikaz poruke o grešci. U referentnoj implementaciji, u tom slučaju, poruka o grešci se ispisuje kada korisnik krene kursorom ka dugmetu za zatvaranje forme (slika 10).

Artikal

* Šifra:

* Naziv:

* Grupa artikala:

* Pakovanje:

 Potrebno je uneti broj!

* Jedinica mere:

Jedno ili više polja označenih zvezdicom je nepopunjeno. Da biste nastavili, popunite ih!

Sačuvaj Odustani

Slika 10. Primer validacionih poruka na entitetu Artikal

Jedno od zlatnih pravila dizajna interfejsa [8] je da se korisniku ne sme dozvoliti izvršavanje akcija koje nije moguće izvršiti u tom trenutku (stanju aplikacije). Zbog toga je preporučeno onemogućiti (disable) klik na nedozvoljenu dugmad.

10. DOBRE PRAKSE I SAVETI

U ovom poglavlju biće navedeni opšti saveti namenjeni razvoju različitih AngularJS aplikacija.

- Testiranje je jednako važno kao i pisanje koda i potrebno mu je posvetiti posebnu pažnju. Dobro strukturiranje koda značajno olakšava testiranje [9].
- Odvojite komponente u posebne fajlove. Olakšava pronalaženje komponenata, snalaženje u projektu i omogućava ponovno korišćenje kreiranih komponenata.
- Usvojte jednu od konvencija imenovanja i budite joj dosledni.
- Izbegavajte pozive anonimnih funkcija. Pridržavanje ovog saveta doprinosi boljoj čitljivosti koda i olakšava debugiranje.
- Ukoliko vam je potrebna nova komponenta korisničkog interfejsa (UI widget) implementirajte je pomoću direktive

- Ne manipulišite DOM (Document Object Model) [10] stablom iz kontrolera i servisa. Pokušajte da sve manipulacije DOM stablom ograničite na direktive.

11. ZAKLJUČAK

Prikazano rešenje se razlikuje od tipične desktop implementacije poslovnih rešenja zbog prirode web okruženja i AngularJS framework-a. Međutim, prilikom implementacije, posebna pažnja je posvećena očuvanju osnovnih principa i smernica za kreiranje poslovnih aplikacija u cilju što lakšeg i bržeg prilagođavanja korisnika na novu tehnologiju. Takođe, vođeno je računa o kontroli unosa i korekciji grešaka kako bi sistem mogao biti korišćen bez bojazni da će doći do unosa pogrešnih (neistinitih ili nekompletnih) podataka u sistem. Osim toga, iznet je skup saveta koji bi mogli biti korisni pri izradi poslovnih AngularJS aplikacija.

LITERATURA

- [1] AngularJS dokumentacija, <https://docs.angularjs.org>
- [2] AngularJS direktive, <https://docs.angularjs.org/guide/directive>
- [3] AngularJS route, [https://docs.angularjs.org/api/ngRoute/service/\\$route](https://docs.angularjs.org/api/ngRoute/service/$route)
- [4] AngularJS data-binding, <https://docs.angularjs.org/guide/databinding>
- [5] Bootstrap, <http://getbootstrap.com/>
- [6] Miller, G. A., "The magical number seven, plus or minus two: Some limits to our capacity for processing information", *Psychological Review* 63(2): 81-97, 1956.
- [7] AngularJS dokumentacija - validacija u AngularJS-u, <https://docs.angularjs.org/api/ng/type/form.FormController>
- [8] Shneiderman, B. and Plaisant, C., "Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction: Fifth Edition", Addison-Wesley Publ. Co., Reading, SAD, 2010.
- [9] The Zen of Angular, <https://docs.angularjs.org/guide/introduction>
- [10] DOM stablo, <https://www.w3.org/DOM/>

NOVI PRISTUP U DIJAGNOSTICI I PRACENJU SKOLIOZA PRIMENOM WEB BAZIRANE APLIKACIJE SCOLIOMEDIS A NEW APPROACH IN DIAGNOSING AND MONITORING OF SCOLIOSIS USING WEB BASED APPLICATIONS SCOLIOMEDIS

Vanja Luković¹, Saša Ćuković², Danijela Milošević¹, Goran Devedžić²

Fakultet tehničkih nauka Čačak¹

Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac²

Sadržaj – U ovom radu se opisuje Web orijentisani informacioni sistem za vizualizaciju, monitoring i dijagnostikovanje skolioze - ScolioMedIS. Informacioni sistem sadrži elektronski karton skolioze u vidu elektronske forme za spoljašnji vizuelni pregled pacijenata sa skoliozom, koja se bazira na inovativnom protokolu. Osim toga, ovaj informacioni sistem koristi optičke metode za vizualizaciju spoljašnje linije simetrije leđa i unutrašnje kičmene linije u 2D i 3D ravnima sa automatskim određivanjem i ispisivanjem Kobovih uglova kičmenih krivina. ScolioMedIS takodje vrši i prostorni 3D prikaz kičme pacijenta i ima mogućnost direktnog određivanja Lenkovog tipa skolioze kičme i sveukupne analize rezultata pacijenata na godišnjem i višegodišnjem nivou u određenom regionu i šire.

Abstract - This paper describes a web-oriented information system for visualization, monitoring and diagnosing of scoliosis - ScolioMedIS. The information system includes an electronic card of scoliosis in the form of electronic forms for external visual inspection of patients with scoliosis, which is based on an innovative protocol. In addition, this information system uses optical methods for visualization of line of symmetry of a patient's back and spinal line in 2D and 3D planes with possibilities to automatically determine Cobb's angles of spinal curvatures. Besides, ScolioMedIS performs spatial 3D view of a patient's spine and has possibility for direct determining of Lenke's type of scoliosis and also for analyzing patients' scoliosis results at the annual and long term basis in a particular region and broader.

1. UVOD

Dijagnostika skolioze u trenutnoj kliničkoj praksi se uglavnom svodi na vođenje nestandardizovanog kartona za evidenciju spoljašnjih mernih pokazatelja skolioze, koji, su nepodesni za čuvanje, a takođe i za analizu sveukupnih rezultata pacijenata sa skoliozom na godišnjem i višegodišnjem nivou. Rendgensko snimanje se primenjuje samo u težim slučajevima pacijenata sa skoliozom, a Kobovi uglovi određuju samo u frontalnoj ravni i to u uspravnom položaju pacijenta i to najčešće samo Kobov ugao najveće kičmene krivine. Što se tretmana skolioze tiče, plan lečenja, iako donekle zavisi od samog lekara (hirurga), rukovođen je težinom krivine, verovatnoćom progresije krivine tokom vremena, i percepcijom deformiteta i simptoma kojih pacijent ima, pri čemu postoje tri osnovne mogućnosti tretmana: praćenje (posmatranje), učvršćivanje korišćenjem pomagala i operacija. Jedino u cilju rukovođenja operativnim tretmanom vrši klasifikacija tipa skolioze, pri

čemu se najviše upotrebljava Lenkov sistem klasifikacije [1]. Metoda određivanja Kobovih uglova na osnovu rendgenskih snimaka, koji su najčešće nedovoljno pregledni, pri čemu izmerene vrednosti u mnogome zavise i od preciznosti osobe koja sprovodi postupak, kao i načina sprovođenja snimanja se pokazala nedovoljno preciznom. Osim toga, budući da je za tačno određivanje Lenkovog tipa klasifikacije skolioze potrebno napraviti rendgenske snimke i u bočnoj ravni, kao i u frontalnim ravnima prilikom savijanja pacijenta u stranu, dakle ukupno 4 snimka, treba naročito imati u vidu štetnost koje donosi sa sobom rendgensko zračenje. Imajući u vidu štetnost radiografskog utvrđivanja stepena deformiteta, svetska istraživačka pažnja poslednjih decenija posebno je usmerena ka razvoju novih neinvazivnih tehnika za dijagnostiku i monitoring skolioza. Nove tehnologije koriste inovativne kompjuterski podržane tehnike merjenja, poput primene mobilnih računarskih uređaja i „pametnih“ telefona [2].

Informacioni sistem *ScolioMedIS* [3] prevazilazi navedene probleme iz sledećih aspekata:

- Sadrži elektronski karton skolioze u vidu elektronske forme za spoljašnji vizuelni pregled pacijenata sa skoliozom, koja se bazira na inovativnom protokolu [4]. Navedena elektronska forma obezbeđuje evidentiranje, pamćenje i ažuriranje svih informacija o pregledima pacijenata, a takođe i analizu sveukupnih rezultata pacijenata sa skoliozom.

- Koristi optičke metode za vizuelizaciju spoljašnje linije simetrije leđa i unutrašnje kičmene linije u 2D i 3D ravnima sa automatskim određivanjem i ispisivanjem Kobovih uglova kičmenih krivina u frontalnoj i bočnoj ravni u uspravnom položaju pacijenta, kao i položajima prilikom savijanja pacijenta u stranu. Automatizacijom procesa određivanja Kobovih uglova krivina kičme se znatno smanjuju greške, koje se inače često pojavljuju u ovom procesu koji se konvencionalno vrši na osnovu rendgenskih snimaka. Navedeni sistem takođe ima mogućnost evidentiranja, pamćenja i ažuriranja podataka određenih Kobovih uglova kičmenih krivina, zatim direktnog određivanja Lenkovog tipa skolioze kičme i analize rezultata skolioze pacijenata na godišnjem i višegodišnjem nivou u određenom regionu, a i šire.

- Omogućava vizuelni 3D prikaz kičme pacijenta, modifikacijom opšteg 3D CAD modela kičme do pacijentovog specifičnog 3D CAD modela kičme, koji se u vidu .3dxml fajla direktno prikazuje na Web stranici portala *ScolioMedIS*-a. Pacijentov specifični 3D CAD model kičme se inače generiše na osnovu vrednosti transpozicija unutrašnje kičmene linije u odnosu na CSVL liniju, zatim dužine C7-S1 kičmene linije i na osnovu

vrednosti faktora skaliranja, određenih optičkim skeniranjem pacijenta.

- Jednostavnost upotrebe sistema ogleda se u tome da računari klijeti, koji pristupaju *ScolioMedIS* Web informacionom sistemu, ne moraju da imaju ni jedan izvršni program koji je potreban za ispravno funkcionisanje aplikacije, osim *3D XML Player* programa [5] za prikaz 3D vizuelizacije kičme u Web pregledaču. To je moguće iz razloga što server na kome se nalazi *ScolioMedIS* Web aplikacija poseduje sve neophodne programe i odgovoran je za upravljanje svim resursima, potrebnih aplikaciji, tako da su u *ScolioMedIS* klijent/server mrežnoj arhitekturi, računari klijenti su tzv. laki klijenti [6].

2. ARHITEKTURA INFORMACIONOG SISTEMA SCOLIOMEDIS

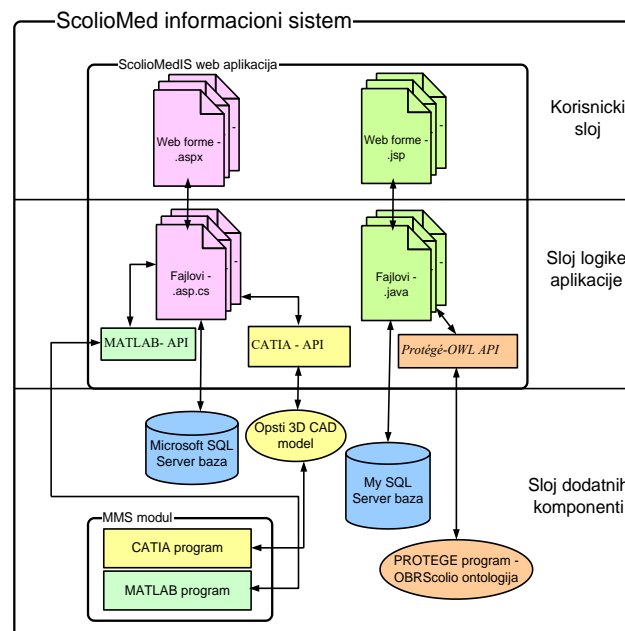
Arhitektura informacionog sistema *ScolioMedIS* je troslojna i nju sačinjavaju tri osnovna sloja (slika 1):

1) *sloj prezentacije (korisnički)* – ovaj sloj je sačinjen uglavnom od Web formi tj. stranica koji definišu izgled aplikacije, izrađene u programskom okruženju *Microsoft Visual Studio* [6], [7] korišćenjem *C# ASP.NET* tehnologije [6], [8], a sačinjavaju ga fajlovi aplikacije sa ekstenzijom **.aspx*, koji najčešće sadrže statički *XHTML* kod aplikacije. Na strani dela *ScolioMedIS* informacionog sistema koji se sastoji od aplikacije izrađene u programskom jeziku *Java*, koja ima neposrednu interakciju sa ontologijom skolioze *OBRScolio* [9], ovaj sloj sačinjavaju *.jsp* stranice koje definišu izgled aplikacije.

2) *sloj logike aplikacije* – ovaj sloj definiše logiku aplikacije, kojim se ostvaruje komunikacija, tj. interakcija korisničkog sloja sa slojevima baze podataka, slojem za generisanje vizuelizacija i slojem ontologije. Njega sačinjavaju fajlovi aplikacije izrađene korišćenjem *C# ASP.NET* tehnologije, koji imaju ekstenziju **.aspx.cs*, a sadrže programski kod aplikacije koji se izvršava na serverskoj strani i obezbeđuje interakciju sa slojem baze podataka, kao i slojem za generisanje vizuelizacija, korišćenjem *Matlab* i *CATIA* programskih interfejsa (*API-a*). Na strani dela *ScolioMedIS* informacionog sistema koji se sastoji od aplikacije izrađene u programskom jeziku *Java*, ovaj sloj sačinjavaju *.java* fajlovi i servleti u kojima se nalazi programski kod koji definiše logiku aplikacije i obezbeđuje neposrednu interakciju sa ontologijom skolioze *OBRScolio* korišćenjem *Protégé-OWL API-a*.

3) *sloj dodatnih komponenti: baze podataka, modula za modeliranje skolioze i ontologije* - Baza podataka sačinjava *Microsoft SQL* [10] i *MySQL* servere baza podataka, koji uključuju mehanizme skladištenja i ažuriranja podataka. Modul za modeliranje skolioze (*MMS modul*) uključuje mehanizme koji obezbeđuju generisanje vizuelizacija i sastoji se od *CATIA V5R20* [11] i *Matlab* [12] programskih alata za vizuelizaciju. Na strani dela *ScolioMedIS* informacionog sistema, koji se sastoji od aplikacije izrađene u programskom jeziku *Java*, ovaj sloj sačinjava i *Protégé* program [13] za kreiranje i upravljanje ontologijom skolioze *OBRScolio*.

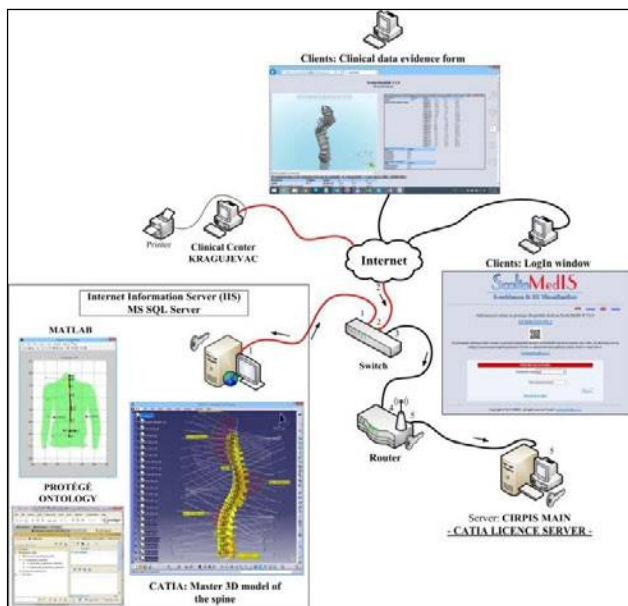
Najveća prednost korišćenja troslojne arhitekture jeste izdvajanje logike aplikacije u okviru posebnog sloja, koji vrši povezivanje sloja prezentacije sa slojevima baze podataka, slojem vizuelizacije, odnosno slojem ontologije. Ovim se postiže oslobađanje sloja prezentacije od poslova komunikacije i interakcije sa bazom podataka, modulima za generisanje vizuelizacija ili ontologijom. Svi zahtevi zadataka sloja prezentacije prosleđuju se srednjem sloju, koji obavlja poslove dodavanja i ažuriranja podataka u bazi, preuzimanja podataka iz baze radi prikaza u sistemu ili generisanja izveštaja, zatim prosleđivanje zahteva za generisanjem vizuelizacija, preuzimanja i prikaza vizuelizacija u sistemu, kao i postavljanja upita ontologiji i preuzimanja i prikaza rezultata upita ontologiji. Osim toga, troslojna arhitektura *ScolioMedIS* sistema obezbeđuje mogućnost ponovne upotrebe koda, kao i mogućnost distribuiranog rada aplikacije u mrežnom okruženju.



Slika 1. Troslojna arhitektura *ScolioMedIS* sistema

Mrežna arhitektura informacionog sistema *ScolioMedIS* organizovana je po klijent/server principu (slika 2). *ScolioMedIS* Web aplikacija se nalazi na glavnom serveru, koji ima ulogu Web servera i servera baza podataka. Sve neophodne aplikacije, uključujući *Microsoft Visual Studio* programsko okruženje za upravljanje i pokretanje Web aplikacije informacionog sistema *ScolioMedIS*, *Protégé* program za kreiranje i upravljanje ontologijom skolioze i *Matlab* program za vizualizaciju instalirani su na glavnom serverskom računaru, dok je *CATIA V5R20* program za vizualizaciju i geometrijsko izračunavanje 3D modela kičme instaliran na posebnom serverskom računaru. *ScolioMedIS* uživa značajnu prednost mrežne arhitekture lakog klijenta [6]. Naime, kao što je već napomenuto, server na kome se nalazi *ScolioMedIS* Web aplikacija je odgovoran za upravljanje svim resursima, potrebnih aplikaciji. Stoga, računari klijeti ne moraju da imaju bilo koji izvršni program koji je potreban za ispravno funkcionisanje

aplikacije, osim programa *3D XML Player* [5] za prikaz 3D vizuelizacije kičme u Web pregledaču.



Slika 2. Mrežna arhitektura *ScolioMedIS* sistema

3. KORISNIČKI INTERFEJS INFORMACIONOG SISTEMA SCOLIOMEDIS

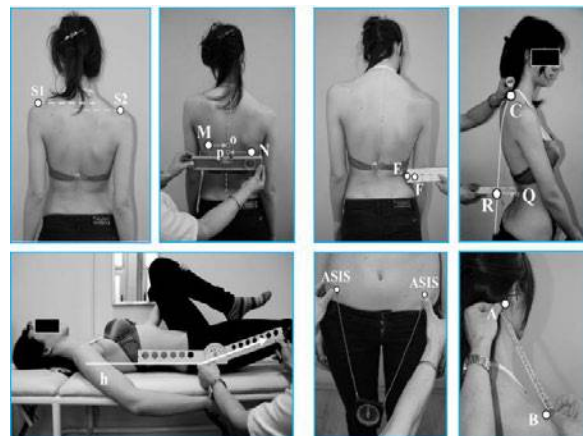
Prilikom startovanja *ScolioMedIS* aplikacije najpre se na ekranu pojavljuje Web stranica za prijavljivanje korisnika. Pravo pristupa svim stranicama aplikacije, a samim tim i bazama podataka sistema dodeljeno je samo određenoj grupi korisnika sistema u koje spadaju doktori i medicinsko osoblje Kliničkog centra u Kragujevcu, dok se ostalim korisnicima dozvoljava pristup samo probnim stranicama aplikacije, koje nemaju mogućnost nikakve interakcije sa sistemskim bazama podataka. U višekorisničkom, mrežnom režimu rada zaštita aplikacije i podataka koji se čuvaju u bazi podataka je veoma bitna zbog sprečavanja eventualnih zloupotreba aplikacije ili narušavanja integriteta podataka od strane neovlašćenih i nestručnih korisnika.

Nakon uspešne prijave registrovanih korisnika sistema ili pritiskom na link *DOBRODOŠLI* od strane ne-registrovanih korisnika sistema otvara se glavna Web stranica aplikacije koja sadrži linkove koji registrovanim korisnicima omogućavaju pristup svim stranicama aplikacije, koje se prema funkcionalnosti mogu podeliti u sledeće grupe:

- Stranice za unos, izmenu, pretragu i brisanje podataka o pacijentima i doktorima sistema.
- Stranice za vizuelni pregled pacijenta, koje omogućavaju unos, izmenu, pretragu, brisanje i prikaz izveštaja rezultata vizuelnih pregleda pacijenta (slika 3), koji uključuju: godinu dijagnostikovanja skolioze, godinu prve menarhe kod ženskih pacijenata, radi procene skeletne zrelosti, prateća oboljenja (luksacija kuka, neuronska oboljenja, respiratorna oboljenja ili neka druga dodatna oboljenja), osnovne antropometrijske i kliničke parametre (slika 4), kao što su: telesna visina i težina, translacija kičme [14],

dužina nogu, pad karlice, razlika u visini ramena, razlika u visini lopatica, udaljenost lopatica, trougao stasa, obim grudnog koša u inspirirumu i ekspirirumu, rebarna grba, ugao rotacije trupa izmerenog pomoću skoliometra [15], kontrakturna bočnog slabinskog mišića [16], veličina lumbalne lordoze [17] i Fröchner indeks [18].

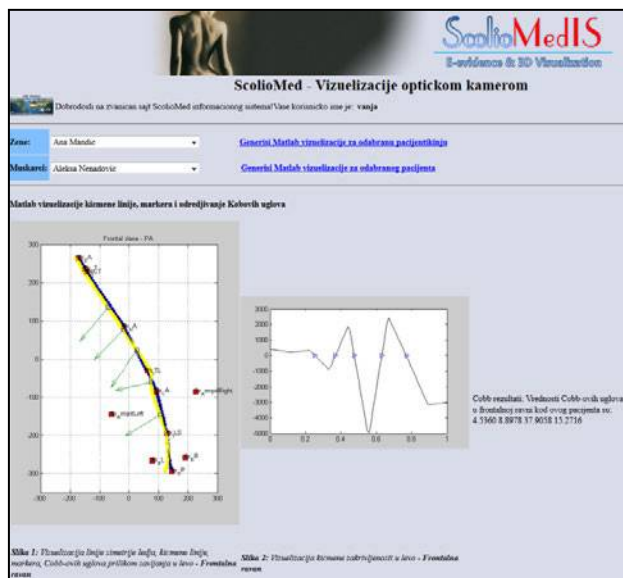
Slika 3. Izveštaj obavljenog pregleda za pacijenta specifičanog JMBG broja



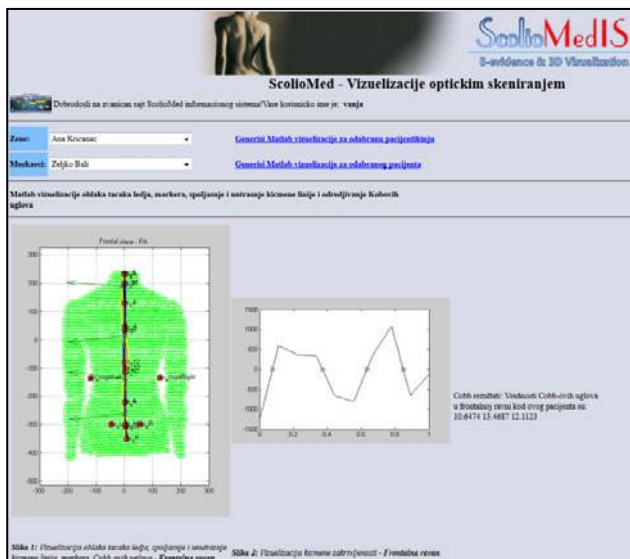
Slika 4. Merenje osnovnih antropometrijskih i kliničkih parametara vizuelnog pregleda

- Stranice za vizualizaciju rezultata optičkog skeniranja pacijenta, koja se vrši zahvaljujući realizovanom programskom interfejsu prema *Matlab* programu. U ovim stranicama se vrši 2D i 3D vizuelizacija oblaka tačaka leđa *DIERS* markera [19], *B-spline* linije simetrije leđa (plava linija), unutrašnje *B-spline* kičmene linije (žuta linija), kičmene zakrivljenosti i prikaz vrednosti Kobovih ulova u frontalnoj (slika 5) i bočnoj ravni uspravnog položaja pacijenta.
- Stranice za vizuelizaciju rezultata snimanja digitalnom kamerom. Zahvaljujući realizovanom programskom interfejsu prema *Matlab* programu u ovim stranicama se vrši interaktivno generisanje i prikazivanje *Matlab* 2D vizuelizacija *DIERS* markera [19], *B-spline* kičmene linije, kičmene zakrivljenosti i prikaz vrednosti Kobovih ulova u frontalnoj ravni prilikom savijanja pacijenta u levu (slika 6) i desnu stranu.
- Stranice za prikaz 3D vizuelizacije kičme pacijenata i unos, izmenu, pretragu i brisanje podataka na osnovu kojih se vrši 3D vizuelizacija kičme pacijenata, koji uključuju: transpoziciju unutrašnje kičmene linije u odnosu na *CSVL* liniju, zatim vrednost faktora skaliranja i dužinu *C7-S1* kičmene linije (slika 7). Pomenuti podaci se inače automatski dobijaju korišćenjem pomenute metode vizuelizacije na osnovu optičkog skeniranja pacijenata sa skoliozom. Na osnovu ovih podataka se vrši se regenerisanje 3D modela kičme pacijenta i njegov prikaz u vidu *.3dxml* fajla u posebnoj stranici *ScolioMedIS* Web aplikacije (slika 8).

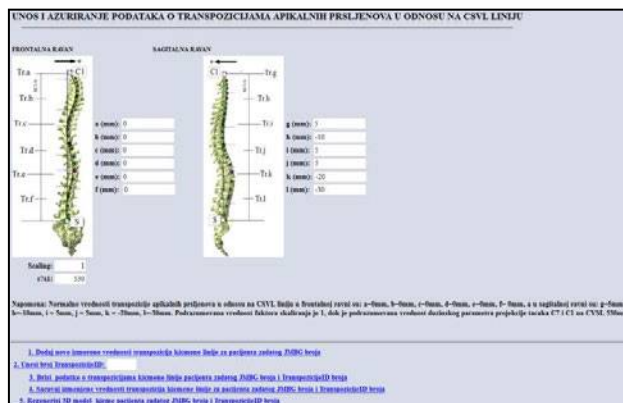
koje su dizajnirane na taj način da omogućavaju potpunu korisničku interakciju sa *MySQL* bazom podataka sistema, kao i interakciju sa *OBR-Scolio* ontologijom. Za integraciju ontologije u ovaj deo informacionog sistema *ScolioMedIS* korišćen je *Protégé-OWL API*, koji predstavlja kolekciju *Java* interfejsa prema *OBR-Scolio* ontologiji. Ovi interfejsi omogućuju pristup *OWL* modelu ontologije i njegovim elementima: klasama, svojstvima i individuama.



Slika 6. 2D vizuelizacija rezultata snimanja optičkom kamerom pacijenta savijenog u levu stranu u frontalnoj ravni



Slika 5. 2D vizuelizacija rezultata optičkog skeniranja pacijenta u frontalnoj ravni



Slika 7. Stranica za 3D vizuelizaciju kičme pacijenata

Korisnički interfejs za integraciju *OBR-Scolio* ontologije [9] (slika 9), čiji su ključni koncepti namenjeni za definisanje Lenkove klasifikacije skolioze, obezbeđuje određivanje tipa Lenkove klasifikacije skolioze kičme, a na osnovu Kobovih uglova koji su dobijeni postupkom vizuelizacije optičkim skeniranjem. Ovaj deo informacionog sistema *ScolioMedIS* je izrađen korišćenjem programskog okruženja *Eclipse* [20] u *Java Dinamic Web* tehnologiji, a sastoji se od Web stranica

Nakon unosa podataka o Kobovim uglovima kičmenih krivina pacijenata u bazu sistem vrši automatsko određivanje Lenkovog tipa skolioze kičme (slika 10), a potom kreiranje individua svih pacijenata u ontologiji. Na osnovu kreiranih individua pacijenata se nadalje vrši statistički prikaz broja pacijenata sa određenim kičmenim krivinama i Lenkovim tipovima skolioze. Osim toga, ovaj interfejs obezbeđuje da se za specficiranog pacijenta prikažu podaci o karakteristikama krivina i Lenkovom tipu skolioze u svim periodima dijagnostikovanja, kao i praćenje progresije, odnosno regresije veličina kičmenih krivina pacijenta sa skoliozom.

- “ScolioMedIS: Web-oriented information system for idiopathic scoliosis visualization and monitoring,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 108, no. 2, pp. 736–749, 2012.
- [4] T. Lukovic, S. Cukovic, V. Lukovic, D. Goran, and D. Djordjevic, “Towards a new protocol of scoliosis assessments and monitoring in clinical practice: A pilot study,” *Back Musculoskelet. Rehabil.*, 2014.
- [5] “Downloads - Dassault Systèmes.” [Online]. Available: <http://www.3ds.com/products-services/3dvia/3d-xml/1/>. [Accessed: 31-Aug-2013].
- [6] H. Davis, P. A. Garber, N. Kim, D. Nash, L. O. Connell, and Y. Rabinovitch, *Visual C # . NET Programming*. 2002.
- [7] “Visual Studio 2013 Preview | Microsoft Visual Studio.” [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/visualstudio/eng/2013-preview>. [Accessed: 30-Aug-2013].
- [8] M. MacDonald, A. Freeman, and M. Szpuszta, “ASP . NET 4 in C # 2010,” *Library (Lond.)*, p. 1616, 2010.
- [9] V. Lukovic, D. Milosevic, G. Devedzic, and S. Cukovic, “Converting OBR-Scolio ontology in OWL DL,” *Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 10, no. 3, pp. 1359–1385, 2013.
- [10] M. C. September, J. L. Contributor, and L. Hughes, “Overview of Microsoft SQL Server 2008,” *Mastering*, pp. 1–34, 2008.
- [11] CCARD, *CATIA*, vol. 135, no. 2. 2004.
- [12] D. J. Higham and N. J. Higham, “MATLAB Guide - Desmond J,” *Ieee Spectrum*, vol. 34, no. 4. Society for Industrial Mathematics, p. 386, 2005.
- [13] “The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System.” [Online]. Available: <http://protege.stanford.edu/>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [14] I. P. McLean, M. G. Gillan, J. C. Ross, R. M. Aspden, and R. W. Porter, “A comparison of methods for measuring trunk list: a simple plumbline is the best.,” *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 21, pp. 1667–1670, 1996.
- [15] W. P. Bunnell, “An objective criterion for scoliosis screening.,” *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 66, pp. 1381–1387, 1984.
- [16] A. Michele, “Iliopsoas: Development of anomalies in man,” *South. Med. J.*, vol. 57, no. 2, p. 236, 1964.
- [17] P. Stagnara, “Ambulante orthopaedische behandlung der scheuermannschen krankheit im floriden stadium,” *Schweiz Med Wschr.*, vol. 95, p. 674, 1965.
- [18] Frohner G, “Objektivierung der haltung und beweglichkeit des rumpfes bei kindern und jugendlichen.,” *Haltung Bewegung*, vol. 2, pp. 5–13, 1998.
- [19] “DIERS - Biomechanische Lösungen von Kopf bis Fuß.” [Online]. Available: <http://www.diers.de/Template.aspx?page=24>. [Accessed: 06-Oct-2014].
- [20] “Eclipse Downloads.” [Online]. Available: <http://www.eclipse.org/downloads/>. [Accessed: 26-Jun-2014].
- [21] C. C. D’Osualdo F., Schierano S., “The evaluation of the spine through the surface. The role of surface measurements in the evaluation and treatment of spine diseases in young patients,” *Eur. J. Phys. Rehabil. Med. (europa medicophysica)*, vol. 38, no. 3, pp. 147–152, 2002.
- [22] L. R. Lim CH., Tassone C., Liu XC., Thometz JG., “Correlation of idiopathic scoliosis assessments between newly developed Milwaukee Topographic Scanner and Quantec,” *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 176, pp. 255–258, 2012.
- [23] Z. Y. Cheung CW., Law SY., “Development of 3-D ultrasound system for assessment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): and system validation,” in *Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2013.
- [24] X. C. Liu, J. C. Tassone, J. G. Thometz, L. C. Paulsen, R. M. Lyon, C. Marquez-Barrientos, S. Tarima, and P. R. Johnson, “Development of a 3-dimensional back contour imaging system for monitoring scoliosis progression in children,” *Spine Deform.*, vol. 1, no. 2, pp. 102–107, 2013.
- [25] F. Berryman, P. Pynsent, J. Fairbank, and S. Disney, “A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis,” *Eur. Spine J.*, vol. 17, no. 5, pp. 663–672, 2008.
- [26] A. Zubović, N. Davies, F. Berryman, P. Pynsent, N. Quraishi, C. Lavy, G. Bowden, J. Wilson-Macdonald, and J. Fairbank, “New method of scoliosis deformity assessment: ISIS2 system,” in *Studies in Health Technology and Informatics*, 2008, vol. 140, pp. 157–160.
- [27] S. Delorme, H. Labelle, and C.-E. Aubin, “Is Cobb angle progression a good indicator in adolescent idiopathic scoliosis?,” *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 27, no. 6, pp. E145–E151, 2002.
- [28] R. T. Loder, A. Urquhart, H. Steen, G. Graziano, R. N. Hensinger, A. Schlesinger, M. A. Schork, and Y. Shyr, “Variability in Cobb angle measurements in children with congenital scoliosis.,” *J. bone Jt. Surg. Br. Vol.*, vol. 77, no. 5, pp. 768–770, 1995.
- [29] J. E. Pruijs, M. A. Hageman, W. Keessen, R. Van Der Meer, and J. C. Van Wieringen, “Variation in Cobb angle measurements in scoliosis.,” *Skeletal Radiol.*, vol. 23, no. 7, pp. 517–520, 1994.

AUTOMATSKI SISTEM ZA OBRAČUN MASTER POENA I TITULA BRIDŽ SAVEZA SRBIJE BRIDGE ASSOCIATION OF SERBIA AUTOMATIC SYSTEM FOR THE AWARD OF MASTER POINTS AND TITLES

Miodrag Malović

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerzitet u Beogradu

Sadržaj – Bridž predstavlja najkompleksniju igru sa kartama i pored šaha jedina je misaona igra koja ima status sporta. Takmičarski bridž je baziran na metodu duplikacije karata, odigravanja istih deljenja od strane različitih igrača, i poređenju rezultata, čime se faktor sreće značajno umanjuje. Bridž turnir u današnje vreme podrazumeva upotrebu sofisticirane opreme koja uključuje bežičnu mrežu za prenos i obračun rezultata. Različiti klubovi u Srbiji koriste različite vrste softverskih paketa za obračun rezultata, a ponekad se ovaj vrši i ručno. Ove rezultate je potrebno proslediti centralnom serveru Bridž Saveza Srbije radi obrade i dodele master poena i titula, i prikaza raznih informacija, kao što su izveštaji sa turnira, lista igrača, ili trenutni plasman na ciklusima takmičenja koji su u toku. U radu je opisan online sistem dizajniran u ovu svrhu, čiji je dalji razvoj posao kome se ne nazire kraj.

Abstract - Bridge is the most complex card game, and apart from chess, the only game with the status of a mind sport. Duplicate bridge is based on the method of card duplication, which means that the same deals are played by different players, and the results are compared, therefore decreasing the luck factor significantly. Bridge tournaments today imply the use of sophisticated equipment which includes a wireless network to transfer and calculate the results. Clubs across Serbia use diverse software to perform local calculations. This procedure is sometimes performed manually, too. The results need to be transferred to central server of the Bridge Association of Serbia, for further processing, including the award of master points and titles, and display of miscellaneous information, like tournament reports, list of players, or current ranks on the competition cycles in progress. This paper describes the online system developed for this purpose. Future development of the system is a work with no end in sight.

1. UVOD

Bridž predstavlja jednu od najpopularnijih igara sa kartama na svetskom nivou. Pogotovo je popularan u zapadnim zemljama kao što su SAD ili Italija, u kojima aristokratija ima dugu tradiciju igre, i sponzorise takmičenja, što značajno povećava interes za bridž. U bivšim jugoslovenskim republikama bridž je slabo poznat. Dok je, recimo, u Bukureštu, za vreme Čaušeskuove vladavine postojalo više desetina bridž klubova, kod nas se smatralo da karte, pogotovo one igre koje su vezane za predstavnike viših društvenih slojeva, nisu poželjne, i malobrojni bridžisti su se za vreme komunizma sastajali

legalno ali sa nimalo ili vrlo malo podrške od strane države.

Treba napomenuti da je bridž, osim šaha, jedina misaona igra priznata za sport od strane međunarodnog olimpijskog komiteta i predstavlja olimpijsku disciplinu. Uobičajeno je da se uči kao izborni predmet u mnogim školama i na univerzitetima u razvijenim zemljama, ne samo zbog svoje bliske povezanosti sa logikom i verovatnoćom, već i zato što razvija sposobnost rešavanja problema sa nepotpunim ulaznim informacijama [1], kakvi su česti u stvarnom životu.

U ovom radu je, osim kratkog prikaza suštine takmičarskog bridža i načina organizacije takmičenja u Srbiji i svetu, opisan razvijeni informacioni sistem koji automatski obrađuje rezultate zvaničnih turnira koji se putem interneta šalju iz klubova u Srbiji centralnom serveru, u cilju dodeljivanja master poena, i prikaza rezultata takmičenja, titula igrača, i drugih informacija.

2. TAKMIČARSKI BRIDŽ

Bridž predstavlja adutsku štihovsku igru sa 52 karte u kojoj se dva para bore jedan protiv drugog. Dva podjednako važna segmenta u bridžu su licitacija i odigravanje. Prilikom licitacije se, u više sukcesivnih krugova razmenjuju informacije između partnera, i odlučuje ili takmiči koji će se „kontrakt“ (igra) igrati - određuje se adut i broj štihova koji treba osvojiti. Kontrakti su podeljeni u četiri osnovne kategorije po vrednosti. Osnovni algoritam bodovanja je prikazan u [2]. Odigravanje je slično kao u drugim adutskim igrama, ali pravilo da seča nije obavezna čini bridž značajno komplikovanijim. Bridž problemi mogu imati težinu ozbiljnih šahovskih problema.

Za razliku od šaha, u kome je problem definisan trenutnom pozicijom, i najbolji potez predstavlja funkciju isključivo položaja figura, bridž problem je, moglo bi se reći, višedimenzionalan. Najbolji potez u nekoj situaciji zavisi od licitacije i odigravanja koje je prethodilo. Takođe je od značaja poznavati protivnike, kao i partnera. Konačno, brojne varijable vezane za sistem obračuna i sistem takmičenja takođe mogu uticati na izbor optimalnog poteza u datoj poziciji. Dok šah zahteva veliku dubinu razmišljanja i dobro pamćenje i vizuelizaciju, bridž zahteva veliku širinu razmišljanja, uz umerenu dubinu, pamćenje i vizuelizaciju. Logična posledica svega pomenutog je da za razliku od šaha, u kome je odavno napisan kompjuterski program koji je

pobedio svetskog prvaka, ovakav zadatak u bridžu nije ni približno tako lako rešiti. Iako su se zadnjih godina pojavili programi koji imaju generalnu snagu eksperata svetskog ranga [3], nijedan od njih još nema odlučujuću prednost nad ljudima.

I dalje, ova igra bi predstavljala tek nešto više od preferansa ili remija, kada ne bi postojao takozvani *duplicate* ili sportski (takmičarski) bridž. Princip je prost: karte se dupliraju. Ovo znači da se isto deljenje (identičan raspored karata) odigrava na dva ili više stolova od strane različitih igrača. Postoje dva osnovna vida takmičenja, a to su parsko i timsko. Kod parskog takmičenja, duplirane karte se mogu igrati na neograničenom broju stolova, i rezultati parova koji „sede na istoj liniji“ (igraju istim kartama) se rangiraju. Pobeđuju oni čiji su rezultati u proseku najvećeg ranga. Kod timskog takmičenja, parovi su udruženi u timove (dva para čine jedan tim). Karte se igraju na dva stola tako što parovi koji su u timu igraju sa suprotnim parovima dupliranih karata, i boduje se razlika između postignutih rezultata.



Slika 1. Par bordova (kutija za karte)



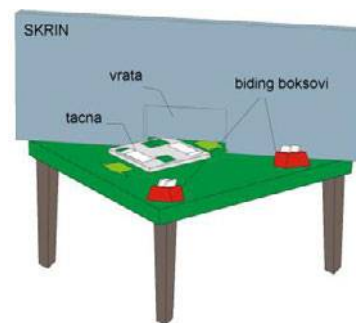
Slika 2. Bridžmejt, model koji se koristi na turnirima BSS

U cilju izvođenja bridž takmičenja na opisani način, koristi se veliki broj tehničkih sredstava inače nepoznatih širem auditorijumu. Za duplikaciju karata na velikim takmičenjima koriste se mašine za mešanje karata. Špilovi karata obavezno imaju optički bar kod, i mašina za mešanje pakuje karte u džepove uniformisanih plastičnih kutija (tzv. bordova, koji uobičajeno izgledaju kao na sl. 1). U slučaju da ne postoji mašina za mešanje, igrači su dužni da na početku turnira promešaju karte, naprave dijagram sa podelom, i vrata karte u bord. Zatim se bord šalje na sledeći sto prilikom svake promene igrača i bordova (ove se izvode po nekom od više vrsta algoritama kretanja parova i bordova po sali). Rezultati koji se postignu u svakom deljenju upisuju se u tzv. bridžmejt (izgled jednog mejta je prikazan na sl. 2), koji predstavlja bežični uređaj sa tastaturom u koji se unose relevantni podaci. Rezultati sa svih stolova se šalju centralnom serveru koji je ustvari bežični uređaj spojen sa PC računarom na kome je pokrenut odgovarajući programski paket za prikupljanje ovih podataka. U slučaju da ne postoji opisani bežični sistem, rezultati se mogu upisivati i u pomenuti dijagram karata, pri čemu operater na kraju turnira skuplja dijagrame i unosi rezultate u kompjuterski program za proračun. Naravno, i kompjuterski program za

obračun, ma koliko se podrazumevao u današnje vreme, je u suštini opcion, a ceo proračun se izvodio manuelno do kasnih osamdesetih odnosno ranih devedesetih i ulaska personalnih računara u svakodnevni život.



Slika 3. Biding boks (kutija za licitaciju)



Slika 4. Uobičajeni izgled stola sa skrinom

Licitacija se vrši upotrebom tzv. biding boksova (kutija za licitaciju, tipično izgleda kao na sl. 3), a na takmičenjima većeg ranga se obavezno koriste i tzv. skrinovi (uobičajen izgled stola sa skrinom je prikazan na sl. 4), koji dele sto na dva dela, tako da igrači koji igraju u paru (sede nasuprot) ne mogu da se vide. Ovime se praktično ukida mogućnost razmene neverbalnih signala kojima bi mogli da se sporazumeju (što je zabranjeno).

Teško je kvantitativno odrediti koliko sistem takmičenja sportskog bridža utiče na smanjenje faktora sreće u odnosu na slobodnu partiju u kojoj će verovatno pobediti par koji dobije više jačih karata. To svakako zavisi i od dužine takmičenja, jer na dužim seansama uticaj sreće opada. Iako se u popularnoj literaturi često može pročitati kako u takmičarskom bridžu sreća ne postoji, ova tvrdnja je besmislena, jer postoje jasni slučajevi kada rezultat zavisi od potpuno slučajnog pogađanja. Ipak, može se reći da je faktor sreće na prosečnom turniru sa duplikacijom smanjen 10-100 puta u odnosu na slobodne partije bridža.

3. LOKALNI OBRAČUN REZULTATA TURNIRA I NOVA WBF VP SKALA

Kao što je već pomenuto, dva osnovna tipa takmičenja su parsko i timsko. Kod parskog turnira obračun može biti tipa *matchpoints* (mp, ili parski turnir s parskim obračunom) ili *international matchpoints* (imp, ili parski turnir s timskim obračunom). Timski turniri se skoro isključivo igraju po drugopomenutoj, imp šemi.

U slučaju mp obračuna, rezultati se rangiraju sukcesivno, bez obzira na nominalnu vrednost. Najgori rezultat vredi 0 mp a najbolji $2(n-1)$ mp gde je n broj rezultata (tj. stolova na kojima je bord igran). U slučaju deobe rezultata, mp se usrednjavaju. Ukupan rezultat para na turniru dobija se sabiranjem mp i deljenjem sa maksimalnim ostvarivim brojem, tako da se ovaj nalazi u opsegu od 0 do 1, i izražava se u procentima (0-100%). Rezultati parskih turnira sa parskim obračunom su uglavnom unutar opsega od 30 do 70% za kraće seanse odnosno od 40 do 60% za duže seanse.

Kod *imp* obračuna, na parskom turniru, određuje se referentni rezultat a *imp* rezultat para se dobija pretvaranjem razlike između postignutog i referentnog rezultata u *imp* skalu putem konverzije tablice. Referentni rezultat se najčešće dobija nalaženjem prosečnog rezultata, pošto se prethodno odbaci dogovoreni broj ekstremnih vrednosti (po 0-20% najboljih i najgorih rezultata). Proces pretvaranja rezultata u *imp* poene po približno logaritamskoj tablici se vrši iz razloga da bi se ujednačila verovatnoća dobijanja rezultata u različitim opsezima. Ako bi se osnovni rezultati koristili bez pretvaranja u *imp* skalu, na pojedinim deljenjima u kojima se ostvaruju visoko bodovani rezultati (tzv. slemovi, što podrazumeva licitovanje i osvajanje 12-13 od 13 mogućih štihova), mogla bi se ostvariti prevelika prednost koja se ne bi mogla stići velikim brojem deljenja kod kojih je distribucija karata približnija proseku. *Imp* obračun se skoro uvek koristi na timskim turnirima, pri čemu se razlika rezultata ostvarenih između protivničkih timova pretvara u *imp* skalu (ne postoji referentni rezultat).

Ostvareni skor u *imp* poenima nije i konačan rezultat turnira sa *imp* obračunom. *Imp* skor se još jednom pretvara, ovog puta u takozvane *victory* poene, ili *vp*. Ova konverzija se vrši po skali koja varira u zavisnosti od broja odigranih deljenja (bordova). Do pre nekoliko godina, tablice konverzije su bile prilično jednostavne, i svodile su se na to da se određeni opseg *imp* poena pretvori u odgovarajući broj *vp* (gde su *vp* bili isključivo celi brojevi). Nova skala Svetske Bridž Federacije (WBF) uvedena je 2013. godine i predstavlja značajnu promenu u načinu na koji se *vp* dodeljuju. Posle prelazne sezone 2013/2014, Bridž Savez Srbije (BSS) uveo je obavezu korišćenja nove skale na svim zvaničnim takmičenjima, što je uslovlilo probleme sa zastarelim softverskim paketima za obračun rezultata, i dovelo do potrebe za novim formulama za dodelu master poena i vrednovanje igrača. Nova, tzv. kontinualna skala [4], ustvari predstavlja prelaz sa celobrojne na skalu sa dve decimale. Koristi se formula koja je primenljiva na bilo koji broj odigranih bordova, i glasi:

$$vp(imp) = V_0 \left(1 + \frac{\frac{\max(imp, 15\sqrt{N})}{15\sqrt{N}}}{1 - R} \right) \quad (1)$$

$$R = \left(\frac{1}{2} (\sqrt{5} - 1) \right)^3 \quad (2)$$

gde je *imp* postignuti rezultat u *imp* poenima, *vp* rezultat u *vp* poenima, *N* broj odigranih bordova, *R* konstanta data sa (2), a *V*₀ konstanta koja skoro uvek iznosi 10. Formula važi za pozitivan *imp* skor. Par koji ostvari negativan *imp* skor, dobija ostatak do 2*V*₀ viktori poena u odnosu na skor određen formulom (1) za apsolutnu vrednost *imp*. Rezultati su uvek u opsegu od 0 do 2*V*₀. U meču između dva tima zbir poena iznosi 2*V*₀, izuzev u slučaju sudijske korekcije.

Obimno statističko istraživanje je prethodilo uvođenju ove skale. U njega je bilo uključeno 200 hiljada podela sa najvećeg svetskog sajta za *online* igranje bridža (tako da su učestvovali igrači najrazličitijih profila), Bridge Base Online (BBO). Koeficijenti *R* i 15 su pažljivo odabrani na osnovu analize ovih rezultata, o čemu se više može pročitati u [4].

U možda preteranom naletu matematičkog entuzijazma, jer se ipak radi o igri a ne o savršenoj i egzaktnoj nauci, uvedeno je i pravilo „konkavizacije“ rezultata. Funkcija (1) je monotono rastuća sa negativnim drugim izvodom (veći dobici u *imp* poenima dovode do sve manjeg priraštaja *vp* poena, do momenta kada se uđe u „zasićenje“, određenog sa $imp \geq 15\sqrt{N}$). Međutim, prilikom zaokruživanja *vp* (sa korakom od 0,01) dolazi do remećenja pravila:

$$\frac{d^2 vp}{d imp^2} < 0 \quad (3)$$

u nekim tačkama. Jednačina (3) se opisuje kao „pravilo konkavnosti“ funkcije *vp(imp)* i skala koja je određena zaokruživanjem rezultata jednačine (1) nije finalna već služi kao polazna tačka. Treba izvršiti korekciju svih tačaka za koje važi:

$$vp(imp + 1) - vp(imp) > vp(imp) - vp(imp - 1) \quad (4)$$

U slučajevima opisanim sa (4), *vp(imp)* se mora povećati za 0,01 da bi se funkcija dovela u pravi oblik, i vrednost u ovoj tački se ne sme više varirati. Naravno, pomeranje jednog *vp* podatka za +0,01 najčešće dovodi do prenosa uslova (4) u sledeću tačku (*imp*+1), pa se konkavizacija mora vršiti do momenta kada cela skala zadovoljava (3), tj. kada se više nigde ne javlja uslov (4).

4. CENTRALNI OBRAČUN REZULTATA

Jedan od prvih problema koji su se javili prilikom razvoja sistema jeste slaba profesionalnost klupskih operatera, čija je saradnja neophodna. Normalno je stanje da oni slabo poznaju raspored dugmića na tastaturi, ne znaju prava imena i prezimena igrača koji im dolaze na turnire, ili prave druge nepredvidive greške. Analiza fajlova koje su operateri slali osobi zaduženoj za centralni obračun u toku sezone 2013/14. pokazala je da postoji u proseku jedna i po slova greška u unosu imena i prezimena na prosečnom klupskom turniru (na kome učestvuje do nekoliko desetina igrača).

U razvijenim zemljama igrači imaju identifikacione brojeve kojima se prijavljuju prilikom učešća na turniru, i rezultati koji se šalju centralnom serveru ne sadrže imena i prezimena već ove brojeve. Budući da bi ovakav način rada zahtevao uniformizaciju softvera u klubovima širom Srbije, to bi zahtevalo određenu količinu obuke lokalnih operatera, a izazvalo bi i negodovanje velikog broja igrača kojima bi teško palo da zapamte nekoliko cifara koje čine njihov ID. Sve ovo nije dolazilo u obzir već je bilo jasno da je potrebno da se što manje toga menja na

lokalnom nivou. Zato nikakve izmene na ovom nivou nisu ni vršene izuzev u smislu prelaska na softver koji podržava novu WBF imp-vp skaluu uvedenu 2013.

Napisane su rutine za import podataka za pet različitih formata koje koriste operateri klubova. Različiti formati ne podrazumevaju samo različit tip fajlova (tekst, tablice, ili html), različit sadržaj hedera fajlova, različit broj i raspored kolona sa podacima, različite vrste i podvrste turnira (kojih ima znatno više nego što je opisano u uprošćenom prikazu datom u ovom radu), nego i različite formate karaktera (vrstu pisma, odnosno encoding teksta). Različiti programi i različiti operateri koriste sve postojeće varijante srpskog pisma, od čistog ANSI koji koristi s, c i z, preko vremesnog YUSCII (korišćenje zagrada i sličnih karaktera za predstavljanje srpskih slova) iz doba DOS-a, do danas uobičajenijih encodinga kao što su ISO-8859-2 ili UTF-8.

min. Mp	vrednost	min. Mp	vrednost
0	1	300	9
5	2	500	10
10	3	800	11
20	4	1200	12
40	5	2000	13
70	6	4000	14
120	7	7000	15
200	8	10000	16

Tabela 1. Osnovne vrednosti igrača;
Mp označava master poene

titula	dodatna vrednost
klupski majstor	+1
regionalni majstor	+2
nacionalni majstor	+3
bronzani velemajstor	+4
srebrni velemajstor	+5
zlatni velemajstor	+6

Tabela 2. Dodatne vrednosti igrača

titula	min.Mp	min.SP	min. ZP
drugokategornik	100	0	0
prvokategornik	200	0	0
majstorski kandidat	400	0	0
klupski majstor	600	1	0
regionalni majstor	900	5	0
nacionalni majstor	-	5	1
bronzani velemajstor	-	8	3
srebrni velemajstor	-	12	5
zlatni velemajstor	-	20	12

Tabela 3. Određivanje titula igrača u funkciji broja master, srebrnih i zlatnih poena

Za prepoznavanje imena koristi se Damerau-Levenštajnovog rastojanja [5][6] između stringova unetih od strane operatera i imena u centralnoj, referentnoj bazi (u kojoj, naravno, svi igrači imaju svoje identifikacione brojeve). Ovo se definiše kao minimalan broj operacija

potrebnih da se jedan string transformiše u drugi. Pod operacijama se smatraju: ubacivanje karaktera, brisanje karaktera, zamena jednog karaktera drugim, ili rotacija dva susedna karaktera. Navedeno su uobičajene greške prilikom kucanja. Ukoliko je odnos Damerau-Levenštajnovog rastojanja i dužine stringa mali, možemo govoriti o razumnoj verovatnoći poklapanja stringova. Program uzima u obzir ne samo apsolutne vrednosti rastojanja i dužine stringova, nego i kakve su relacije između nekoliko najboljih poklapanja pronađenih u bazi (u slučaju da nema savršenog poklapanja tj. identičnog stringa). Na osnovu svega pomenutog, skript donosi odluku o kom igraču se radi, i izbacuje zapis u odgovarajućoj nijansi crvene boje, koja je utoliko svetlija ukoliko ima više igrača koji približno isto kvantitativno zadovoljavaju kriterijum sličnosti. Operater ima priliku da izmeni spornog igrača na osnovu liste sugestija koju mu skript ponudi, ili samostalnim pregledom baze igrača u drugom frejmu, tabu ili prozoru brauzera. Ukoliko postoji više igrača istog imena (kod potpunog poklapanja, tj. tačno unetog imena), operateru se prvo nudi igrač koji pripada njegovom klubu, a ako takav ne postoji, onaj koji pripada njegovom regionu (BSS je podeljen u tri regiona: Vojvodina, Beograd i Centralna Srbija). Uz svakog igrača prikazuje se i „profilna slika“ veličine 32×32 ili 64×64 piksela, tako da operater može da prepozna o kome se radi bez proučavanja drugih podataka.

Posle identifikacije igrača i procesiranja rezultata, dodeljuju se tzv. master poeni. Broj dodeljenih master poena zavisi od plasmana učesnika (obično se nagrađuje četvrtina ili trećina najbolje plasiranih parova), broja učesnika, kvaliteta učesnika, broja odigranih bordova, i vrste i ranga takmičenja.

Osim master poena, BSS dodeljuje i tzv. srebrne i zlatne poene, koji se dodeljuju za prvo ili prvih nekoliko mesta na turnirima najvećeg ranga (ne klupskim, već odabranim regionalnim i „saveznim“). Zlatni poeni, se, na primer, dodeljuju na državnom parskom prvenstvu, timskom prvenstvu, ligi, tzv. trajalu (parskom takmičenju koje ima timsku formu), i izboru za reprezentaciju. Srebrni poeni se dodeljuju drugo i trećeplasiranim na ovim turnirima, za prva mesta na regionalnim kvalifikacijama za iste (ukoliko postoje), i na nekim saveznim takmičenjima nižeg ranga. Za najveće titule potrebno je osvojiti određen broj srebrnih i zlatnih poena. Titula je data kao funkcija broja master, srebrnih i zlatnih poena i kao takva nije zapisana u bazu podataka već se računa kao funkcija svaki put kada se vrši prikaz igrača. Tabele 1, 2 i 3 prikazuju veze između master, srebrnih i zlatnih poena i titula i vrednosti igrača.

Strani igrači (gosti) tretiraju se drugačije nego domaći. Njihov broj poena se unosi proizvoljno, tako da se dobije odgovarajuća vrednost. Ova vrednost (broj u opsegu od 1 do 22) se uzima kao parametar formule za dodeljivanje master poena protivnicima. To znači da operater procenjuje vrednost stranaca koja će učiniti da vrednovanje turnira bude realnije.

Rezultati turnira se pamte u vidu html fajlova sa specifičnim, nestandardnim tagovima koji sadrže informacije o tome koliko je master poena dodeljeno igračima, tako da operateri mogu izvršiti poništavanje (*undo*) pogrešnih unosa. Ovi tagovi sadrže i druge informacije u obliku koji je lak za dalje procesiranje. Dok neki turniri predstavljaju samostalne celine, drugi su delovi ciklusa takmičenja, na čijem kraju se vrši rangiranje i nagrađivanje učesnika. Ove operacije se vrše na bazi informacija ekstrahovanih iz pomenutih nestandardnih tagova, što znači da se arhivirani html izveštaji mogu koristiti i kao ulazni podaci. Ciklusi takmičenja postoje u različitim formama, od prostih parkirskih turnira na kojima se rezultat određuje nalaženjem prosečnog rezultata (uz moguće brisanje određenog broja rezultata za parove koji su igrali više od minimalnog broja puta), do komplikovanih timskih turnira, sa kvalifikacijama, različitim grupama, i mogućim variranjem sastava timova.

U zavisnosti od nivoa pristupa (klub, region ili savez), operateri mogu da menjaju deo zapisa o igračima u bazi podataka.

Još jedan servis koji je pušten u rad na sajtu u jesen 2015. je prijavljivanje za turnire. Igrači se mogu samostalno (ili preko operatera) prijaviti za otvorene turnire koji se održavaju u bližoj budućnosti. Namena ovog servisa je, osim reklame predstojećih otvorenih turnira, i automatsko kreiranje rasporeda sedenja i kretanja igrača pre početka takmičenja. Ovaj raspored se optimizira tako da grupe koje se porede imaju približno jednaku snagu, a takođe se vodi računa o starijim i slabije pokretnim igračima, kojima je poželjno fiksirati mesto.

5. ZAKLJUČAK

Bridž Savez Srbije (BSS) je u sezoni 2014/15. preduzeo automatizaciju ranije ručno rađenog obračuna master poena i titula. Jedan od razloga je smanjenje broja ljudskih radnih časova, a drugi su izmene bodovanja koje je uvela Svetska Bridž Federacija (WBF), koje diktiraju potrebu i za novim softverskim paketima za obradu i za novim formulama za određivanje master i drugih poena koji se dodeljuju na zvaničnim turnirima. Svi standardni

tipovi turnira, kao i neki nestandardni, trenutno se obrađuju putem pedesetak php skriptova koji funkcionišu na zvaničnom sajtu BSS, a centralizovana baza podataka pamti zapise o svim aktivnim i neaktivnim igračima bridža u Srbiji (radi se o nekoliko hiljada zapisa). Skriptovi vrše procesiranje lokalnih rezultata turnira (koji se dostavljaju u nestandardnim, varirajućim oblicima, i sa čestim slovnim greškama) koje operateri aploaduju na sajt, dodelu poena igračima, zapisivanje rezultata u html fajlove namenjene i široj publici i za kasnije procesiranje od strane operatera u cilju sabiranja turnira u cikluse, prikazuju liste igrača koje se mogu sortirati po raznim parametrima, primaju prijave za otvorene turnire, itd. Iako se može reći da zvanični sajt BSS predstavlja funkcionalnu i donekle zaokruženu celinu, njegovo poboljšavanje i dodavanje novih sadržaja biće predmet rada tokom više narednih sezona.

Sajt se može posetiti na adresi www.bridgeserbia.org.

LITERATURA

- [1] Frank, I. "Search and Planning under Incomplete Information: A Study using Bridge Card Play", Springer, New York, 1998.
- [2] Matthews, P. "Bridge Scoring, Strategies, and Tactics", 2009. http://web.mit.edu/mitdlbc/www/articles/Bridge_Scoring.pdf
- [3] Levy, A. "The 16th Annual World Computer-Bridge Championship", ICGA Journal, Vol. 35, No. 4, 2012.
- [4] d'Orsi, E. "The New WBF IMP to VP Scales", Technical Report of WBF Scoring Panel, 2013.
- [5] Levenshtein, V. I. "Binary Codes Capable of Correcting Deletions, Insertions and Reversals", Soviet Physics Doklady, Vol. 163, No. 4, pp 845-848, 1966.
- [6] Lopresti, D. and Tomkins, A. "Block Edit Models for Approximate String Matching", Theoretical Computer Science, Vol. 181, No. 1, pp 159-179, 1997.

TEKSTUALNO ZAVISNA IDENTIFIKACIJA GOVORNIKA KORIŠĆENJEM MFCC KOEFICIJENATA I PSO ALGORITMA

TEXT-DEPENDENT SPEAKER IDENTIFICATION USING MFCC COEFFICIENTS AND PSO ALGORITHM

Zlatko Veličković¹, dr Dragan Olćan¹
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet¹

Sadržaj – U radu je predstavljen sistem za identifikaciju govornika. U svetu postoje ovakvi sistemi, a efikasnost im se meri procentom uspešnog prepoznavanja. Za ekstrakciju informacija o govorniku iz zvučnog signala korišćeni su kepralni koeficijenti (MFCC), a upoređivanje sa ostalim zvučnim signalima iz baze je vršeno Dynamic Time Warping-om (DTW). Kako bi sistem radio u realnom vremenu sa velikim brojem korisnika u bazi podataka, korišćen je i Particle Swarm Optimization (PSO) algoritam, radi bržeg nalaženja odgovarajućeg rešenja. Kompletan sistem je realizovan u programskom paketu MATLAB[®], a za treniranje sistema, kao i za testiranje, korišćena je CHAINS[®] baza podataka.

Abstract – In this paper, a speaker identification system is presented. Today in the world, there are systems of this kind, and their efficiency is measured by the percentage of successful identifications. Mel-frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) are used for extracting the information from speech signals, and Dynamic Time Warping is used for feature matching among database signals. To make this system work in real time with great number of users in the database, we also use the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm in order to find the solution quick enough. The whole system was made in the MATLAB[®] software, and for training and testing the system, we used the CHAINS[®] database.

1. UVOD

U poslednjih nekoliko decenija znatno je povećano interesovanje za sigurnosne sisteme. Takvi sistemi su veoma korisni jer redukuju potrebu za ljudskim resursima, na veoma efikasan način. U poslednjih nekoliko godina sve je veća potražnja za sistemima za identifikaciju govornika u forenzičke svrhe.

Ljudski glas je različit za svaku osobu na svetu, samim tim što je govorni aparat svake osobe anatomski drugačiji. Vokalni trakt se sastoji od tri glavne šupljine: usne duplje, nosne šupljine i šupljine ždrela. Nosna šupljina je uglavnom koščata, pa je i stacionarna u vremenu. Usnu duplju čine tvrdo i meko nepce. Šupljina ždrela se proteže do dna grla i može se sažeti pomeranjem jezika. Na donjem delu se završava glasnim žicama: par mesnatih membrana preko kojih prelazi vazduh koji dolazi iz pluća. Tokom produkcije zvuka, prostor između membrana (glotis) se može potpuno ili delimično otvoriti.

Zahvaljujući osobenosti govornog aparata, moguće je prepoznati određenu osobu na osnovu glasa. Postoji

nekoliko pristupa prepoznavanju govornika koji su bazirani na odlikama govornika, kvantizaciji vektora, podudaranju oblika, itd, i većina je tekstualno zavisna [1]-[5].

U ovom radu, predstavljamo sistem koji je baziran na kepralnim koeficijentima (MFCC) [6]-[7], dinamičkom vremenskom savijanju (DTW) i optimizaciji jatom (PSO). Kombinacija ovih tehnika omogućava sistemu da dostigne visok procenat tačnosti i rad u realnom vremenu. Sistem se, kao takav, može koristiti u bilo kojoj primeni.

Akvizicija podataka se može obaviti komercijalnim mikrofonima koji su široko rasprostranjeni, a njihova cena prihvatljiva. Međutim, jeftina i niskokvalitetna oprema može imati uticaja na interferencije u vidu pozadinskog šuma, što može promeniti spektralne karakteristike signala i otežati identifikaciju.

Rad je organizovan na sledeći način: sekcija 2 opisuje arhitekturu sistema, sekcija 3 kepralne koeficijente, sekcija 4 dinamičko vremensko savijanje, sekcija 5 opisuje optimizaciju jatom, a u sekciji 6 su predstavljeni rezultati eksperimenata. Najzad, u sekciji 7 je dat zaključak rada.

2. OPIS SISTEMA

Sistem za prepoznavanje govornika se sastoji od:

- Senzora, koji vrši akviziciju podataka i semplovanje: u ovom slučaju, to je mikrofonski sa visokim odnosom signal/šum. Frekvencija odabiranja je 44.1 kHz.
- Ekstrakcije osobenih karakteristika (odlika): računati su kepralni koeficijenti korišćenjem Melove filtarske banke nakon podele signala na frejmove sa delimičnim preklapanjem i prozorovanja.
- Dodavanje korisnika u bazu, ako ga tu još uvek nema.
- Testiranje, tj. upoređivanje, ako korisnik već postoji u bazi, korišćenjem dinamičkog vremenskog savijanja.
- Odlučivanje, tj. identifikacija govornika koji se najviše poklapa sa testiranim uzorkom, na osnovu minimalne greške, a pretraživanje se vrši optimizacijom jatom.

3. KEPSTRALNI KOEFICIJENTI (MEL-FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENTS)

Osnovni princip u obradi govornog signala jeste pretpostavka, ako je govorna sekvenca dovoljno kratka (20-30 ms), da se ona može smatrati izlazom iz linearnog sistema. U slučaju zvučnih glasova, pobuda ovakvog sistema je kvaziperiodičan signal (Štrubeova povorka impulsa), a u slučaju bezvučnih glasova, pod pobudom se smatra širokopojasni šum.

Homomorfni sistem za konvoluciju ima osnovni zadatak da potisne neželjene komponente u signalu. Pokazano je da svaki homomorfni sistem za konvoluciju može da se realizuje kao kaskadna veza tri podsistema:

1. Karakteristični sistem za dekonvoluciju,
2. Linearni blok za potiskivanje neželjenih komponenata u signalu (mora da sadrži osobine aditivnosti i homogenosti) i
3. Inverzni karakteristični sistem za dekonvoluciju.

Karakteristični sistem za dekonvoluciju se, po definiciji, realizuje prema sledećoj relaciji između ulaznog i izlaznog signala:

$$y[n] = Z^{-1}\{\log[Z(x[n])]\} \quad (1)$$

U realnim aplikacijama, umesto Z-transformacije nad signalima, primenjuje se Furijeova transformacija (*Fast Fourier Transform* ili *Discrete Fourier Transform*), koje imaju iste osobine sa stanovišta zbira, konvolucije i proizvoda kao i Z-transformacija. FFT se može dobiti iz Z-transformacije za izračunavanja na tačkama na jediničnom krugu, kao u jednačini (2).

$$\hat{x}[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \hat{X}(e^{j\omega}) e^{jn\omega} d\omega \quad (2)$$

Postoji ozbiljan numerički problem prilikom izračunavanja kompleksnog kepstra jer treba obezbediti da $\arg\{X(e^{j\omega})\}$ bude neparna neprekidna funkcija učestanosti ω . Zbog toga se vrlo često u praksi umesto kompleksnog kepstra koristi realan kepstar koji zanemaruje imaginarni deo funkcije $\hat{X}(e^{j\omega})$:

$$C_p[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log|X(e^{j\omega})| e^{jn\omega} d\omega \quad (3)$$

Realan kepstar, tj. kepstralni koeficijenti, dati jednačinom (3), poseduju sledeće osobine:

- Realni kepstar je parni deo kompleksnog kepstra,

$$C_p[n] = \text{even}\{\hat{x}[n]\} = \frac{\hat{x}[n] + \hat{x}[-n]}{2} \quad (4)$$

- Iako se jedan zove realni, a drugi kompleksni, oba kepstra su realni signali jer su dobijeni kao inverzne Furijeove transformacije simetričnih spektara.

Gotovo svi sistemi za prepoznavanje govora i govornika se zasnivaju na kepstralnim koeficijentima. Pri tome se, kao vektor obeležja za prepoznavanje, za svaki frejm koriste koeficijenti $C_p[1], C_p[2], \dots, C_p[N]$. Konkretno, u

ovom sistemu je uzeto da je $N = 20$. Koeficijent $C_p[0]$ se ne koristi jer uglavnom nosi informaciju o snazi signala, a često i nije zabeležen.

Ponekad, da bi se povećala tačnost prepoznavanja, koriste se i delta, pa i delta-delta kepstralni koeficijenti.

$$\delta_{C_p}^{(n)}[i] = C_p^{(n)}[i] - C_p^{(n-1)}[i] \quad (5)$$

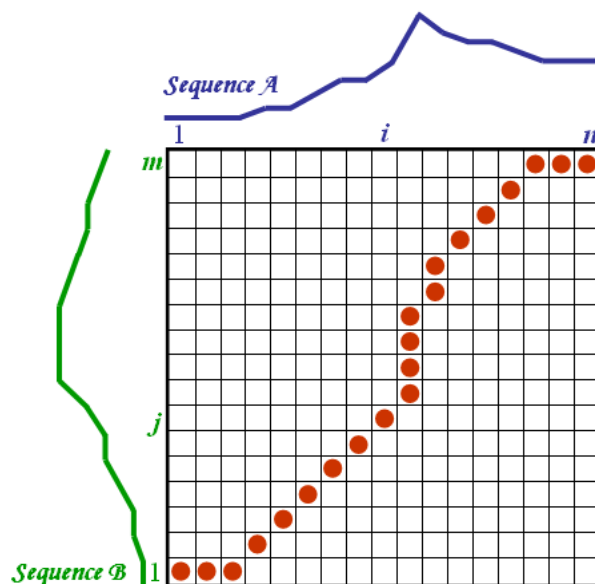
$$\delta\delta_{C_p}^{(n)}[i] = \delta_{C_p}^{(n)}[i] - \delta_{C_p}^{(n-1)}[i] \quad (6)$$

gde gornji broj označava broj frejma.

4. DINAMIČKO VREMENSKO SAVIJANJE (DYNAMIC TIME WARPING - DTW)

Dinamičko vremensko savijanje je algoritam koji se upotrebljava za merenje sličnosti između dve vremenske sekvence koje mogu da variraju u vremenu ili brzini. DTW se može primeniti čak i ako je jedna osoba govorila brže od ostalih, ili ako je bilo ubrzanja i usporavanja tokom jednog posmatranja. DTW je primenjiv na bilo kakve sekvence – video, audio, grafički podaci. U principu, DTW je metod koji izračunava optimalno podudaranje između dve date sekvence, tj. meru njihove sličnosti nezavisno od nelinearnih varijacija.

Algoritam funkcioniše na sledeći način. Zamislimo dve sekvence, A i B, dužina n i m, respektivno. One se mogu predstaviti kao na slici 1:



Slika 1: Dinamičko vremensko savijanje

U svakoj ćeliji se može izmeriti rastojanje koje poredi dva odgovarajuća elementa obe sekvence, koji reprezentuju odgovarajuću kolonu, odnosno vrstu. Da bi se našao najbolji pogodak, tj. najveća sličnost ove dve sekvence, mora se pronaći put kroz matricu koji minimizira ukupnu distancu između dve sekvence. Postupak za izračunavanje te distance uključuje nalaženje svih mogućih ruta kroz

matricu i računanje distance za svaku. Prosečna distanca je minimum sume distanci između pojedinačnih elemenata na ruti podeljen sa sumom težinske funkcije. Težinska funkcija se koristi za normalizaciju dužine puta.

5. OPTIMIZACIJA JATOM (*PARTICLE SWARM OPTIMIZATION - PSO*)

Algoritam optimizacije rojevima čestica (jatom) otkriven je sasvim slučajno, pri pokušaju da se na računaru simulira kretanje jata ptica. C.W. Reynolds u svom radu 1987. godine razmatra jato ptica kao skup čestica gde svaka čestica (tj. ptica) svoj let prilagođava sledećim pravilima:

- izbegavanje kolizija sa bliskim pticama
- prilagođavanje brzine leta bliskim pticama
- pokušaj ostanka u blizini ostalih ptica.

Inspirisani ovim i sličnim radovima, R.C. Eberhart i J. Kennedy shvataju da se takav algoritam može koristiti kao optimizator. Sam algoritam je u određenoj meri inspirisan i sociološkim interakcijama između pojedinaca u populaciji, gde svaki pojedinac pamti svoje, do tada pronađeno, najbolje rešenje problema, ima uvid u najbolje pronađeno rešenje svojih suseda i pretraživanje usmerava uzimajući u obzir obe komponente.

Algoritam roja čestica je populacijski algoritam. Populacija se sastoji od niza jedinki (čestica) koje lete kroz višedimenzionalni prostor koji pretražuju i pri tome svoj položaj menjaju na osnovu vlastitog iskustva i iskustva bliskih suseda (čime se modeluju socijalne interakcije između jedinki). Prilikom određivanja smera kretanja, svaka jedinka u određenoj meri uzima u obzir svoje, do tada, pronađeno najbolje rešenje (individualni faktor) i najbolje rešenje svoje bliske okoline (socijalni faktor). Uticaj koji svaka od ovih komponenti ima uveliko određuje ponašanje same jedinke:

- radi li istraživanje prostora stanja (ukoliko je dominantan individualni faktor)
- fino podešavanje pronađenog rešenja (ukoliko je dominantan socijalni faktor).

Na ovaj način sam algoritam kombinuje globalno pretraživanje prostora stanja i lokalnu pretragu kojom se obavlja fino podešavanje rešenja. Algoritam započinje inicijalizacijom populacije. Svaka se čestica smešta na neku slučajno odabranu poziciju i dodeljuje joj se neka slučajno odabrana brzina. Glavni deo algoritma se ponavlja dok se ne ispuni uslov zaustavljanja a to može biti ili pronalazak dovoljno dobrog rešenja ili dostizanje maksimalnog broja iteracija.

Agent (element, čestica) je jedno moguće rešenje u optimizacionom prostoru, tj. vektor koordinata rešenja. Jato (grupa) je skup agenata pomoću kojih se vrši optimizacija. Pozicija agenta u n -tom koraku je:

$$\mathbf{x}_n = \mathbf{x}_{n-1} + \mathbf{v}_n \Delta t \quad (7)$$

\mathbf{x}_{n-1} je prethodna pozicija agenta, Δt je priraštaj vremena (u optimizaciji je po pravilu 1), \mathbf{v}_n je brzina agenta u n -

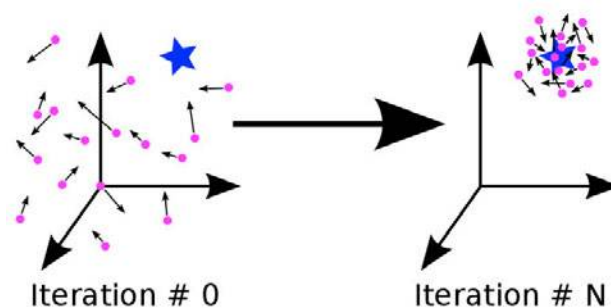
tom koraku (brzina je D -dimenzioni vektor koji odgovara priraštaju čestice)

Promena brzine se računa prema formuli

$$\mathbf{v}_n = w \cdot \mathbf{v}_{n-1} + c_1 \cdot \text{rand}() \cdot (\mathbf{p}_{\text{best}} - \mathbf{x}_{n-1}) + c_2 \cdot \text{rand}() \cdot (\mathbf{g}_{\text{best}} - \mathbf{x}_{n-1}) \quad (8)$$

\mathbf{v}_{n-1} je brzina agenta u $n-1$ koraku, $\text{rand}()$ je funkcija koja generiše slučajan broj u intervalu $[0,1]$, w je koeficijent inercije, c_1 je kognitivni koeficijent, c_2 je socijalni koeficijent

Ilustrativni primer je prikazan na slici 2, gde zvezda označava globalno rešenje, a tačkice su agenti koji se, na kraju, koncentrišu oko rešenja:



Slika 2: Ilustracija PSO

6. REZULTATI

U treniranju, ali i testiranju klasifikatora, korišćena je *The CHAINS Speech Corpus: CHAracterizing Individual Speakers* baza podataka, koja sadrži audio zapise fonetički bogate frazama veoma raznovrsnog frekvencijskog sadržaja, na engleskom jeziku. Baza sadrži ukupno 1221 audio zapis, pri čemu postoji 37 govornika koji izgovaraju 33 različite fraze:

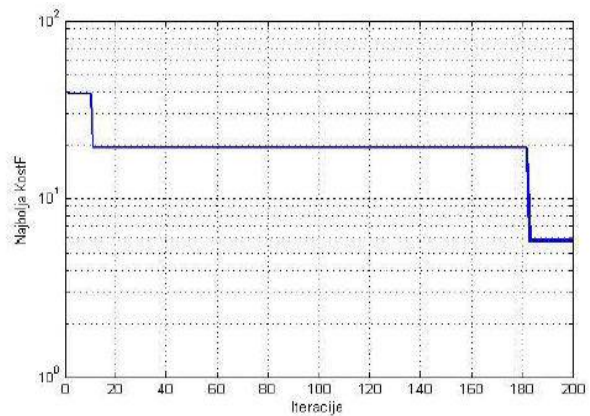
- (s01) If it doesn't matter who wins, why do we keep score?
- (s02) Stop each car if it's little.
- (s03) Play in the street up ahead.
- (s04) A fifth wheel caught speeding.
- (s05) It's been about two years since Davey kept shotguns.
- (s06) Charlie, did you think to measure the tree?
- (s07) Tina got cued to make a quicker escape.
- (s08) Joe books very few judges.
- (s09) Here I was in Miami and Illinois.
- (s10) She had your dark suit in greasy wash water all year.
- (s11) Don't ask me to carry an oily rag like that.
- (s12) A boring novel is a superb sleeping pill.
- (s13) Call an ambulance for medical assistance.
- (s14) We saw eight tiny icicles below our roof.
- (s15) Each untimely income loss coincided with the breakdown of a heating system part.
- (s16) Jeff thought you argued in favor of a centrifuge purchase.

- (s17) The sermon emphasized the need for affirmative action.
- (s18) Kindergarten children decorate their classrooms for all holidays.
- (s19) Cory and Trish played tag with beach balls for hours.
- (s20) The frightened child was gently subdued by his big brother.
- (s21) The tooth fairy forgot to come when Roger's tooth fell out.
- (s22) Alice's ability to work without supervision is noteworthy.
- (s23) Special task forces rescue hostages from kidnappers.
- (s24) If Carol comes tomorrow, have her arrange for a meeting at two.
- (s25) Military personnel are expected to obey government orders.
- (s26) Laugh, dance, and sing if fortune smiles upon you.
- (s27) The fish began to leap frantically on the surface of the small lake.
- (s28) The easygoing zoologist relaxed throughout the voyage.
- (s29) Brush fires are common in the dry underbrush of Nevada.
- (s30) How much will it cost to do any necessary modernizing and redecorating?
- (s31) Was she just naturally sloppy about everything but her physical appearance?
- (s32) Is a relaxed home atmosphere enough to help her outgrow these traits?
- (s33) The same shelter could be built into an embankment or below ground level.

Svaku od ovih sekvenci, dakle, izgovara svaki od 37 govornika. Testiranje je izvršeno tako što je svaki od 37 govornika drugi put izgovorio svaku sekvencu, i to je svaki put testirano u sistemu. Tako, dobijen je zadivljujuć i malo neočekivan i neverovatan procenat tačnosti identifikacije govornika od 100%.

Postavlja se pitanje zašto koristiti PSO algoritam, kada je moguće jednostavno uraditi sistematsko pretraživanje i na taj način ispitati sve zvučne signale u bazi. U ovoj konkretnoj bazi od „samo“ 37 korisnika, PSO algoritam je nepotreban, ali u slučaju velikog broja korisnika (desetine ili stotine hiljada), veoma je praktičan. Da bismo to ilustrovali, pored ovih 37 korisnika, dodaćemo još 1000 audio snimaka koji će popuniti optimizacioni prostor, a koji ne izgovaraju gorepomenute rečenice. Naravno, intuitivno je jasno da je tih 1000 zapisa višak, jer se rešenje krije u jednom od onih 37 potencijalnih rešenja, ali samim tim što je optimizacioni prostor veći, PSO algoritmu (a i sistematskom pretraživanju, pogotovo) će trebati više vremena da ispita potencijalna rešenja. Takođe, biće potreban veći broj agenata, i veći maksimalan broj iteracija.

Konkretno, za pretragu je korišćeno 5 agenata, sa maksimalnih 200 iteracija i u 92% slučajeva je PSO pronašao najbolje rešenje. To je veoma dobar rezultat, s obzirom da je vreme izvršavanja algoritma smanjeno gotovo 3 puta. Na slici 3 je prikazano nalaženje najboljeg rešenja za jedan od slučajeva:



Slika 3: PSO algoritam pretrage minimuma kost funkcije

7. ZAKLJUČAK

U radu smo predstavili i evaluirali sistem za identifikaciju govornika korišćenjem kepstralnih koeficijenata, DTW algoritma i PSO optimizacije. Dobijeni rezultati su izuzetno dobri, pa se sistem može primeniti u nekim realnim aplikacijama. U zavisnosti od neophodne tačnosti, PSO algoritam se ne mora raditi, ali ako je neophodno u realnom vremenu naći govornika među stotine hiljada u bazi, PSO je više nego poželjan (npr. forenzika). Takođe, korišćen metod za identifikaciju se može primeniti i na druge metode za prepoznavanje bilo kakvih oblika, npr. slika ili u bilo kakvim drugim signalima.

LITERATURA

- [1] F. Soong, A. Rosenberg, L. Rabiner and B. Juang, "A Vector Quantization Approach to Speaker Recognition," Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 1985, pp. 387-390.
- [2] R. Auckenthaler, M. Carey and H. Lloyd-Thomas, "Score Normalization for Text-Independent Speaker Verification Systems," Digital Signal Processing, Vol. 10, No. 1-3, 2000, pp. 42-54. doi:10.1006/dspr.1999.0360
- [3] S. Furui, "Recent Advances in Speaker Recognition," Pattern Recognition Letters, Vol. 18, No. 9, 1997, pp. 859-872. doi:10.1016/S0167-8655(97)00073-1
- [4] S. Pruzansky, "Pattern-Matching Procedure for Automatic Talker Recognition," Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 26, No. 1, 1963, pp. 403-406.
- [5] P. D. Bricker and S. Pruzansky, "Effects of Stimulus Content and Duration on Talker Identification," Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 44, No. 3, 1968, pp. 1596-1607.
- [6] Ganchev, T., Fakotakis, N., and Kokkinakis, G. 2005 Comparative Evaluation of Various MFCC Implementations on the Speaker Verification Task, Proc. of SPECOM Patras, Greece, pp. 1191-1194.
- [7] Zheng F., Zhang, G. and Song, Z. 2001 Comparison of different implementations of MFCC, J. Computer Science & Technology 16(6), pp. 582-589.

GENERALIZOVANI KONSTRUKTIVNI ALGORITAM ZA FORMIRANJE PROIZVODNIH ČELIJA A GENERALIZED CONSTRUCTIVE ALGORITHM FOR MANUFACTURING CELL FORMATION

Miloš Danilović, Oliver Ilić
Fakultet organizacionih nauka u Beogradu

Sadržaj – *Formiranje proizvodnih ćelija je prvi i najvažniji korak u dizajniranju celularnog proizvodnog sistema. Glavni cilj ovog koraka je grupisanje mašina u ćelije i delova u familije tako da se minimizira protok između ćelija. U radu je primenjen generalizovani konstruktivni algoritam za rešavanje kombinatornog optimizacionog problema koji je formulisao Ilić u [3]. Cilj je da se maksimizira suma koeficijenta sličnosti između parova mašina, odnosno delova. Ova formulacija je izuzetno pogodna za efikasno sužavanje dopustivog skupa rešenja. Uveden je parametar koji definiše preciznost pretrage dopustivog skupa. Generalizovani konstruktivni algoritam formira skup rešenja nad ovim suženim dopustivim skupom rešenja. Eksperimentalni rezultati potvrđuju prednost predloženog pristupa u odnosu na poznate rezultate.*

Abstract – *Manufacturing cell formation is the first and foremost issue in designing cellular manufacturing system. The primary objective of this step is to cluster machines into machine cells and parts into part families so that the minimum of intercell trips will be achieved. In this paper, the Generalized Constructive Algorithm is applied for solving the combinatorial problem defined by Ilić [3]. The objective is to maximize the sum of similarity coefficients between machine/part pairs. This formulation is suitable for effective narrowing of the feasible solution set. A parameter determining the precision of the search of the feasible solution set is introduced. The Generalized Constructive Algorithm constructs a solution population from the feasible set. Experimental evaluation confirms the advantages of the proposed approach regarding known results.*

1. UVOD

Grupna tehnologija je pristup koji identifikuje one attribute populacije koji su pogodni da se njeni članovi grupišu u grupe, odnosno familije (Ilić [4]). Članovi svake pojedine grupe poseduju attribute čije su vrednosti međusobno slične. Delovi iz iste familije imaju slične proizvodne zahteve. Prema tome, problem formiranja proizvodnih ćelija (*cell formation* - CF) može da se definiše kao problem grupisanja mašina u grupe, tako da se u istoj grupi obrađuju delovi iz iste familije, a da se minimizira broj delova koji se obrađuju na mašinama iz različitih grupa.

U literaturi postoje više pristupa za rešavanje CF problema. Sveobuhvatan pregled ovih pristupa je prikazan u [10]. Yin and Yasuda [11] su klasifikovali CF procedure u tri glavne klase: modele matematičkog programiranja, metaheuristike i metode zasnovane na koeficijentima sličnosti (*similarity coefficient methods* - SCM). Oni su zaključili da su SCM metode fleksibilnije u odnosu na druge dve klase. U njihovom radu je dat sveobuhvatan pregled SCM algoritama. Manzini *i ost.* [9] su razmatrali pristup zasnovan na klaster analizi (*cluster analysis*) i SCM. Ilić [3] i, Ilić i Cvetić [5] rešavaju CF problem integracijom klaster analize i SCM, sa kombinatornim optimizacionim postupkom. U ova dva rada je predložena ciljna funkcija koja uzima u obzir samo susedne elemente u permutaciji mašina, odnosno delova. Ovako definisana ciljna funkcija otvara velike mogućnosti za izbor optimizacionog postupka.

U ovom radu se predlaže postupak, zasnovan na definiciji problema u [3], kojim se optimizacioni postupak sprovodi primenom generalizovanog konstruktivnog algoritma (*Generalized Constructive Algorithm* - GCA), prikazanog u [1,2]. Zbog ograničenog prostora ovog rada, istraživanje je ograničeno na mogućnosti poboljšanja i kompletiranja postupka određivanja optimalnog redosleda mašina i delova, podrazumevajući da se formiranje ćelija sprovodi na isti način kao u [3]. Pogodnost formulacije problema iz [3] omogućava da se početno uređenje, odnosno prva faza GCA, sprovede posle sužavanja dopustivog skupa rešenja. Na ovaj način se značajno povećava efikasnost postupka, šta više, omogućava se da se određene instance reše egzaktnim postupkom.

Eksperimentalna provera postupka je sprovedena na primeru koji je obrađen u [3] u kome su dobijeni rezultati poređeni sa rezultatima u [6-8], dobijenim primenom programskog paketa PFAST. Eksperimenti potvrđuju da predloženi postupak daje skup optimalnih rešenja u značajno kraćem vremenu u odnosu na poređene postupke.

Rad je organizovan na sledeći način. U delu 2 su date definicije problema i definicija GCA. U delu 3 su dokazane leme koje omogućavaju sužavanje dopustivog skupa rešenja i postavljena hipoteza koja definiše parametar preciznosti pretrage dopustivog skupa. Predloženi postupak je predstavljen u delu 4, dok je poređenje sa rezultatima dobijenim programom PFAST

prikazano u delu 5 rada. Zaključna razmatranja su data u delu 6 ovog rada.

2. DEFINICIJE POJMOVA

Koeficijent sličnosti između mašine i i mašine j je:

$$s_{ij}^M = \frac{a_{ij}^P}{a_{ij}^P + b_{ij}^P + c_{ij}^P}; \quad 0 \leq s_{ij}^M \leq 1$$

gde je a_{ij}^P broj delova koji se obrađuju i na mašini i i na mašini j ; b_{ij}^P broj delova koji se obrađuju na mašini i a ne i na mašini j ; c_{ij}^P broj delova koji se obrađuju na mašini j a ne i na mašini i .

Koeficijent sličnosti između dela k i dela l je:

$$s_{kl}^P = \frac{a_{kl}^M}{a_{kl}^M + b_{kl}^M + c_{kl}^M}; \quad 0 \leq s_{kl}^P \leq 1$$

gde je a_{kl}^M broj mašina koji obrađuju i deo k i deo l ; b_{kl}^M broj mašina koji obrađuju deo k a ne i deo l ; c_{kl}^M broj mašina koji obrađuju deo l a ne i deo k .

Optimizacioni postupak za mašine određuje permutaciju (π_1, \dots, π_m) oznaka mašina $(1, \dots, m)$, takvu da

$$\text{maksimizira vrednost } \sum_{i=1}^{m-1} s_{\pi_i \pi_{i+1}}^M.$$

Optimizacioni postupak za delove određuje permutaciju (Π_1, \dots, Π_n) oznaka delova $(1, \dots, n)$, takvu da

$$\text{maksimizira vrednost } \sum_{k=1}^{n-1} s_{\Pi_k \Pi_{k+1}}^P.$$

Deterministički problem kombinatorne optimizacije može da se definiše kao četvorka (I, F, C, g) , gde je I data instanca problema kombinatorne optimizacije; $F(I)$ konačan skup dopustivih rešenja za datu instancu I ; $C(x)$, $x \in F(I)$, označava realnu ciljnu funkciju koja predstavlja meru dopustivog rešenja x ; g je tip optimizacije, i najčešće je "min" ili "max". Cilj je da se odredi, za datu instancu I , optimalno rešenje, koje je, dopustivo rešenje uz:

$$C(x) = g\{C(x') \mid x' \in F(I)\}.$$

U značajnom broju problema kombinatorne optimizacije, $I = O^n = \{o_1, \dots, o_n\}$ je skup od n objekata, od kojih svaki poseduje definisana svojstva i $F(O^n)$ može da se formalizuje različitim uređenim nizovima tih objekata. Izbor objekata i njihov redosled u nizu određuje odgovarajuću C vrednost. Neka $PR^n = \{pr_1, \dots, pr_n\}$ označava skup svojstava objekata (pr_i su svojstva objekta o_i). Skup datih objekata O^n može formalno da se definiše, bez gubitka opštosti, kao bijekcija skupa $S^n = \{1, 2, \dots, n\}$ na O^n . Na taj način, I može da bude predstavljen pomoću PR^n , a $F(O^n)$ može da bude predstavljen permutacijama

π^n od S^n . Heuristike za rešavanje ovih problema se međusobno razlikuju samo po načinu na koji formiraju permutacije i kriterijumu za selekciju željenih permutacija.

Konstruktivne tehnike grade rešenje korak po korak, proveravajući dopustivost rešenja i vrednost ciljne funkcije. U svakom koraku se jedan novi objekat umeće u trenutno parcijalno rešenje, te se u literaturi ovakve heuristike često nazivaju i heuristike umetanja (*insertion based constructive heuristics*). Ove heuristike se, po pravilu, sastoje iz faze inicijalizacije i ciklusa u fazi umetanja. U fazi inicijalizacije, funkcija selekcije $f_1(PR^n)$ određuje prirodan broj e_1 iz S^n , koji će biti pridodat parcijalnom rešenju x . Faza umetanja ima $n-1$ iteraciju, tako da je, na početku k -te iteracije, S^n podeljen na dva podskupa:

$$PRT^2(S^n) = (PRT_1^k(S^n), PRT_2^{n-k}(S^n)) = (A_1^k, A_2^{n-k})$$

U svakoj k -toj iteraciji faze umetanja sprovode se dva tipa selekcije: selekcija $f_2(PR^n, k, A_2^{n-k})$ broja e_{k+1} iz A_2^{n-k} koji se uklanja iz A_2^{n-k} i selekcija $f_3(PR^n, k, e_{k+1}, \rho^k[A_1^k])$ pozicije l u $\rho^k[A_1^k]$ na koju će e_{k+1} biti umetnut. Sprovedeno umetanje jednoznačno određuje uređenje brojeva u $\rho^{k+1}[A_1^{k+1}]$.

Konstruktivni algoritam (*constructive algorithm* – CA), se definiše kao funkcija

$$x \leftarrow CA(PR^n, F, C, g, f_1, f_2, f_3).$$

U nekim heuristikama f_1 određuje početnu permutaciju π^n od S^n , označenu kao *prioritetno uređenje*, i vraća prvi elemenat od π^n . U tim heuristikama, u k -toj iteraciji, f_2 vraća $\pi^n(k+1)$. U daljem tekstu ćemo usvojiti ove oblike funkcija, tj.:

$$\pi^n(1) \leftarrow f_1(PR^n) \text{ i } \pi^n(k+1) \leftarrow f_2(PR^n, k, A_2^{n-k}).$$

Generalizovani konstruktivni algoritam, GCA [2], može da se predstavi kao:

$$x \leftarrow CA(PR^n, F, C, g, f_1, f_2, f_3, ARG),$$

gde je $ARG = \{arg_1, \dots, arg_7\}$ skup od sedam opcionalnih argumenata. Izborom vrednosti ovih argumenata otvaraju se raznovrsne mogućnosti kreiranja novih i popravljavanja postojećih algoritama. U ovom radu je korišćen samo argument arg_4 sa vrednošću R_1 , tj. algoritmom se simultano prate sve parcijalne permutacije koje određuju trenutno optimalnu vrednost ciljne funkcije.

3. ODREĐIVANJE POČETNOG UREĐENJA

Prva faza GCA je definisanje početnog uređenja objekata, u ovom slučaju mašina, odnosno delova. Kako postoji direktna analogija između optimizacije uređenja mašina i optimizacije uređenja delova, u nastavku rada je opisan

samo optimizacioni postupak za uređenje mašina. Definicija ciljne funkcije omogućava suženje dopustivog skupa rešenja na osnovu sledećih Lema.

Lema 1: Ukoliko je $s_{ij}^M = 1$, mašina i se u optimalnoj permutaciji mašina nalazi pored mašine j .

Lema 2: Ukoliko je $s_{ij}^M = 1$ i $s_{jk}^M = 1$, tada važi $s_{ik}^M = 1$.

Lema 3: Ukoliko više mašina ima međusobni koeficijent sličnosti jednak jedinici, svaka permutacija ovih mašina unutar ukupne permutacije mašina rezultira u istoj vrednosti ciljne funkcije.

Dokaz ovih lema može da se izvede na sledeći način: Vrednost ciljne funkcije se dobija sumiranjem samo koeficijenata sličnosti susednih mašina u permutaciji. Pretpostavimo, bez gubitka opštosti, da samo mašine i i j imaju koeficijent sličnosti jedan, odnosno da su svi ostali koeficijenti manji od jedan. Neka je u prvom slučaju optimalni parcijalni redosled mašina $k i j l$, a u drugom $k i q j l$. Koeficijent sličnosti između mašina i i q je manji ili jednak od koeficijenta sličnosti između mašina i i k , inače $k i j l$ ne bi bila optimalna permutacija. Na isti način je i koeficijent sličnosti između mašina j i q manji ili jednak od koeficijenta sličnosti između mašina j i l . Prema tome, sabirak čija je vrednost jedinica se u drugom slučaju zamenjuje sabirkom manjim od jedan i dodaje se novi sabirak koji je manji ili jednak sabirku koji se dodaje u prvom slučaju. Ovim je prva Lema dokazana. Dokaz za druge dve Leme je trivijalan.

Zaključci ovih Lema mogu da se prošire i na slučajeve kada koeficijenti sličnosti nisu jednaki jedinici.

Lema 4: Ukoliko više mašina ima međusobni koeficijent sličnosti veći od x , i ukoliko su svi ostali koeficijenti sličnosti manji od x , u optimalnoj permutaciji će sve ove mašine da predstavljaju kompaktnu grupu. Međusobni redosled mašina unutar ove grupe će odgovarati onoj permutaciji ove grupe koja ima najveću parcijalnu vrednost ciljne funkcije.

Dokaz ove Leme je analogan prethodnom dokazu. Jasno je da dobijeni zaključci mogu da definišu postupke kojima se značajno redukuje dopustivi skup rešenja. Broj od $m!$ mogućih permutacija se smanjuje na $(w-v+1)! * (m-w+1)!$, gde je w kardinalnost skupa mašina sa koeficijentom sličnosti većim od ostalih, a v broj mašina čiji je međusobni koeficijent sličnosti jednak jedinici. Ovo smanjenje dopustivog skupa može da bude toliko značajno da za određene instance omogući primenu egzaktnog algoritma.

Sledeći ovu ideju, zaključci mogu da se generalizuju i na primene kada je ipak, zbog veličine redukovano problema, neophodno da se primeni neka od heuristika. Heuristike ne obezbeđuju optimalno rešenje, već imaju za cilj da u što kraćem vremenu daju rešenje koje što manje odstupa od optimalnog. Usvojena ciljna funkcija i unapred definisani nivo klasterovanja predstavljaju

idealne preduslove da se definiše početno uređenje koje obezbeđuje izuzetno efikasan GCA:

Korak 1. Svaka od grupa mašina u kojoj su svi koeficijenti sličnosti jednaki jedinici se zameni sa samo jednom, proizvoljno odabranom mašinom iz te grupe.

Korak 2. Definiše se parametar $p \leq 1$.

Korak 3. Primeni se klaster algoritam kojim se grupišu mašine u klaster, tako da je najmanji koeficijent sličnosti u svakom od klastera veći ili jednak sa p . Označimo najmanji koeficijent sličnosti u q -tom klasteru sa y_q (ukoliko mašina ne pripada ni jednom klasteru, odgovarajuća vrednost joj je jednaka najvećem od njenih koeficijenata sličnosti sa drugim mašinama).

Korak 4. Klasteri se međusobno uredi prema nerastućim vrednostima y_q .

Korak 5. U svakom klasteru se odrede permutacije mašina iz klastera koje daju najveću vrednost ciljne funkcije. Označimo sa z_q broj optimalnih parcijalnih permutacija unutar q -tog klastera.

Opisani koraci definišu početno uređenje kojim je određena faza inicijalizacije GCA.

4. NOVI ALGORITAM

Svaka kombinacija dobijenih optimalnih parcijalnih permutacija koracima prethodnog postupka određuje jedno početno uređenje na koje se zatim primenjuje GCA. Faza umetanja se primenjuje tako da se svaka od klasterovanih grupa tretira kao jedan element u permutaciji. Kada se u k -toj iteraciji odredi permutacija dužine k , na svakoj poziciji ove permutacije koja odgovara nekom klasteru se prepisu elementi tog klastera po redosledu iz početnog uređenja.

Pošto algoritmom mogu da se simultano prate više početnih permutacija, GCA se formalno definiše kao:

$$x \leftarrow CA(PR^n, F, C, g, f_1, f_2, f_3, \text{arg}_4 = R_1)$$

Ovakva definicija omogućava takođe trivijalnu primenu paralelnog programiranja, jer se jedinice početne populacije obrađuju potpuno nezavisno jedna od druge.

I pre eksperimentalne verifikacije predloženog pristupa je jasno koje prednosti on stavlja na raspolaganje korisnicima. Iako predloženi postupak ne garantuje optimalnu vrednost ciljne funkcije on omogućuje vanredno efikasnu obradu uz bitnu činjenicu: broj koraka algoritma je unapred definisan sa samo dve promenljive, m i p , te korisnik precizno dobija informaciju kolika će biti potrošnja CPU vremena. Na taj način korisnik može da prilagodi preciznost pretrage raspoloživom vremenu računara, tj. da bira što je moguće veću vrednost za p .

5 EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Kvalitet rešenja i efikasnost predloženog postupka su provereni na primeru koji je obrađen u [3] u kome su rezultati poređeni sa rezultatima iz [6-8], dobijenim primenom programskog paketa PFAST.

Tabela 1. prikazuje procesne putanje za 19 delova na 12 mašina. Na osnovu ovih ulaznih podataka su konstruisane matrice sličnosti za mašine i delove, prikazane u Tabelama 2 i 3.

Tabela 1. Procesne putanje

1	1	4	8	9							
2	1	4	7	4	8	7					
3	1	2	4	7	8	9					
4	1	4	7	9							
5	1	6	10	7	9						
6	6	10	7	8	9						
7	6	4	8	9							
8	3	5	2	6	4	8	9				
9	3	5	6	4	8	9					
10	4	7	4	8							
11	6										
12	11	7	12								
13	11	12									
14	11	7	10								
15	1	7	11	10	11	12					
16	1	7	11	10	11	12					
17	11	7	12								
18	6	7	10								
19	12										

Tabela 2. Matrica sličnosti za mašine

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01	0.125	0	0.364	0	0.077	0.462	0.25	0.364	0.3	0.182	0.182	
02		0.333	0.25	0.333	0.125	0.077	0.25	0.25	0	0	0	
03			0.25	1	0.286	0	0.25	0.25	0	0	0	
04				0.25	0.25	0.778	0.6	0	0	0	0	
05					0.286	0	0.25	0.25	0	0	0	
06						0.188	0.364	0.5	0.3	0	0	
07							0.25	0.25	0.5	0.385	0.286	
08								0.6	0.077	0	0	
09									0.167	0	0	
10										0.333	0.2	
11											0.714	
12												

Tabela 3. Matrica sličnosti za delove

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
01	0																			
02	0.6																			
03	0.667	0.667																		
04	0.6	0.6	0.667																	
05	0.286	0.286	0.375	0.5																
06	0.286	0.286	0.375	0.286	0.667															
07	0.6	0.333	0.429	0.333	0.286	0.5														
08	0.375	0.222	0.444	0.222	0.2	0.333	0.571													
09	0.429	0.25	0.333	0.25	0.222	0.375	0.667	0.857												
10	0.4	0.75	0.5	0.4	0.143	0.333	0.4	0.25	0.286											
11	0	0	0	0	0.2	0.2	0.25	0.143	0.167	0										
12	0	0.167	0.125	0.167	0.143	0.143	0	0	0.2	0	0									
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.667								
14	0	0.167	0.125	0.167	0.333	0.333	0	0	0.2	0	0.5	0.25	0.6							
15	0.125	0.286	0.222	0.286	0.429	0.25	0	0	0.143	0	0.6	0.4	0.6	1						
16	0.125	0.286	0.222	0.286	0.429	0.25	0	0	0.143	0	0.6	0.4	0.6	1	0.6					
17	0	0.167	0.125	0.167	0.143	0.143	0	0	0.2	0	1	0.667	0.5	0.6	0.6	0.6				
18	0	0.167	0.125	0.167	0.6	0.6	0.167	0.111	0.125	0.2	0.333	0.2	0	0.5	0.333	0.333	0.2			
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.333	0.5	0	0.2	0.2	0.333	0		

U matricama sličnosti su crvenom bojom obeleženi dijagonalni elementi koji jedini doprinose vrednostima ciljnih funkcija. Žutom bojom su označeni elementi matrice koji su iznad postavljenog praga, koji je na ovim slikama 0.7 i za mašine i za delove.

Vrednost ciljnih funkcija za ovakav redosled mašina i delova je 3.496 za mašine i 8.632 za delove. Za postavljeni prag 0.7 postoje tri klastera za mašine i četiri klastera za delove. Klasteri za mašine su {3,5},{4,8} i {11,12}, dok su za delove {15,16},{12,17},{8,9} i {2,10}. Ovi klasteri smanjuju veličinu dopustivog skupa

rešenja, i to, za mašine sa 12! na 2!2!2!9! i za delove sa 19! na 2!2!2!2!15!. Jasno je da za mašine može da se primeni totalna pretraga, dok za delove treba da se primeni GCA.

Primenom totalne pretrage za mašine se dobijaju četiri optimalna redosleda za koje je vrednost ciljne funkcije 5.87. Ovi redosledi su prikazani u Tabeli 4.

Tabela 4. Optimalni redosledi mašina

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
► 1	12	11	10	7	1	4	8	9	6	3	5	2
2	2	3	5	6	9	8	4	1	7	10	11	12
3	12	11	10	7	1	4	8	9	6	5	3	2
4	2	5	3	6	9	8	4	1	7	10	11	12

Primenom GCA za delove se dobija 16 optimalnih redosleda za koje je vrednost ciljne funkcije 11.418. Ovi redosledi su prikazani u Tabeli 5.

Tabela 5. Optimalni redosledi delova

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
► 01	11	8	9	7	1	3	4	2	10	6	5	18	14	15	16	12	17	13	19
02	11	8	9	7	1	4	3	2	10	6	5	18	14	15	16	12	17	13	19
03	11	8	9	7	1	3	4	2	10	6	5	18	14	16	15	12	17	13	19
04	11	8	9	7	1	4	3	2	10	6	5	18	14	16	15	12	17	13	19
05	19	13	12	17	15	16	14	18	5	6	10	2	3	4	1	7	9	8	11
06	19	13	12	17	15	16	14	18	5	6	10	2	4	3	1	7	9	8	11
07	19	13	12	17	16	15	14	18	5	6	10	2	3	4	1	7	9	8	11
08	19	13	12	17	16	15	14	18	5	6	10	2	4	3	1	7	9	8	11
09	19	13	17	12	15	16	14	18	5	6	10	2	3	4	1	7	9	8	11
10	19	13	17	12	15	16	14	18	5	6	10	2	4	3	1	7	9	8	11
11	19	13	17	12	16	15	14	18	5	6	10	2	3	4	1	7	9	8	11
12	19	13	17	12	16	15	14	18	5	6	10	2	4	3	1	7	9	8	11
13	11	8	9	7	1	3	4	2	10	6	5	18	14	15	16	17	12	13	19
14	11	8	9	7	1	4	3	2	10	6	5	18	14	15	16	17	12	13	19
15	11	8	9	7	1	3	4	2	10	6	5	18	14	16	15	17	12	13	19
16	11	8	9	7	1	4	3	2	10	6	5	18	14	16	15	17	12	13	19

Za prve redoslede mašina i delova je formirana 0-1 matrica delova-mašina i prikazana u Tabeli 6.

Tabela 6. 0-1 matrica

	12	11	10	7	1	4	8	9	6	3	5	2
► 11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
08	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
09	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
07	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
01	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
03	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
04	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
02	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
06	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
05	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
18	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ukoliko se odredi niži prag preciznosti pretrage, vreme rada se smanjuje uz mogućnost lošijih vrednosti ciljnih funkcija. Kako je za mašine iz posmatranog primera i prag od 0.7 doveo do mogućnosti primene totalne pretrage, eksperiment je sproveden u postupku za optimizaciju redosleda delova. Usvojen je prag 0.66.

Klasterovanjem delova uz prag odsecanja iznad 0.66 dobijaju se 5 klastera, i to:

{14,15}, {16,17,18}, {2,3,4}, {5,6,7,8,9}, {10,11}.

Ovo grupisanje smanjuje veličinu dopustivog skupa rešenja sa 19! na 2!3!3!5!2!9!. Zanimljivo je da i pored značajnog smanjenja dopustivog skupa rešenja, odnosno drastične uštede vremena rada računara, GCA daje optimalne rezultate identične prethodnom eksperimentu kada je prag bio 0.7.

Tabele 7 i 8 prikazuju preuređene matrice sličnosti mašina, odnosno delova na osnovu optimalnih rezultata dobijenih primenom GCA.

Tabela 7. Matrica sličnosti za mašine

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01	0	0.714	0.2	0.286	0.182	0	0	0	0	0	0	0
02			0.333	0.385	0.182	0	0	0	0	0	0	0
03				0.5	0.3	0	0.077	0.167	0.3	0	0	0
04					0.462	0.25	0.25	0.25	0.188	0	0	0.077
05						0.364	0.25	0.364	0.077	0	0	0.125
06							0.778	0.6	0.25	0.25	0.25	0.25
07								0.6	0.364	0.25	0.25	0.25
08									0.5	0.25	0.25	0.25
09										0.286	0.286	0.125
10											1	0.333
11												0.333
12												

Tabela 8. Matrica sličnosti za delove

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
01	0																		
02	0.143																		
03	0.167	0.857																	
04	0.25	0.571	0.667																
05	0	0.375	0.429	0.6															
06	0	0.444	0.333	0.429	0.667														
07	0	0.222	0.25	0.333	0.6	0.667													
08	0	0.222	0.25	0.333	0.6	0.667	0.6												
09	0	0.25	0.286	0.4	0.4	0.5	0.4	0.75											
10	0.2	0.333	0.375	0.5	0.286	0.375	0.286	0.286	0.333										
11	0.2	0.2	0.222	0.286	0.286	0.375	0.5	0.286	0.143	0.667									
12	0.333	0.111	0.125	0.167	0	0.125	0.167	0.167	0.2	0.6	0.6								
13	0	0	0	0	0	0.125	0.167	0.167	0.2	0.333	0.333	0.5							
14	0	0	0	0	0.125	0.222	0.286	0.286	0.143	0.25	0.429	0.333	0.6						
15	0	0	0	0	0.125	0.222	0.286	0.286	0.143	0.25	0.429	0.333	0.6	1					
16	0	0	0	0	0	0.125	0.167	0.167	0.2	0.143	0.143	0.2	0.5	0.6	0.6				
17	0	0	0	0	0	0.125	0.167	0.167	0.2	0.143	0.143	0.2	0.5	0.6	0.6	1			
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.4	0.4	0.667	0.667		
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.333	0.333	0.5	

Uočava se da su primenom GCA sve vrednosti iznad praga (ojojene žutom bojom) pomerene na dijagonalu ili u neposrednu okolinu dijagonale.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan postupak za izbor permutacija mašina, odnosno delova koje maksimiziraju ciljnu funkciju, predloženu u [3]. Pokazano je da je GCA

izuzetno pogodan kao optimizaciona heuristika, jer njegova faza inicijalizacije može da iskoristi prednosti koje pruža ovako definisana ciljna funkcija uz dopunu klaster postupka. Naime, korišćena definicija ciljne funkcije omogućava jednostavno klasterovanje mašina, odnosno delova i definisanje praga preciznosti pretrage GCA. Eksperimentalni rezultati nedvosmisleno pokazuju da ovako definisani GCA daje optimalne rezultate na posmatranoj test instanci uz značajnu uštedu vremena rada računara.

Budući pravci istraživanja treba da se usmere ka primeni dobijenih rezultata na efikasnu optimizaciju i u slučajevima drugačijih ciljnih funkcija problema formiranja ćelija. Moguće je da određeni problem zahteva uključivanje uticaja i drugih elemenata u permutaciji na vrednost ciljne funkcije. Međutim, i u takvim slučajevima treba neizostavno koristiti rezultate koji se dobijaju kada se primeni ciljna funkcija iz [3]. Informacija dobijena korišćenjem ciljne funkcije iz [3] je dragocena za sužavanje dopustivog skupa rešenja za bilo koju drugu ciljnu funkciju.

LITERATURA

- [1] Danilović, M. & Ilić, O. (2013). Nova formalizacija i proširenje faze umetanja u NEH heuristici, *YUINFO 2013, Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama*, Kopaonik, 304-309.
- [2] Danilović, M. & Ilić, O. (2016). A generalized constructive algorithm using insertion-based heuristics. *Computers & Operations Research*, 66 29-43.
- [3] Ilić, O., (2014). An e-Learning tool considering similarity measures for manufacturing cell formation, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(3), 617-628.
- [4] Ilić, O. (2015). Računarski integrisana proizvodnja, drugo izdanje, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- [5] Ilić, O. & Cvetić, B. (2014). A comparative case study of e-learning tools for manufacturing cell formation-Learning tool considering similarity measures for manufacturing cell formation. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 8(3), 1 -15.
- [6] Irani, S.A. & Huang, H., (2005). Hybrid cellular layouts: new ideas for design of flexible and lean layouts for jobshops, Department of Industrial, Welding and Systems Engineering, The Ohio State University, Columbus, USA.
- [7] Irani, S.A. (2012). PFAST. (online), <<http://pfast.ise.ohio-state.edu/pfast/BuyPFast.html>>
- [8] Irani, S.A., Zhang, H., Zhou, J., Huang, H., Udai, T.K. & Subramanian, S., (2000). Production flow

analysis and simplification toolkit (PFAST), *International Journal of Production Research*, 38(8), 1855-1874.

- [9] Manzini, R., Bindi, F., & Pareschi, A. (2010). The threshold value of group similarity in the formation of cellular manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 48(10), 3029–3060.
- [10] Singh, N. (1993). Design of cellular manufacturing systems: An invited review. *European Journal of Operational Research*, 69, 284–291.
- [11] Yin, Y., & Yasuda, K. (2006). Similarity coefficient methods applied to the cell formation problem: A taxonomy and review. *International Journal of Production Economics*, 101, 329–352.

PRAĆENJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVU

TRACKING THE ELECTRICITY DEMAND IN HOUSEHOLDS

Ivana Grbović¹, Jovana Đurović¹, Mladen Antonić¹, Ivan Tot¹
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu¹

Sadržaj –Sistemi za nadgledanje potrošnje električne energije imaju veliki značaj i široku primenu u savremenom životu. Brz razvoj ovih sistema napredovao je sa podizanjem svesti o važnosti uštede električne energije na globalnom nivou. Svrha ovih sistema je dobijanje razumljive i korisne informacije o potrošnji pojedinih potrošača električne energije u svakom trenutku i za svaki potrošač pojedinačno. U radu je predstavljena jedna realizacija sistema za praćenje potrošnje električne energije koja se sastoji iz dva funkcionalna dela. Uloga mernog dela je neprekidno merenje jačine struje na potrošačima, dok informacioni deo predstavlja bazu za arhiviranje podataka i web aplikaciju za prikaz i analizu podataka. Analizom dobijenih rezultata se pokazalo da upotreba sistema za nadgledanje potrošnje u realnom vremenu omogućava identifikaciju glavnih potrošača u domaćinstvu, ali i mogućnosti za efikasnijim utroškom električne energije.

Abstract - Systems for monitoring electricity consumption are extremely important and have a broad application. The development of these systems has evolved along with the increased awareness of the importance of saving electricity. Data on consumption read on the meter represents the total consumption of all devices within the period observed. The purpose of these systems is obtaining comprehensible and useful information on the consumption of individual electricity consumers at all times. The system in question consists of two parts. The role of the measuring unit is continuous measurement of electricity at consumers, while the information part is the basis for data archiving and web application for data displaying and analysis. Analysis of the obtained results have shown that the use of the system for monitoring energy consumption in real-time simplifies the possibilities for efficient electricity consumption in the household.

1. UVOD

Problem uštede i efikasnosti upotrebe električne energije iz godine u godinu je sve značajniji. Veliki je broj predloženih rešenja ovog problema iz raznih društvenih grupa, počev od medijskog uticaja na svest građana o značaju uštede, preko strategija efikasnog korišćenja električne energije i zakona, do tehničkih rešenja za praćenje i upravljanje potrošnjom električne energije. Neki od najčešće spominjanih razloga zbog kojih je porast potrošnje postao problem na globalnom nivou su ograničene rezerve fosilnih goriva i očuvanje životne sredine. Najviše primera uštede se može naći za male potrošače, odnosno u domaćinstvu. Sistem opisan u ovom

radu ima za cilj uvid krajnjih korisnika u detaljnu potrošnju električne energije u njihovim domovima i statističku analizu potrošnje po uređaju i vremenu, na osnovu kojeg se izvodi zaključak o mogućnosti i načinu uštede električne energije.

Praćenje potrošnje u realnom vremenu od strane samog korisnika značajno utiče na smanjenje potrošnje, pažljivije i efikasnije raspolaganje električnom energijom kao i otklanjanje zablude u vezi sa potrošnjom. Rezultati sadržani u aplikaciji približavaju korisniku stanje na električnom brojilu koje u formatu brojeva ima malu informativnu vrednost. Praćenjem potrošnje električne energije se otvara mogućnost reagovanja i korekcije potrošnje, efikasnije upotrebe energije i uštede novca, kao što je npr. upotreba velikih potrošača u vreme jeftinije tarife.

2. ANALIZA PROBLEMA

Potrošnja električne energije u domaćinstvima zavisi od velikog broja faktora, kao što su: broj članova domaćinstva, broj dece i starih ljudi, doba godine, prostor stanovanja (stan ili kuća), itd. Ova zavisnost se ogleda u dnevnoj potrebi porodice za električnom energijom.

Danas postoji veliki broj različitih tipova merno-informacionih sistema čija je osnovna funkcija kontinualno praćenje i arhiviranje merenih vrednosti. Praćenje pomaže da se identifikuje uređaj koji je bespotrebno uključen, može se detektovati prekomerna potrošnja, takođe korisnik ima uvid u pojedinačnu potrošnju uređaja, odnosno, koji uređaj je dugoročno najveći potrošač, koji uređaj trenutno najviše doprinosi prekomernoj potrošnji. Sistemi mogu biti složeniji i napredniji, mogu imati odgovor na prekomernu potrošnju, na primer automatsko isključenje uređaja ili alarmiranje korisnika slanjem obaveštenja o datom uređaju.

U ponudi do sada ima više tipova uređaja koji na prate potrošnju električne energije.

Prvi tip je uređaj koji prati potrošnju samo na jednom potrošaču, odnosno na jednoj utičnici na koju je vezan potrošač [1]. Na slici 1. je prikazan jedan od uređaja ovog tipa dostupan na tržištu. Ovim uređajem vizuelno se može očitati trenutna snaga koju potrošač povlači i ukupna energija koja se utroši tokom vremena merenja. Uređaj nakon 24 sata rada briše sve do tada izmerene vrednosti i počinje novo merenje.



Slika 1. Prvi tip merača

Na slici 2. prikazan je drugi tip merača koji karakteriše trenutno i ukupno merenje električne energije na uređaju u vremenskom periodu od 40 dana. Uređaj jednovremeno registruje ukupnu utrošenu električnu energiju priključenog potrošača i pamti izmerene podatke sve vreme merenja, zapisani podaci su zaštićeni od nestanka struje u EEPROM memoriji. [2]



Slika 2. Drugi tip merača

Treći tip merača omogućava potpun monitoring i detaljnu sliku o ukupnoj potrošnji električne energije u domaćinstvu [3]. Jedna vrsta ovog merača prikazana je na slici 3. Merenje se sprovodi u samoj razvodnoj kutiji za svaki osigurač posebno. Izmerene vrednosti se šalju uređaju na kome se arhiviraju, obrađuju i prikazuju izmereni rezultati. Izmerene vrednosti se šalju bežično. Ovi uređaji mogu još detaljnije i pažljivije pratiti potrošnju, ako se dodaju instrumenti prvog tipa, koji mere potrošnju na nivou jedne utičnice ili uređaja. Ovako dobijene merne vrednosti se određenom vrstom komunikacije šalju računaru koji prihvata podatke sa formirane mreže potrošača. Na ovaj način moguće je prikazati potrošnju na jednostavniji i razumljiviji način, a samim tim i lakše doći do načina za uštedu električne energije.

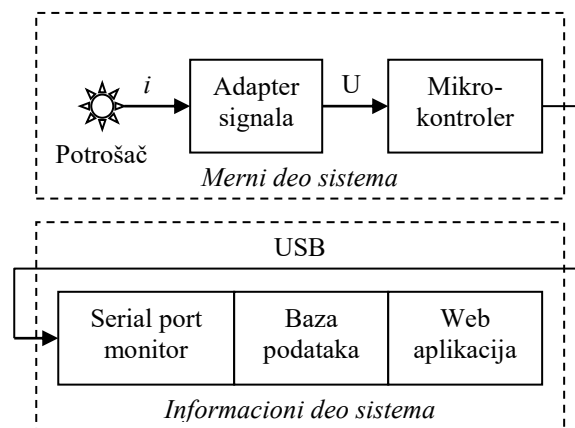


Slika 3. Treći tip merača

Sistem koji će u nastavku teksta biti opisan predstavlja unapređenu vrstu trećeg tipa merača.

3. HARDVERSKA REALIZACIJA

Hardver se sastoji iz dve grupe elemenata od kojih jedna predstavlja merni deo sistema, druga informacioni, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Blok šema sistema

Merni sistem se sastoji iz mernih modula i adaptera. Informacioni sistem čini komunikacioni modul i računar sa pratećim softverom. Zadatak informacionog sistema je prijem, obrada i arhiviranje svih informacija prikupljenih pomoću mernog modula.

Jačina struje se meri bez prekidanja strujnog kola. Deo sistema namenjen merenju jačine struje sastoji se iz dva dela. Prvi deo je kalem sa feritnim jezgrom, drugi je adapter signala sa ovog kalema. Ako se oko provodnika kroz koji protiče struja stavi kalem, na krajevima kalema javlja se napon koji je proporcijalan struji koja protiče kroz provodnik. Izmereni naizmenični napon konvertuje se u jednosmerni napon odgovarajućeg nivoa. U eksperimentu je korišćen merač firme MIKROREM oznake MM-ELBV-3.

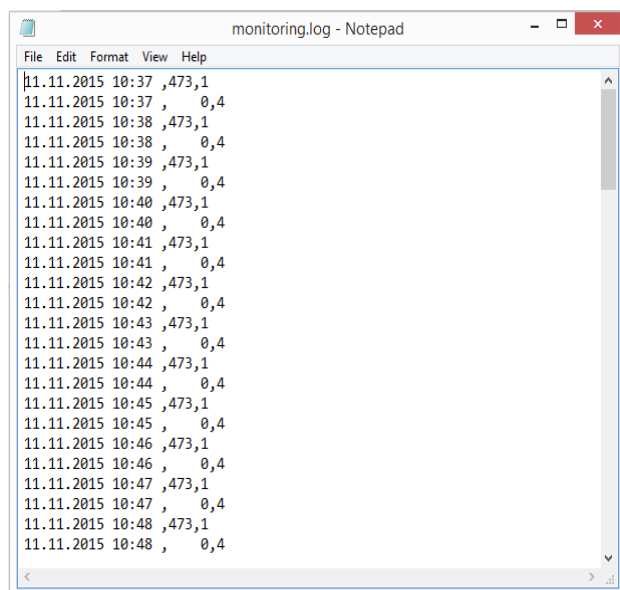
Prilagođeni napon sa adaptera se vodi na ulazni pin A/D konverora mikrokontrolera. U radu je korišćen mikrokontroler Atmega16 [4] na Ready for AVR Board ploči [5]. Softver korišćen za pisanje koda za mikrokontroler je programski paket mikroC PRO for AVR.

Atmega16 je 8-bitni mikrokontroler visokih performansi i male potrošnje, zasnovan na RISC arhitekturi, koji poseduje 16kB programibilne flash memorije, 1kB SRAM, 512B EEPROM, 8-kanalni i 10-kanalni A/D konvertor. Mikrokontroler radi na 16MHz i koristi napon napajanja od 5V.

U ovom sistemu mikrokontroler je zadužen da vrednost jednosmernog napona, koja odgovara jačini struje potrošača, preko RS232toUSB adaptera pošalje računaru. Na konkretnom primeru za slanje podaka korišćen je FTDI232 serijski komunikacioni interfejs na USB. Kontroler koristi dve linije, jednu za predaju TX, i jednu za prijem RX, takozvani null modem, bez *handshake* i provere parnosti brzinom od 19200 Baud-a.

4. PRENOS I KORIŠĆENJE PODATAKA

Podatke poslate sa mikrokontrolera na virtualni serijski port prihvata softverska aplikacija Serial monitor i smešta ih u log fajl.



Slika 5. Grafički prikaz rezultata

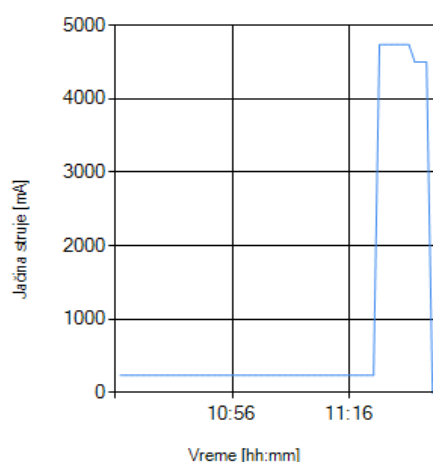
Na slici 5. prikazan je izgled log fajla sa podacima. Zapis koji se prosleđuje sadrži nekoliko informacija. Na početku se upisuju datum i vreme, zatim jačina struje izmerena na određenom potrošaču, dok poslednji broj označava ID potrošača. U primeru sa slike iz prvog reda čitamo datum kada je izmerena jačina struje 11.11.2015. zatim vreme 10:37, izmerena jačina struje je 473mA, na potrošaču čiji je ID 1 što je sijalica. U sledećem redu je zapisana potrošnja za isti datum i u isto vreme za drugi potrošač, u ovom slučaju bojler, koji je u tom trenutku bio isključen.

Merenje i snimanje podataka za svaki uređaj se radi na jedan minut.

Podaci iz log fajla se zatim pohranjuju u bazu podataka. U radu je korišćen *Microsoft SQL Server 2008* sistem za upravljenje bazama podataka. Pregled rezultata potrošnje električne energije prikazuje *Web aplikacija*. Softver korišćen za izradu web aplikacije je *Microsoft Visual Studio 2010*. Novi podaci se unose u bazu pri svakom pokretanju aplikacije, čime se obezbeđuje ažurnost prikazanih podataka.

5. REZULTATI EKSPERIMENTA

Sistem je testiran na primeru prostorije u kojoj se nalaze dva uređaja, bojler i sijalica. Merene su vrednosti trenutne jačine struje na potrošačima u trajanju od 24 sata.

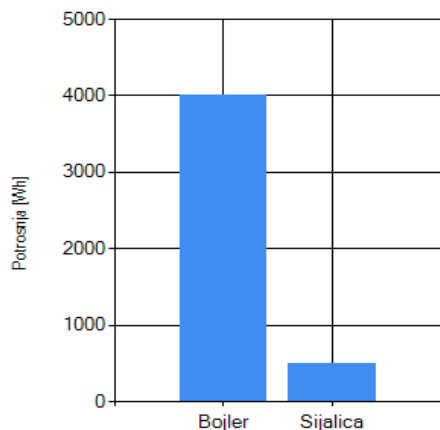


Slika 6. Prikaz jačine struje tokom vremena

Na slici 6. prikazana je jačina struje tokom jednog sata na oba potrošača zbirno. Skokovi na grafiku pokazuju trenutak uključanja odnosno isključenja potrošača.

Na početku uključen je samo manji potrošač odnosno sijalica, a zatim sledi skok u trenutku uključanja drugog potrošača. Naredna promena je mali pad ukupne jačine struje u trenutku isključenja sijalice, nakon čega sledi isključenje i drugog većeg potrošača.

Na ovaj način moguće je u realnom vremenu pratiti promene i steći uvid u kritične delove dana, kada je potrošnja najveća.



Slika 7. Prikaz ukupne dnevne potrošnje po uređajima

Sa slike 7. se može videti odnos potrošnje na dnevnom nivou. Posebnu pažnju treba obratiti na nekoliko činjenica. Bojler ima snagu od 2000W, ali u toku dana radi prosečno dva sata, pa je potrošnja oko 4kWh. Snaga sijalice je 100W njena dnevna iskorišćenost je oko 6 sati što je ukupno 0,6kWh. Iz ovog primera bi se moglo zaključiti da je bojler višestruko veći potrošač električne energije. Međutim, kada se pogleda malo šire, prosečan broj sijalica u stanu je deset, što nas dovodi do podatka da osvetljenje potroši čak 6kWh odnosno 2kWh više od bojlera za jedan dan.

U ovom primeru je dato jedno uopšteno poređenje dva potrošača u kućnom domaćinstvu. Nadzorom nad svim potrošačima na dužim vremenskim intervalima, bi se mogla napraviti i razna druga poređenja koja bi prvenstveno ukazivala na najveće potrošače u domaćinstvu, ali i mogućnosti za uštedu električne energije.

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada je ukazivanje na važnost sistema za praćenje i prikazivanje potrošnje električne energije u realnom

vremenu. Ovi sistemi podstiču korisnike na štednju i na efikasno raspolaganje električnom energijom.

U radu je realizovan sistem za merenje i prikaz potrošnje električne energije. Ovaj sistem sadrži merni deo koji je sastavljen iz feritnog jezgra, adaptera signala koji stiže sa feritnog jezgra i mikrokontrolera koji je programiran da podatke primi i prosledi računaru. Drugi deo ovog sistema je informacioni, predstavlja ga računar na kom se prihvataju, obrađuju i prikazuju rezultati merenja.

Dalji rad na ovom sistemu bi podrazumevao odabir odgovarajuće komunikacije samog sistema sa računarem u zavisnosti od prostora u kom bi se primenjivao, kao i mogućnost da se sistemu prepusti odlučivanje o upotrebi pojedinih potrošača, na primer uključivanje bojlera kada je struja jeftinija i samo po potrebi.

LITERATURA

- [1] Merač potrošnje PM001, Elementa Webshop [Internet] Dostupno na : <http://www.elementa.rs/proizvod/52018/merac-potrosnje> Pristupljeno 12.01.2016.
- [2] Merač potrošnje struje BX11, Preduzeće Rovex Inženjering d.o.o [Internet] Dostupno na: <http://www.rovex.rs/meraci/bx11.html> Pristupljeno 12.01.2016.
- [3] OWL mikro merač potrošnje struje, Preduzeće Rovex Inženjering d.o.o [Internet] Dostupno na: <http://rovex-grejanje.com/903010-owl-micro-merac-potrosnje-struje> Pristupljeno 12.01.2016.
- [4] Atmel™, 8-bit AVR® Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash Atmega16, 2008.
- [5] MikroElektronika™, ReadyAVR User's Manual, 2011.
- [6] Introduction to Microcontrollers, Gunther Gridling, Bettina Weiss, 2007.

METODA DOBIJANJA CILJANE SPEKTRALNE RASPODELE SVETLOSNOG ZRAČENJA IZ VIŠESTRUKIH SVETLOSNIH IZVORA

METHOD OF OBTAINING TARGETED SPECTRAL DISTRIBUTION OF LIGHT EMISSION FROM MULTIPLE LIGHT SOURCES

Milentije Luković¹, Ivan Belča², Vanja Luković¹, Miloš Vičić²

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak¹

Fizički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Studentski trg 12-16, 11000 Beograd, Srbija²

Sadržaj – U ovom radu je izloženo algoritamsko rešenje za regulisanje intenziteta emitovanja svetlosti višestrukih svetlosnih izvora u cilju dobijanja optimalnog sumarnog intenziteta njihovog zračenja. Prikazano algoritamsko rešenje je moguće primeniti i u procesu izbora odgovarajućih LED izvora pri tehničkoj realizaciji kalibracionog izvora. Sa njim se obezbeđuju potrebni podaci za analizu rezultujućih intenziteta svetlosti izabrane grupe dioda, kao i njihovog odstupanja od ciljane spektralne raspodele u spektralnoj širini zadatog opsega.

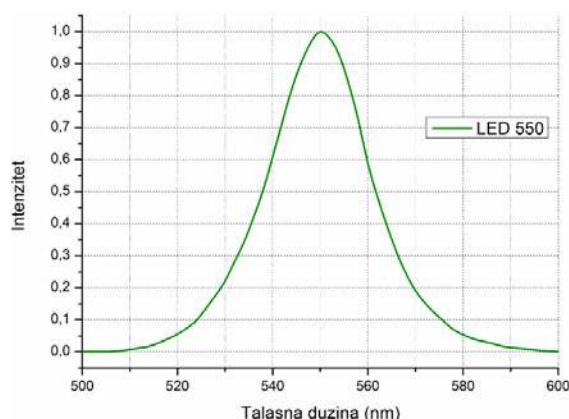
Abstract - In this paper is presented a algorithmic solution to regulate the intensity of light emission of multiple light sources in order to obtain optimal summary intensity of their radiation. Displayed algorithmic solution can be applied in the process of selection of suitable LEDs in the technical realization of the calibration source. With him we can obtain the necessary data for analyzing the resulting light intensity of selected group of LEDs, as well as their deviations from the target spectral distribution in a given spectral bandwidth.

1. UVOD

U ovom radu je predstavljeno algoritamsko rešenje za proračun doprinosa intenziteta emitovanja svetlosti višestrukih svetlosnih izvora, u cilju dobijanja željenog sumarnog spektra njihovog zračenja. Izvori svetlosti konstruisani na ovom principu imaju mogućnosti stvaranja različitih oblika spektralnih raspodela, imitirajući na taj način različite svetlosne izvore koji se obično odnose na vidljivi deo spektra [1]–[3]. Za svetlosne izvore u ovom radu uzete su LED (Light Emitting Diodes), mada je algoritam primenjiv i na bilo koje druge svetlosne izvore.

Osnovni problem se sastoji u pronalaženju intenziteta na kojima treba da zrače odabrane LED u zadatoj spektralnoj širini opsega, tako da njihov sumarni intenzitet što približnije odgovara nekom traženom spektralnom profilu krive [4], [5]. Kao elementarne izvore zračenja koristimo niz LED sa spektralnom raspodelom intenziteta SPD (Spectral Power Distribution) koja u najvećoj meri odgovara relativno uskim profilima Gauss-ovog tipa (slika 1). Doprinos svake pojedinačne LED u sumarnom intenzitetu kontroliše se jačinom struje kroz nju i sa matematičke tačke gledišta može se predstaviti kao proizvod SPD svake pojedinačne diode i koeficijenta,

čija je vrednost nepoznata i koju je potrebno odrediti. Vrednost koeficijenta je srazmerna intenzitetu struje koja prolazi kroz pojedinačne diode.



Slika 1. Spektralna raspodela intenziteta LED diode sa pikom na 550nm u spektralnoj širini od 500 - 600nm

U tom cilju u radu je prikazano algoritamsko programsko rešenje zasnovano na nalaženju najbolje varijacije koeficijenta za regulaciju jačine struje kroz svaku pojedinačnu LED diodu kalibracionog izvora, radi dobijanja što približnije SPD ukupnog intenziteta zračenja svetlosti LED. Drugi deo zadatka koji nije predmet ovog rada bio bi fizička materijalizacija LED izvora koji daje različita simulirana zračenja.

2. METOD REALIZACIJE ALGORITAMSKOG REŠENJA

Dakle matematički problem koji ovde rešavamo je pronalaženje koeficijenta koji predstavljaju doprinos pojedinačnih dioda u ukupnom zračenju izvora, da bi njegov spektralni profil što bolje odgovarao zahtevanom. Navedeni problem nalaženja koeficijenta bi se u linearnoj algebri sveo na rešavanje m jednačina sa n nepoznatih koeficijenta a_1, a_2, \dots, a_n (1).

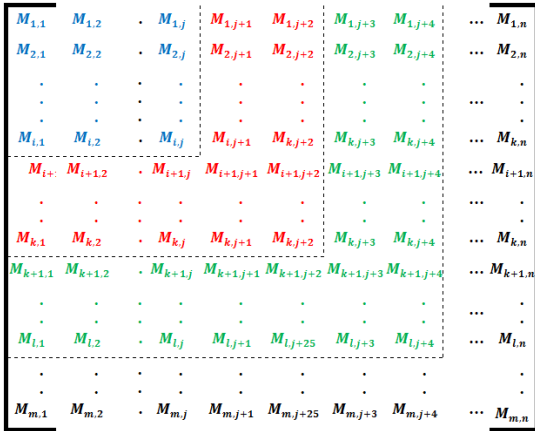
$$a_1 M_{11} + a_2 M_{12} + \dots + a_n M_{1n} = I_1$$

$$a_1 M_{21} + a_2 M_{22} + \dots + a_n M_{2n} = I_2 \quad (1)$$

$$a_1 M_{m1} + a_2 M_{m2} + \dots + a_n M_{mn} = I_m$$

Pri tome bi intenziteti emitovanja svetlosti LED bili predstavljeni matricom M , izdvojenom iz tabele na slici 2. Njene dimenzije zavise od broja odabranih dioda n

(kolone matrice) i odabrane spektralne širine opsega m (vrste matrice). Element M_{ij} matrice M predstavlja spektralni doprinos i -te diode na j -toj talasnoj dužini. Dakle, matrica intenziteta emitovanja svetlosti LED M je pravougaona matrica čije su dimenzije $m \times n$.



Slika 2. Matrica intenziteta emitovanja n različitih LED dioda u zavisnosti od talasne dužine predstavljene u vrstama m

S obzirom da u ovakvoj postavci matematičkog problema imamo mnogo više jednačina nego nepoznatih, sistem je preodređen. Takav sistem nema jedinstveno rešenje, pa je zbog toga potrebno dozvoliti mala odstupanja u ciljanim intenzitetima pri čemu treba da se zadovolje određeni kriterijumi. U našem pristupu pronalaze se sve varijacije koeficijenata a_1, a_2, \dots, a_n u zadanom očekivanom opsegu, pri čemu se za svaku nađenu varijaciju izračunava i pamti vrednost standardne devijacije odstupanja sumarnog intenziteta zračenja dioda I_1, I_2, \dots, I_m od ciljnog sumarnog intenziteta. U programu se naposljetku izdvaja ona varijacija koeficijenata, koja daje minimalno odstupanje spektralne raspodele LED dioda od ciljanog spektralne raspodele. Rešenja se prikazuju tabelarno i grafički. U daljem tekstu sledi detaljan opis ovog algoritamskog programskog rešenja.

Na početku ovog algoritamskog programskog rešenja (slika 3) predviđeno je da se navede ukupan broj dioda n i LED diode sa liste raspoloživih dioda (L_1, L_2, \dots, L_n) koje je potrebno iskoristiti u kalibracionom izvoru. Takođe, potrebno je precizirati spektralni opseg od donje (λ_{min}) do gornje granice spektra (λ_{max}) u nanometrima (nm), u kojoj je se traži profil krive sumarnog intenziteta spektralne raspodele zračenja za izabranu grupu dioda. Na osnovu ovih unetih podataka i raspoložive tabele intenziteta dioda formira se matrica početnih intenziteta $M(m, n)$, pri čemu je m broj vrsta ($m = \lambda_{max} - \lambda_{min}$), a n broj kolona ove matrice koji odgovara broju zadatih dioda.

U algoritamskom rešenju je dalje predviđena mogućnost unosa donje (dg_a) i gornje granice (gg_a) raspona koeficijenata u skladu sa potrebama i tehničkim mogućnostima svetlosnog izvora. Pod pretpostavkom da izdvojene diode zrače sličnim intenzitetima i s obzirom na tehnička ograničenja pri izradi našeg spektralnog izvora, moguće vrednosti koeficijenata se kreću u opsegu od 0 do

3. Naime, tehnička ograničenja nam ne dozvoljavaju da koristimo više od po 3 LED diode sa istom spektralnom raspodelom krive, tj. sa pikom na istoj talasnoj dužini. To znači da ukoliko se za neku LED dobije vrednost koeficijenta 3, u tehničkoj realizaciji je potrebno upotrebiti 3 takve LED, koje zrače svaka sa po 100% intenziteta.

Ako sa N označimo ukupan broj različitih vrednosti, koje mogu imati pojedinačni koeficijenti a_1, a_2, \dots, a_n , tada ukupan broj varijacija sa ponavljanjem koeficijenata u zadanom intervalu $[dg_a, gg_a]$ iznosi:

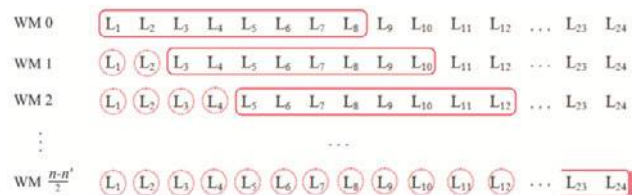
$$Var = N^n \quad (2)$$

Da bi pronalaženje najoptimalnije varijacije koeficijenata bilo izvodljivo, potrebno je na neki način redukovati njihov broj. Posle više različitih pokušaja za redukciju broja varijacija došli smo do zaključka da bi trebalo najpre smanjiti broj mogućih vrednosti koeficijenata N , a istovremeno naći način da se smanji i broj dioda koje se istovremeno uzimaju obzir u proceduri traženja n .

Prvi zahtev smo rešili iterativnim postupkom u kome je $N = 3$ fiksirano, pri čemu se interval i rezolucija traženja istovremeno smanjuju. Drugi zahtev smo rešili tako što smo od n dioda (poređanih po rastućim talasnim dužinama) koje pokrivaju zadati spektralni interval, uzeli samo prvih n' dioda i proračunavali koeficijente samo u ovom prozoru od n' dioda (slika 4). Nakon pronalaženja najboljih koeficijenata za koeficijente u prozoru tj. za $WM = 0$ sledeće pomeranje prozora ($WM = WM + 1$) se vrši za dva mesta udesno. Postupak se ponavlja za novi skup od n' dioda, kojima se pridružuje ukupno $2 \cdot WM$ početnih najboljih koeficijenata iz prethodnog pomeranja prozora. To znači da matrica M' ima $n' + 2 \cdot WM$ kolona. Broj vrsta u matrici m' se izračunava prema (4), pri čemu $\lambda'_{max}(n' + 2 \cdot WM)$ predstavlja talasnu dužinu, koja odgovara talasnoj dužini na kojoj zrači krajnja dioda u koloni $n' + 2 \cdot WM$. Sa leve strane prozora ostaju izračunati koeficijenti. Postupak se ponavlja dok ne dođemo do proračuna i poslednjeg koeficijenta (LED sa najvećom talasnom dužinom) tj. dok broj pomeranja prozora ne dostigne vrednost koja je data u (3).

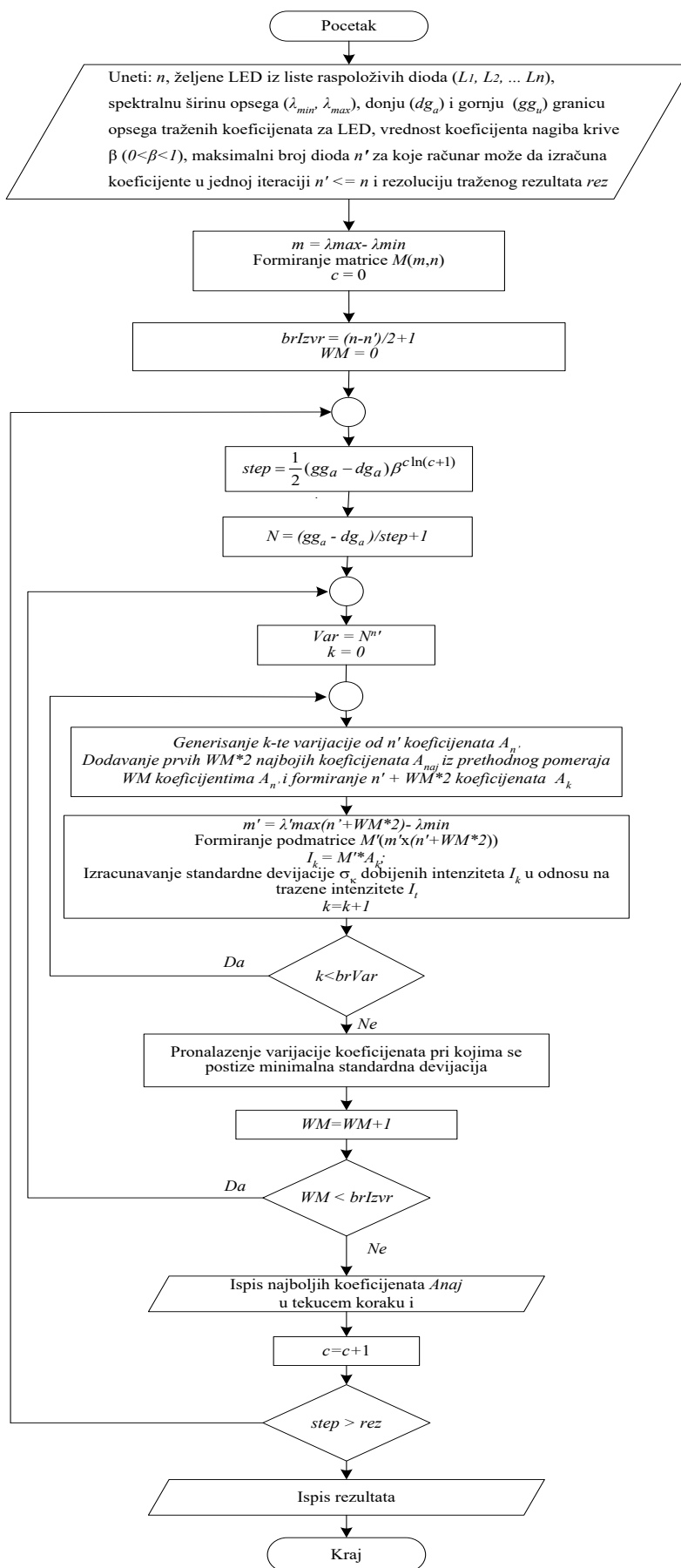
$$brIzv = (n - n') / 2 + 1 \quad (3)$$

$$m' = \lambda'_{max}(n' + 2 \cdot WM) - \lambda_{min} \quad (4)$$



Slika 4. Pomeranje prozora (windows movement-WM) prilikom izračunavanja koeficijenata za $n = 24$ i $n' = 8$ LED u toku jednog iteracionog postupka

Postupak za izračunavanje koeficijenata za diode u prozoru je sledeći. U svakom koraku tri vrednosti



Slika 3. Algoritam optimizacije intenziteta emitovanja svetlosti LED korišćenjem stepene logaritamske funkcije

koeficijenta ($N = 3$) za određenu diodu su: granice intervala i sredina intervala u kome tražimo koeficijente. Za prvu iteraciju, odnosno ciklus ($c = 0$) one su date u (5) i predstavljaju: donju granicu (dg_a), gornju granicu (gg_a) i njihovu aritmetičku sredinu.

$$a_{i,c} \in \left(dg_a ; \frac{gg_a - dg_a}{2} ; gg_a \right) \quad (5)$$

Jednu od svih 3^n varijacija koeficijenata za svaku LED od n' u prozoru u svakoj iteraciji biramo tako da dobijemo najmanje minimalno odstupanje intenziteta I_1, I_2, \dots, I_m od ciljnih intenziteta $I_{T1}, I_{T2}, \dots, I_{Tm}$. Za svaku varijaciju koeficijenata kao kriterijum minimalnog odstupanja koji je primenjivan u cilju procene SPD spektra LEDs u odnosu na ciljani SPD, korišćena je standardna devijacija σ_{min} prema (6).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=0}^m (I_i - I_{Ti})^2} \quad (6)$$

U sledećem ciklusu oko svake izabrane vrednosti koeficijenta odaberemo manji interval (*step*) prema (7) u kome tražimo tačniju vrednost koeficijenata, pri čemu je $f(c)$ funkcija koja zavisi od rednog broja ciklusa c .

$$step = \frac{1}{2} (gg_a - dg_a) f(c) \quad (7)$$

Odabir širine intervala *step* je presudan za konvergenciju rezultata (odnosno zadatoj rezoluciji *rez*), s obzirom da se ciklus izvršava sve dokle se ne ostvari da vrednost intervala *step* ne bude manja ili jednaka traženoj rezoluciji *rez*. Ukoliko odaberemo preuzak interval može se desiti da se stvarna vrednost koeficijenta nađe izvan njega, a ukoliko je smanjenje intervala suviše malo biće potreban veliki broj iterativnih izračunavanja da bi se postigla željena rezolucija *rez* i došlo do konačnog rešenja.

U pronalaženju načina za sistematsko smanjivanje intervala testirali smo veliki broj različitih funkcija, pri čemu je najbolji rezultat dala funkcija u (8).

$$f(c) = \beta^{\ln(c+1)} \quad (8)$$

Na osnovu toga širina intervala u kome tražimo vrednost koeficijenta u svakoj iteraciji umesto sa (7), može se predstaviti sa (9).

$$step = \frac{1}{2} (gg_a - dg_a) \beta^{\ln(c+1)} \quad (9)$$

Nakon pronalaženja najbolje varijacije koeficijenata u početnoj iteraciji za $c = 0$, nadalje se za iteracije $c \geq 1$, vrši pronalaženje najboljih koeficijenata prema postupku, koji je istovetan postupku za početni korak. Razlika je samo u tome što se sada moguće vrednosti koeficijenata $a_{i,c}$ izračunavaju tako da uzimaju jednu od tri moguće vrednosti iz skupa koji je dat u (10). Jedini uslov koji pri tome treba da bude ispunjen je da koeficijenti u prethodnoj $c-1$ iteraciji ispunjavaju uslov $dg_a < a_{i,c-1} < gg_a$. Ukoliko koeficijenti u prethodnoj $c-1$ iteraciji ispunjavaju uslov $a_{i,c-1} \leq dg_a$ onda koeficijenti $a_{i,c}$ u $c-$

toj iteraciji uzimaju jednu od moguće tri vrednosti iz skupa koji je dat u (11). Ako koeficijenti u prethodnoj $c-1$ iteraciji ispunjavaju uslov $a_{i,c-1} \geq gg_a$ onda koeficijenti $a_{i,c}$ u c -toj iteraciji uzimaju jednu od moguće tri vrednosti iz skupa, koji je dat u (12). Kao što je već napomenuto, interval traženja koeficijenata smanjuje se povećanjem broja ciklusa c , sve dok se ne postigne zadata rezolucija *rez* ili u krajnjem slučaju do ispunjavanja uslova da je najbolja moguća varijacija koeficijenata u c -toj iteraciji ($c \geq 1$) identična sa najboljom mogućom varijacijom koeficijenata u prethodnoj $c-1$ iteraciji. Na ovaj način se postiže da se potencijalna vrednost koeficijenata uvek zadržava unutar širine intervala omeđenog funkcijom (9).

$$a_{i,c} \in \left\{ \begin{array}{l} a_{i,c-1} - step; \\ a_{i,c-1}; \\ a_{i,c-1} + step \end{array} \right\} \quad (10)$$

$$a_{i,c} \in \left\{ \begin{array}{l} dg_a; \\ dg_a + step; \\ dg_a + 2 \cdot step \end{array} \right\} \quad (11)$$

$$a_{i,c} \in \left\{ \begin{array}{l} gg_a; \\ gg_a - step; \\ gg_a - 2 \cdot step \end{array} \right\} \quad (12)$$

S obzirom da je u [5], [6] korišćen parametar p , koji daje grubu procenu spektralnog poklapanja i izračunava se prema (13), to je i u našem algoritamskom rešenju uz parametar σ i on uzet kao dodatni parametar u cilju procene SPD spektra LEDs u odnosu na ciljani SPD. Parametar p predstavlja odnos sume apsolutne razlike između dobijene i ciljane SPD izvora, i sume ciljane SPD izvora. Na ovaj način, koeficijenti pri kojima je postignuta minimalna standardna devijacija σ_{min} , odnosno p_{min} predstavljaju *najbolju moguću varijaciju koeficijenata* za početnih n' izabranih dioda.

$$p = \frac{\sum_{\lambda=380}^{780} \left| \sum_{i=1}^n k_i^{j-1} S_{LED_i}(\lambda) - S_{TARGET}(\lambda) \right|}{\sum_{\lambda=380}^{780} S_{TARGET}(\lambda)} \quad (13)$$

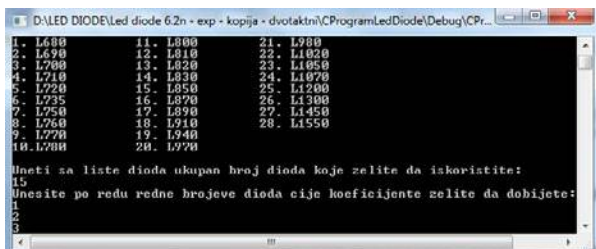
Na opisani način se u poslednjem koraku dobija *najbolja varijacija od n koeficijenata* (pri čemu n odgovara ukupno zadatom početnom broju dioda), koji se zajedno sa svim ostalim izlaznim rezultatima prikazuju u formi izveštaja korišćenog programskog okruženja, koje je opisano u narednom poglavlju.

3. DOBIJENI REZULTATI SIMULACIJE, PROVERA I ANALIZA

Opisano algoritamsko rešenje je realizovano u programskom jeziku C u okviru konzolne aplikacije *Microsoft Visual Studio* programskog okruženja.

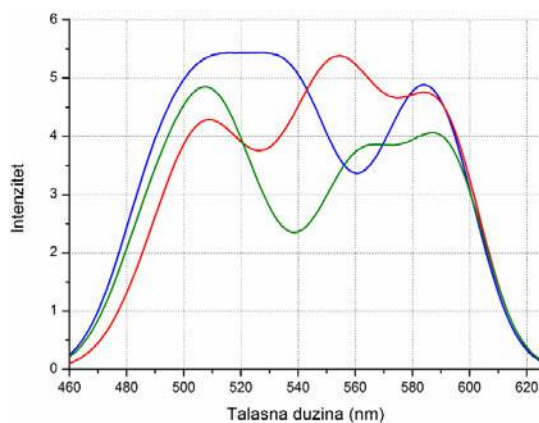
Najbolji koeficijenti, minimalna a standardna devijacija (σ_{min}), srednja vrednost dobijenih intenziteta (*Isr*), maksimalno odstupanje (*maxDev*), kao i parametar p se za različite korake traženja *step* prikazuju na ekranu monitora i upisuju u tekstualne fajlove. U okviru aplikacione forme programskog okruženja *Microsoft*

Visual Studio u programskom jeziku C# vrši se čitanje generisanih tekstualnih fajlova, radi grafičke predstave i prikaza rezultata u formi izveštaja za štampanje. Grafička predstava dobijenih rezultata izvršena je korišćenjem *ZedGraph* biblioteke klasa, namenjenih za grafičku vizualizaciju [7]–[9].



Slika 5. Konzolna aplikacija algoritamskog rešenja dobijanja ciljane spektralne raspodele LED dioda

Prikazano algoritamsko rešenje je testirano korišćenjem Monte Karlo simulacija [10]–[12] u kojima je kao izvor slučajnih brojeva korišćen Mersenne Twister generator [13]. Oblik krive ciljane SPD ukupnog intenziteta emitovanja svetlosti LED za koju je bilo potrebno izvršiti proveru našeg algoritma dobijao se nasumično, korišćenjem pomenutog generator slučajnih brojeva. U našim simulacijama koristili smo 10 LED sa spektralnim profilima koji odgovaraju Gauss-ovim raspodelama koje najpribližnije odgovaraju profilima krivih realnih LEDs. Za rastojanje između pikova dioda uzeli smo da iznosi 20nm. Takođe, za svaku izabranu diodu nasumično se izabiraju i spektralne poluširine dioda (Full Width at Half Maximum-FWHM) koje se kreću u intervalu od 20nm do 40nm. Dakle FWHM kao i vrednost koeficijenata a_1, a_2, \dots, a_{10} nasumično su određivani pomoću generatora slučajnih brojeva. Od tako dobijenih SPD svih 10 dioda formirana je matrica M . Množenjem matrice M sa slučajno generisanim koeficijentima a_1, a_2, \dots, a_{10} dobijena je matrica ciljnih intenziteta I_t ukupnog emitovanja svetlosti svih 10 dioda. Na taj način, dobijena kriva ciljnih intenziteta emitovanja svetlosti dioda predstavlja nasumično dobijen profil krive generisan preko Monte Karlo simulacija (slika 6). Cilj testiranja je bio da se utvrdi sa li naše algoritamsko rešenje može da izračuna i sa kojom preciznošću, nasumično odabrane koeficijente a_1, a_2, \dots, a_{10} .



Slika 6. Spektralna raspodela intenziteta nekih od krivih generisanih Monte Karlo simulacijama

Usvojeni granični uslovi za vrednosti koeficijenata, kao što je već napomenuto, određeni su tehničkim mogućnostima izvora i iznose $dg_a = 0$ i $gg_a = 3$. Nakon 10000 simulacija utvrđeno je da postojeće algoritamsko rešenje izuzetno dobro pronalazi sve pomenute koeficijente. Naime, svi koeficijenti u svih 10000 simulacija (što iznosi ukupno $10000 \times 10 = 10^5$ generisanih i izračunatih koeficijenata) određeni su sa 100% tačnošću do na treću decimalu. Jedan od bitnih činilaca za ovu vrstu testiranja predstavlja i odnos između FWHM i razmaka između pikova dioda. Za ovu vrstu testiranja odnos FWHM i razmaka između pikova dioda kretao se u intervalu od 1 do 2.

Drugi korak testiranja algoritma sastojao se u tome da se utvrdi granična vrednosti za koje algoritam uspešno pronalazi rešenja. Podaci koji su dobijeni na osnovu 10000 izvršenih simulacija prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati na 10 000 izvršenih simulacija

Količnik FWHM i razmaka između pikova susednih LED	Stepen poklapanja generisanih i dobijenih koeficijenata (%)
1	100
2	100
2,3	100
2,32	99,2
2,34	99,48
2,35	98,96
2,4	<90

Iz table 1 se može zaključiti da ovaj metod optimizacije uspešno pronalazi sva rešenja koeficijenata za Gauss-ov profil krive i za pomenute granice koeficijenata sve dok je količnik FWHM i razmaka između pikova LED dioda manji od 2,32.

4. ZAKLJUČAK

Osnovna primena opisanog algoritamskog rešenja je za regulisanje intenziteta LED u integracionoj sferi koja bi se koristila kao spektralni izvor svetlosti za kalibraciona merenja. Ovako dobijen izvor svetlosti zajedno sa prikazanim algoritamskim rešenjem bio bi spektralno podesiv za različite SPD, i po potrebi u različitim spektralnim opsezima.

Prikazanim algoritamskim rešenjem moguće je podešavati i brzinu konvergencije ka rezultatu, menjanjem vrednosti parametra β . Na taj način može se uticati na vreme izračunavanja koeficijenata, na uštrb tačnost rezultata. To može biti od koristi u simulacijama u realnom vremenu u toku rada spektralnog izvora u cilju održavanja konstantnog SPD izvora.

Algoritam je primenjiv i na drugim izvorim svetlosti, kao i kod različitih fizičkih sistema kod kojih je potrebno izvršiti optimizaciona izračunavanja.

LITERATURA

- [1] H. Ries, I. Leike, and J. Muschaweck, "Optimized additive mixing of colored light-emitting diode sources," *Opt. Eng.*, vol. 43, no. 7, pp. 1531–1536, 2004.
- [2] A. Wenger, T. Hawkins, and P. Debevec, "Optimizing Color Matching in Lighting Reproduction System for Complex Subject and Illuminant Spectra," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2003, pp. 249–259.
- [3] I. Fryc, S. W. Brown, G. P. Eppeldauer, and Y. Ohno, "A Spectrally Tunable Solid-State Source for Radiometric, Photometric and Colorimetric Applications," in *Optical Science and Technology, the SPIE 49th Annual Meeting*, 2004, pp. 150–159.
- [4] S. W. Brown, C. Santana, and G. P. Eppeldauer, "Development of a tunable LED-based colorimetric source," *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.*, vol. 107, no. 4, pp. 363–371, 2002.
- [5] I. Fryc, S. W. Brown, and Y. Ohno, "Spectral matching with an LED-based spectrally tunable light source," in *Fifth International Conference on Solid State Lighting*, 2005, pp. 300–308.
- [6] S. W. Brown, J. P. Rice, J. E. Neira, B. C. Johnson, and J. D. Jackson, "Spectrally Tunable Sources for Advanced Radiometric Applications," *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, vol. 111. p. 401, 2006.
- [7] "A flexible charting library for .NET - CodeProject." [Online]. Available: <http://www.codeproject.com/Articles/5431/A-flexible-charting-library-for-NET>. [Accessed: 05-Mar-2014].
- [8] "Zedgraph Resources and Information." [Online]. Available: <http://zedgraph.org/>. [Accessed: 05-Mar-2014].
- [9] "Zedgraph class documentation." [Online]. Available: <http://zedgraph.sourceforge.net/documentation/default.html>. [Accessed: 05-Mar-2014].
- [10] F. James, "Monte Carlo theory and practice," *Reports Prog. Phys.*, vol. 43, no. February, pp. 1145–1189, 1980.
- [11] S. Vukadinović, *Metoda – Monte Karlo*. Saobraćajni Fakultet Univerziteta u Beogradu, 1995.
- [12] S. Savović, *Osnovi Monte Karlo metoda sa primerima primene u nuklearnoj fizici*. PMF Kragujevac, 2003.
- [13] M. Matsumoto and T. Nishimura, "Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator," *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, vol. 8, no. 1. pp. 3–30, 1998.

IMPLEMENTACIJA MODULA ZA EVIDENCIJU I PRAĆENJE RADNIH NALOGA PREDUZEĆA (JOŠ JEDAN SERVISNI MODUL ILI MOŽDA IPAK NEŠTO VIŠE ...)

IMPLEMENTATION OF COMPANY WORKING ORDERS RECORDS (JUST ANOTHER SERVICE MODULE OR PERHAPS EVEN MORE ...)

Sladana Kostić¹, Zoran Jovanović², Dejan Andrejević³
JKP NAISSUS, Niš¹

Sadržaj – Svako ko je na bilo koji način učestvovao u implementaciji ERP (Enterprise resource planning) sistema u preduzeću, zna da se taj proces ne može smatrati kompletnim i zaokruženim bez implementacije modula za **Praćenje i evidenciju radnih naloga**. Ovaj rad se pre svega bavi upravo problemima implementacije i integracije pomenutog modula u postojeće poslovne procese preduzeća, a ne i njegovim razvojnim aspektom koji svakako jeste tema za sebe

Abstract – Everyone in one way or another participated in the implementation of ERP (enterprise resource planning) system in the company, knows that this process can not be regarded as complete and rounded without deploying the module of work orders monitoring and recording. This work primarily deal with the implementation and integration problems of the module into existing business processes of enterprises, and not its developmental aspect that certainly is a topic for itself.

1. UVOD

Ne postoji uspešna realizacija i implementacija ERP sistema bez dobrog sagledavanja postojećih poslovnih procesa i aktivnosti preduzeća. Takođe može se reći da je cilj ERP sistema da omogući integraciju tih procesa i aktivnosti u jedinstveni sistem i samim tim dovede do njihovog lakšeg povezivanja a često i unapređenja.

Poslovni procesi su vezani za rad postojećih organizacionih delova preduzeća, kao što su odeljenja, službe, sektori itd. Struktura organizacionih jedinica preduzeća zavisi od vrste delatnosti, veličine i raznih drugih faktora, a primeri tih organizacionih delova su služba ili sektor finansija, služba koja se bavi pravnim poslovima, tehnikom, opštim poslovima, vozni park itd. U okviru svake od tih organizacionih jedinica odvijaju se poslovni procesi kojima se ona bavi, ali su svi ti poslovni procesi takođe povezani i sa radom ostalih organizacionih delova preduzeća. Uzmimo za primer rad službe (ili sektora) finansija koja se bavi finansijskim aspektom poslova svih ostalih organizacionih delova preduzeća. Jedan od načina kojim služba finansija određuje ukupan finansijski efekat neke poslovne aktivnosti u okviru preduzeća je praćenje svih troškova i prihoda vezanih za tu aktivnost. Dobar primer je praćenje troškova i prihoda radnih naloga službi koje se bave proizvodnjom, tehničkom podrškom, servisiranjem ili pružanjem usluga u ili van preduzeća.

Pojam **radni nalog** nam je u prvom redu poznat i vezuje se za proizvodnju, razne službe koje se bave održavanjem, pružanjem servisnih usluga itd. Pod imenom **putni nalog** koristi se u voznim parkovima. Postoji još dosta primera delatnosti gde iako pod drugim imenom prepoznajemo upotrebu **radnog naloga** kao dokumenta kojim se evidentira i prati angažovana radna snaga, osnovna sredstva, utrošeni materijal i ostali troškovi, kako u finansijskom, tako i smislu praćenja stepena realizacije određenog posla. Ne samo pod drugim nazivom, već i obliku koji nije uvek lako prepoznati, **radni nalog** je u upotrebi i u delatnostima kao što je zdravstvo – **plan lečenja** ili **istorija bolesti** su zapravo primeri radnog naloga kojim se prati tok i ishod ali i troškovi lečenja pacijenata. Nalog za injekciju je primer 'malog' radnog naloga.

Kod planiranja ERP sistema jako je bitno prepoznati sve te raznovrsne 'pojavnne oblike', sličnosti, razlike i međusobnu povezanost procesa koja nije uvek, na prvi pogled, vidljiva, i sve to na pravi način 'ugraditi' u jedinstveni informacioni sistem. Pored različitih 'pojavnih oblika', naročito su bitni i različiti aspekti **radnih naloga**. Pa će tako, ako posmatramo primer rada neke od tehničkih službi, od modula radnih naloga, finasije očekivati evidenciju troškova angažovane radne snage, osnovnih sredstava, materijala, mehanizacije i drugih elemenata kao i mogućnost analize finansijske isplativosti. Tehnika će sa druge strane očekivati mogućnost analize pouzdanosti i efikasnosti ekipa radne snage, mehanizacije i kvaliteta ugrađenih delova, ponavljanja kvarova itd. Upravo ti različiti aspekti bitno utiču na proces **implementacije modula za evidenciju radnih naloga**, kao dela ERP sistema, i njime ćemo se u ovom radu baviti, ukazati na moguće probleme i izazove, ali i na zamke koje se u procesu implementacije kriju i kako ih izbeći, kako naći pravu meru i ravnotežu između potreba i zahteva, kako različitih hijerarhijskih nivoa (od 'najnižih nivoa izvršilaca' do rukovodećih struktura) tako i različitih organizacionih delova preduzeća.

Osvrnucemo se na iskustva u procesu uvođenja **modula za evidenciju radnih naloga** Microsoft - Dynamics NAV ERP sistema, u preduzeću JKP 'Naissus' Niš. Navešćemo konkretne primere i rešenja, kao i probleme sa kojima smo se, ali i one sa kojima se još uvek suočavamo.

2. IMPLEMENTACIJA MODULA EVIDENCIJE RADNIH NALOGA

Kada govorimo o uspešnom uvođenju ERP sistema i njegovoj implementaciji govorimo zapravo o rešenosti i odlučnosti menadžmenta da se suoči i izbori sa problemima koji su često vezani za kvalitet opreme infrastrukture, a ponekad i kvalifikacione strukture zaposlenih preduzeća. Takođe ne retko se nailazi i na otpor neposrednih izvršilaca. Razlozi su često: strah od gubitka radnog mesta, nedostatak informatičke pismenosti, neosposobljenost za manipulaciju raznim softverskim alatima ili naviknutost na postojeća softverska rešenja. Kao što je pomenuto, nedvosmislena podrška rukovodećih struktura procesu implementacije je presudna, ali je jednako važan pravilan pristup osoba zaduženih za implementaciju ERP sistema, bilo da se radi o timovima iz preduzeća ili eksternim timovima. To je upravo onaj deo kome ćemo posvetiti malo više pažnje.

Implementacija složenijih softverskih rešenja je mnogo više od proste instalacije i podešavanja radnog okruženja. Podrazumeva neposredni kontakt sa korisnicima i pored instalacije, obuke zaposlenih za korišćenje novih softverskih modula, donosi informacije o tome koliko su softverska rešenja zaista funkcionalna, ima li mesta za poboljšanja i koje su neophodne dorade sistema. Implementacija ERP sistema najčešće obuhvata sledeće module:

- *Upravljanje finansijama*
- *Prodaja i naplata potraživanja*
- *Nabavka i dugovanja*
- *Magacinsko poslovanje*
- *Kadrovska evidencija*

Radi se o modulima koji pokrivaju najvažnije aspekte poslovanja i njihova uspešna implementacija podrazumeva i uspešnu implementaciju ERP sistema. Ta aktivnost uvek zahteva punu mobilizaciju skoro svih resursa preduzeća, mnogo provedenih prekovremenih sati, vanrednih aktivnosti i dodatnih troškova. Kad se sva ta 'buka' stiša i ceo sistem 'zakotrlja', menadžment, čije je kako smo već istakli, angažovanje u implementaciji bilo presudno, očekuje i veće mogućnosti izveštavanja i analize od uvedenog ERP sistema. Ni preduzeće JKP 'Naissus' nije imalo drugačija nadanja, pa je posle uspešnog uvođenja Microsoft Dynamics NAV ERP sistema i otklanjanja 'dečijih bolesti' u njegovoj inicijalnoj eksploataciji, došlo na red da sistem pokaže svoje potencijale i omogući praćenje troškova, finansijskih efekata i ostalih parametara poslovanja i to po mestu nastanka, vrsti troška, organizacionim celinama, po vrsti angažovanja itd.

JKP 'Naissus' Niš je složeno preduzeće koje se pored osnovne delatnost snabdevanja pijaćom vodom i odvođenjem otpadnih (podrazumeva izgradnju i održavanje vodovodne i kanalizacione mreže) bavi i pružanjem usluga 'trećim licima' i u svom sastavu ima veći broj organizacionih celina koje obezbeđuju njegov nesmetani rad. Bez navođenja konkretne organizacione

strukture preduzeća uz postojeće osnovne delatnosti, svi ostali poslovi se mogu podeliti na :

- Investicioni poslovi (*Investicije*) – odnose se većim delom na izgradnju i proširenje vodovodne i kanalizacione mreže kao i objekata vodosnabdevanja
- Održavanje (*Režija*) postojeće infrastrukturne vodovodne i kanalizacione mreže kao i objekata vodosnabdevanja
- Pružanje raznih usluga iz domena poslovanja preduzeća (*Faktura*)

Glavni zadatak implementacije modula za evidenciju radnih naloga je da obezbedi razne opcije sveobuhvatnog, detaljnog praćenja ukupnog efekta poslovanja upravo ova tri segmenta. Sve navedene vrste poslova su praćene otvaranjem radnih naloga, a primer je dat u prilogu na slici.

Investicija - Radni nalozi se otvaraju i vezani su za gradilišta. Radi se o dugotrajnim i složenim zadacima od posebnog značaja i ti radni nalozi su obično vezani za druge radne, putne i ostale naloge

Režija – Radni nalozi po intervenciji prijave kvarova na mreži. Vezani za rad interventnih ekipa gde su brzina odziva i praćenje efikasnosti, najvažnije.

Faktura - Radni nalozi vezani za usluge i radove koji se pružaju i fakturišu 'trećim licima'

Složenost implementiranog modula *Evidencije radnih naloga* JKP 'Naissus', se iz dosada rečenog, može naslutiti, ali ta složenost sama po sebi nije ono 'nešto više', iz naslova ovog rada, što želimo da istaknemo.

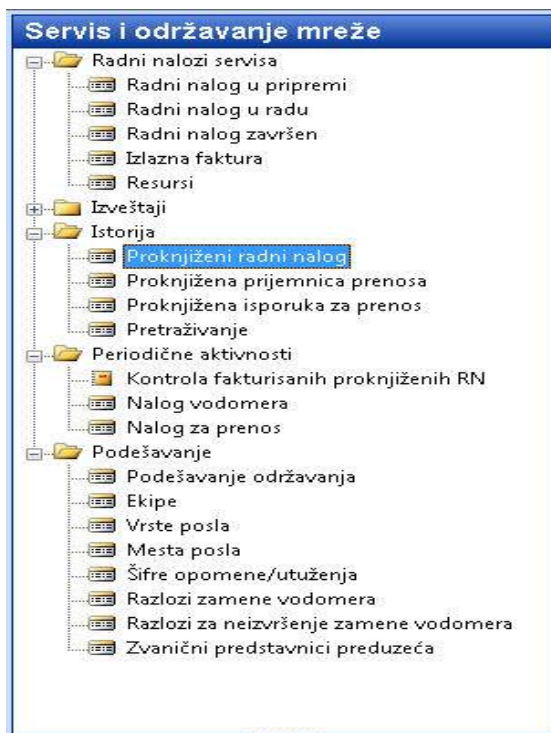
Postoji zapravo dva 'nešto više' kojima ćemo se pozabaviti i oba su vrlo konkretne prirode i važno je da ih svako ko se bude bavio realizacijom ERP sistema u bilo kojoj njegovoj fazi (*projektovanje, razvoj implementacija*), ima u vidu. Prvo 'nešto više', koliko detaljno treba ići i gde podvući crtu. O čemu se konkretno radi? Pa, posle početnih uspeha i prvih rezultata implementacije radnih naloga (a možda još i u fazi projektovanja), javiće se ideja da se praćenje realizacije koje modul obezbeđuje proširi i na odeljenja i službe koje taj način rada i evidenciju do tada nisu imale, a moguće ih je na prvi pogled 'ukalupiti' u postojeći model. To će često

biti produktivno, a ponegde i zaživeti na duži period. Kažemo ponegde, jer tu treba izbeći da se i ovako naporan i složen zadatak implementacije dodatno usložnjava i komplikuje uvođenjem radnih naloga u na primer rad kafe kuhinje. Jedna narudžbina kafe i soka – jedan radni nalog, ko je naručio, šta je potrošeno, ko je, i da li je, realizovao. Priznaćete nije sasvim bez smisla, ali dok se ažuriraju i odštampaju svi radni nalozi - izvri voda i od kafe ništa. Primer je apsurdan, ali je jako bitno da se prepozna dokle treba ići i odupreti se pritiscima za nepotrebnim usložnjavanjem sistema.

Drugo 'nešto više', a to je i svojevrzni zaključak, odnosi se na značaj modula radnih naloga, uopšte. U konkretnom primeru, Microsoft Dynamics NAV ERP sistem preduzeća JKP 'Naissus' Niš, i pre uvođenja modula evidencije radnih naloga, je činio integrisan poslovni sistem, pružao sasvim kvalitetan reporting i proces analize. Uvođenje modula je bila dodata funkcionalnost sistemu, koju je trebalo obezbediti (ionako već predviđena projektnim zadatkom). Interesantan je zaključak, da je po uvođenju ovaj modul dobio ulogu 'srca' sistema i po stepenu integrisanosti u razne organizacione delove preduzeća ostavlja utisak jednog od najvažnijih.

3. REŠENJE EVIDENCIJE RADNIH NALOGA

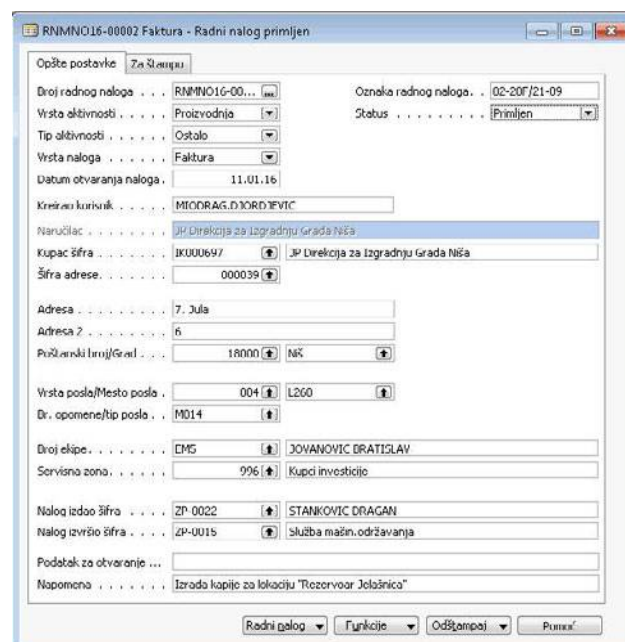
Sam modul evidencije radnih naloga sastoji se od nekoliko celina. Prva od njih, *Radni nalozi servisa* omogućava lansiranje i praćenje svih faza radnih naloga sve do dodeljivanja statusa 'Završen'.



Ostale celine organizovane prema svojim funkcionalnim ulogama *Istorija*, *Izveštaji* i *Periodične aktivnosti*, pružaju mnoštvo izveštaja, obrada i raznih funkcionalnosti sistema. Segment *Podešavanje* sadrži neophodne šifarnike i specifična podešavanja modula.

Prikaz različitih faza radnog naloga demonstriran je na primeru radnog naloga *Službe mašinskog održavanja*. Radi se o pružanju usluge 'trećem licu'. Po završetku radova usluga se fakturiše, tako da je jasno koliko je važno da postoji način za permanentni pregled troškova radne snage, materijala i mehanizacije sa jedne i ostvarenih prihoda po datom radnom nalogu sa druge strane. Ovakav uvid u praćenje realizacije radnog naloga daje mogućnost menadžmentu da na vreme reaguje adekvatnim odlukama i na taj način usmerava dalji tok aktivnosti vezanih za posao koji je označen konkretnim radnim nalogom.

U zavisnosti od vrste radnog naloga razlikuju se i službe koje će kreirati prvi korak u otvaranju radnog naloga. Pa će tako, na primer, *Call centar* po prijavi građana odraditi prijavu kvara *Službi održavanja vodovodne mreže ili Službi održavanja kanalizacione mreže*. Ovakvo generisana prijava kvara je radni nalog službe održavanja sa statusom 'Primljen'. U primeru čijom se analizom bavimo, radni nalog se 'otvara' u *Službi mašinskog održavanja* (popularan je i termin *lansiranje radnog naloga*, naročito u preduzećima koja se bave proizvodnji), definiše se vrsta i mesto troška i naručilac posla. Otvoreni radni nalozi sa statusom 'Primljen', imaju svoj redosled po hronologiji generisanja ili po prioritetima i mogu poslužiti rukovodiocima službi ili odeljenja za planiranje obaveza i rasporeda angažovanja resursa radne snage i resursa mehanizacije, kao i uvid u trenutnu raspoloživost materijala po magacinima a shodno između ostalog i aktivnostima službe nabavke.



Sledeći korak u realizaciji radnih naloga se uvek dešava u službi ili odeljenju zaduženom za njegovu realizaciju. Predstavlja svojevršno aktiviranje radnog naloga. Vezan je za realan početak aktivnosti na realizaciji posla. U ovom slučaju odgovorno lice *Službe mašinskog održavanja*, radni nalog u statusu 'Primljen' dopunjuje

podacima kao što su: vreme početka radova, lice odgovorno za izvršenje i drugim elementima prema potrebi konkretnog posla. Radnom nalogu se dodeljuje status 'U radu' i taj trenutak se može smatrati početkom radova po tom radnom nalogu.

Sve dok je radni nalog u ovom statusu i dok po završetku posla na koji se odnosi, ne pređe u status 'Završen' on je aktivan i za njega se vezuje razna dokumentacija:

- *Trebovanje materijala iz magacina*
- *Nalog za prenos zaliha, međumagacinski prenos*
- *Liste angažovane radne snage*
- *Liste angažovane mehanizacije*
- *Nalog vodomera, isključenje/postavka brojlara sa/u mreže(u)*
- *Nalog potrošnje vode*
- *Finansijski nalog glavne knjige*

Uz radni nalog 'U radu' moguće je vezivanje *putnih naloga* i drugih *pod-radnih naloga* i to naročito u slučajevima izvođenja složenijih poslovnih aktivnosti ili radova koji se izvršavaju u dužem vremenskom periodu.

Opšte postavke

Broj radnog naloga: RNMNO16-00...
 Oznaka radnog naloga: 02 20F/21 09
 Vrsta aktivnosti: Proizvodnja
 Status: U radu
 Tip aktivnosti: Ostalo
 Vrsta naloga: Faktura
 Datum otvaranja naloga: 11.01.16
 Datum izvođenja radova: 11.01.16
 Datum predaje naloga: 11.01.16
 Naručilac: JP Direkcija za Izgradnju Grada Niša
 Kupac šifra: JKUU0697
 Šifra adrese: UUUU39
 Adresa: 7. Julia
 Adresa 2: G
 Poštanski broj/Grad: 10000 Niš
 Vrsta posla/Mesto posla: 004 L260
 Bir. opomene/tip posla: MU14
 Bir. ekipe: FMS
 Servisni zvez: 996
 Vreme trajanja interve...: 14.01.16 00:00
 Vreme trajanja interve...: 31.01.16 00:00
 Nalog izdao šifra: ZP-0022
 Nalog izvršio šifra: ZP-UU15
 Nalog primio šifra: U081140
 Nalog uradio šifra: U085775

Unos celokupne dokumentacije koja je u vezi sa radnim nalogima, omogućen je kroz modul namenjen za evidenciju i praćenje radnih naloga. Jednako je dostupan unos prateće dokumentacije i u drugim, adekvatnim modulima Microsoft Dynamics NAV ERP sistema, onim službama koje se i inače bave evidencijom zaduženja i utroška materijala, amortizacije osnovnih sredstava i ostalim transakcijama poslovnog sistema. Takođe se evidentira i naplata faktura (generisanih po izvršenim situacijama) koja se odnosi na faze realizacije radnih naloga (radni nalozi sa dužim vremenom izvršenja).

Iz gore navedenog se nameće zaključak, da je u svakom trenutku jednostavno, lako izvodljivo napraviti presek

svih troškova i ukupne prodajne cene za izvršene radove i usluge, ali je i sa tehničke strane omogućen uvid u angažovanu tehniku i ljudstvo, a u nekim slučajevima (detaljno organizovanih aktivnosti na konkretnom poslu) i stepen i kvalitet realizacije samog posla.

Vrsta	Šifra grupe	Šifra	Opis	Stat	Stat	Stat	Stat	Stat	Stat	Stat	Stat
RAZNO	010001	010001	RAZNO	U radu	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16
RAZNO	010002	010002	RAZNO	Završen	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16	11.01.16

Po završetku radova obuhvaćenih radnim nalogom, kada se sam radni nalog može smatrati izvršenim ili je u krajnjoj fazi realizacije, on se prevodi u status 'Završen'. Taj korak predstavlja svojevrsno zatvaranje radnog naloga i u skladu sa primenjenim stepenom automatizma, sistem vrši knjiženje troškova vezanih za radni nalog, vrši obračun cene koštanja radova i omogućava izradu fakture ili faktura naručiocu radova. Takođe, ukoliko je sistem tako podešen, signalizira i obaveštava ukoliko je u procesu rada ostalo neproknjiženih i neobrađenih naloga koji su u relaciji sa konkretnim nalogom bilo da su potekli iz modula za evidenciju radnih naloga bilo da su generisani u ostalim modulima shodno prirodi aktivnosti na koju se oni odnose.

Interesantno je da se napomene, da postoje situacije u kojima izrada nekog zadatka delom zavisi i od eksternih aktivnosti dobavljača. Fature za tako izvršenu uslugu mogu da se obrade kroz poslovni sistem na dva načina gledano sa aspekta samog radnog naloga tj. veze sa istim. Prvi pristup je da se unos tj. obrada ulazne fakture obeleže dimenzijom ugovora načinjenog sa trećim licem koji je naručilac posla te da se preko analize po dimenzijama (svojstveno ERP-u kakav je Dynamics NAV) vrši analiza obavljenih poslova u smislu troškova i prihoda. Drugi pristup je da se formira kartica resursa za eksterne usluge pa da se ona uvrsti u redove radnog naloga sa konkretnom finansijskom vrednošću (vrednost obrađene ulazne fakture dobavljača) te da analiza posla bude sagledana direktno preko dokumenta radnog naloga. Izbor opcije diktiraju potrebe samog preduzeća kada su u pitanju analize i njihovo generisanje i dalja upotreba.

Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ukupno
1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00
2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00
3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00
4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00	4.000.000,00
5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00
6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00
7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00
8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00	8.000.000,00
9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00	9.000.000,00
10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00

Ukupan rezultat svih aktivnosti koje su na bilo koji način u vezi sa posmatranim poslom može se sagledati pomoću dokumenta specifikacije jednog radnog naloga što je zapravo rekapitulacija ili još bolje rečeno statistika svih vrsti troškova koje su obeležile konkretni radni nalog. Uporedo sa troškovima pojedinih vrsta prikazana je prodajna vrednost bazirana na usvojenim cenovnicima preduzeća, preračunata prema važećim normativima. Stoga, svaka rekapitulacija radnog naloga čini i statistički podatak o realizaciji dobiti po svakoj od vrsta. Vrednosti su statički podaci, nepromenjeni u vremenu, važeći samo u momentu izrade radnog naloga tj. izvršenja posla.

4. ZAKLJUČAK

Opšti je zaključak da implementacija modula evidencije radnih naloga nije tek stavljanje u funkciju još jednog servisnog modula ERP sistema Microsoft Dynamics NAV već predstavlja svojevrstni test skoro pa celokupne strukture sistema i njegove primene kao rešenja na čijim se temeljima mogu donositi strateški važne odluke preduzeća koje je svesno svog značaja u poslovnom okruženju. Potrebna je velika odlučnost menadžmenta preduzeća u sprovođenju neophodnih koraka, a takođe i mnogo dobre volje i rešenosti neposrednih izvršilaca za prevazilaženje problema na koje se nailazi i spremnosti da se prihvate nova rešenja i koraci u rešavanju svakodnevnih zadataka.

To svakako ne znači da ovaj bitan (a možda i najvažniji) deo ERP sistema treba zaobilaziti ili odlagati njegovu realizaciju, već baš naprotiv, da se ukoliko je moguće, ulože i dodatni naponi da se implementacija ovog modula izvrši u ranoj fazi implementacije ERP sistema. Time se povećava stepen integrisanosti raznih organizacionih delova firme u jedinstveni poslovno informacioni sistem, a svakako se u velikoj meri povećava ne samo opravdanost već i ukupan učinak uvođenja ERP sistema.

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, 2012-2015.
- [3] R.Lujić, T. Šarić, G. Šimunović, Application of Expert System for Determination of Work Order Priority Class in Piece Production, Tehnički vjesnik 14 str. 65-75, 2007.

AUTOMATSKO KREIRANJE TEZAVURSA NA SRPSKOM JEZIKU

AUTOMATIC THESAURUS GENERATION FOR SERBIAN TERMS

Aldina Avdić, Ulfeta Marovac, Adela Ljajić, Dženan Avdić
Državni univerzitet u Novom Pazaru

Sadržaj – Automatizovanje procesa kreiranja rečnika za specifičnu oblast (tezaurusa) popularno je u poslednje vreme, obzirom na to da se njihovim korišćenjem mogu postići značajna poboljšanja u pogledu klasterovanja, pretrage i određivanje sentimenta datog specifičnog korpusa. U ovom radu opisana metoda za kreiranje tezaurusa iz repozitorijuma pravnih dokumenata o visokom obrazovanju na srpskom jeziku bazirana na matematičkim metodama kao što su statistički hi-kvadrat test, koeficijent kosinusne sličnosti i Džakardov koeficijent sličnosti.

Abstract - Automating the process of creating dictionaries for the specific domain (thesaurus) is useful in recent time, given that their use can significantly improve clustering documents, searching documents, determining sentiment for specific domain and many other tasks related to textual documents. This paper describes a method for creating a thesaurus for the repository of legal documents in higher education for Serbian language, based on mathematical methods such as statistical chi-square test, cosine similarity measure and Jaccard similarity coefficient.

1. UVOD

U vremenu ekspanzije računarskih tehnologija i konteksno-svesnog računarstva, svakodnevno se prikupljaju brojni podaci u cilju dobijanja informacija koje bi olakšale interakciju korisnika i računarskih aplikacija. Počev od pretraživača veba, preko mejl servera, i društvenih mreža, čini se da bi bez porećenja trenutnih i prethodnih upita, praćenja istorije, bilo nezamislivo dobiti informacije na internetu. Važan deo ovog procesa je utvrđivanje koje grupe dokumenata nose slične informacije, i kako do tih grupa doći automatski, a da odgovori budu što relevantniji i sličniji ljudskom poimanju, a opet objektivniji i opširniji od ljudskih zaključaka u izborima onoga šta je slično.

Analiza podataka (eng. data mining) nastala je kao posledica sve veće potrebe za istraživanjem tržišta i otkrivanjem potencijalnih klijenata i potreba postojećih. To je metoda pretraživanja podataka koja se naglo razvila zahvaljujući razvoju računarske tehnologije, jer je tek razvojem brzih računarskih sistema postalo moguće efikasno pretraživati velike količine nagomilanih informacija. Zahvaljujući „iskopavanju podataka“, skupovi podataka se pretvaraju u strukturirane informacije i znanje i na taj način su korisniji i vredniji za istraživanje.

Analiza podataka je proces pronalaženja zanimljivih informacija u velikim kolekcijama neadekvatno

strukturiranih podataka [1, 2]. Zanimljive informacije predstavljaju netrivialne, neskrivene, prethodno nepoznate i potencijalno korisne informacije.

Analiza teksta (eng. text mining) je grana analize podataka koja teži da pronađe zanimljive uzorke iz velike tekstualne baze podataka napisane prirodnim jezikom [3].

Tezaurusi su specifični rečnici, leksikoni koji su karakteristični za određeni domen. U oblasti analize podataka i teksta pod kreiranjem tezaurusa smatra se formiranje liste sinonima, tj. reči koje su povezane ili slične datoj reči u zadatom domenu. Domen je određen korpusom dokumenata u kome se sinonimi traže. Kako je teško automatski praviti razliku između sinonima, antonima ili uopštenije, ovde se pojam sinonimi odnosi na reči sa bliskim semantičkim značenjem.

Sinonimi predstavljaju reči koje nose isto ili slično semantičko značenje, ali se po obliku razlikuju, tj. njihov slovni sastav nije isti. Stoga automatsko rešavanje ovog problema odavno predstavlja izazov, šire u oblasti veštačke inteligencije, a uže u oblasti analize teksta. Ne samo da je izazov „naučiti računar da razume“ da dve naizgled različite reči zapravo nose isto značenje, već nakon toga treba iskoristiti objektivnost računara u izboru onoga što je slično, imajući u vidu da bi svaki „humani stručnjak“ kao i uvek nešto prevideo, zaboravio ili na osnovu sopstvenog iskustva, zanemario.

Zavisno od tipa korpusa, mogu se dobiti različita naglašavanja u rezultujućoj listi sinonima. Rečnik napravljen iz korpusa je specifičan za domen ovog korpusa i više je prilagođen određenoj primeni u domenu nego u opštem rečniku koga su ljudi napisali. Postoji nekoliko prednosti za korišćenje kompjuterski napisanog tezaurusa. Konkretno, oni se mogu lako prepraviti tako da odražavaju promene u zbirci dokumenata (u odgovarajućem polju), a nisu zasnovani na subjektivnosti pisca leksikona (ali su naravno bazirani na korpusu u upotrebi). Očigledno je, međutim, da pisanje rečnika sinonima od strane ljudi mora da bude odgovornije, sa manje bruto grešaka. Prema dve klasične mere za pronalaženjem informacija, očekuje se da kompjuterski pisani leksikoni imaju bolji odziv (ili pokrivenost) i nižu preciznost (osim reči čije značenje je veoma vezano za domen primene) nego rečnici sinonima opšte namene napisani ljudskom rukom [4].

U ovom radu dat je i pregled postojećih metoda za generisanje tezaurusa koje su korišćene i primenjivane na engleskom jeziku. Podeljene su u dve grupe, one koje koriste gotove leksičke resurse i one koje su zasnovane

samo na korpusu dokumenata i matematičkih metoda. Stoga one imaju svoje prednosti i mane, ako uzimamo u obzir srpski jezik koji je gramatički i jezički dosta bogatiji od engleskog jezika, što rečnikom, tako i gramatičkim kategorijama, poput padeža, glasovnih promena, rodova i brojeva. Još jedan nedostatak koji je zastupljen kada se radi o rešavanju problema na srpskom jeziku jeste nedostatak adekvatnog srpsko-srpskog, morfološkog rečnika u digitalnom obliku.

Zatim je opisana metoda za automatsko generisanje tezaurusa za dokumente jednog korpusa na srpskom jeziku, kao i rezultati dobijeni njenom primenom. Na kraju su dati zaključci i pravci daljeg istraživanja.

2. POVEZANA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju dat je osvrt na metode koje se koriste za automatsko izdvajanje sličnih reči iz različitih izvora: velikog korpusa dokumenata, veba i jednojezičnog rečnika. Cilj ovih metoda je automatsko pronalaženje sinonima. Većina metoda pronalazi reči koje su međusobno slične, sa neodrečenom notacijom semantičke sličnosti.

Glavna pretpostavka većine ovih pristupa je da se slične reči koriste u istom kontekstu. Ove metode se razlikuju u načinu definisanja konteksta (dokument, tekst, ili manje ili više složen gramatički kontekst) i prema načinu izračunavanja funkcije sličnosti. Vektorski model dokumenata i merenje kosinusne sličnosti koristili su još Čen i Linč za izdvajanje informacija iz specifičnog korpusa i izložili rezultate u [5]. Krauč je u [6] predložio jedan način za automatsku konstrukciju tezaurusa. Ovaj metod baziran je na vektorskom modelu termina i vrednosti diskriminacije termina [7], i ovaj pristup je posebno prilagođen za reči koje se ne pojavljuju često. Zatim je značajan Grefensteteov SEKSTANT sistem [8], koji koristi delimičnu sintaksičku analizu, i njemu slična rešenja opisana u [9] i [10], dok je hijerarhijsko klasterovanje koje obezbeđuje bogat tezaurus sličnih reči razmatrano u [11]. Nekada se kombinacijom više tehnika može poboljšati lista sinonima. Opšte rešenje ovog problema je mešoviti metod [12]. Vebom kao korpusom bavio se Turni u [13], dok je metoda za kreiranje tezaurusa koja koristi grafove i rečnik opisana u [14].

Od novijih saznanja, nama su značajna ona koja koriste matematičke metode u kreiranju tezaurusa, imajući u vidu odsustvo morfološkog srpsko-srpskog jezika. Jedna od takvih metoda je opisana u radu [15]. Pogotovo je značajan doprinos Vordneta na srpskom jeziku. Problemom sinonima za Vordnet za srpski jezik su se bavili autori u radovima [16-18].

Takođe, treba naglasiti da se u eksperimentalnoj analizi nije pošlo od nule, već se koristio deo sistema za unos dokumenata ze eUpravu, opisan u radovima [19].

3. OPIS PREDLOŽENE METODE

Kao što je navedeno ranije, za razliku od engleskog jezika, u srpskom jeziku srećemo brojne specifičnosti, od glasovnih promena i padeža, preko glagolskih lica i broja. Sve ovo čini da sama reč bude u različitom obliku od osnovnog, iako je semantičko značenje isto. Pa je pronalazak sinonima zaista bitan u cilju efikasnog pretraživanja dokumenata napisanih na srpskom jeziku. Takođe, leksički bogat jezik, a bez morfološkog rečnika koji je dostupan u elektronskom obliku, ovaj problem pretrage po sličnosti još više otežava. Postoje online rešenja koja su nepotpuna, poput projekta Vokabular [20], ali broj reči koji je ovde dat je toliko mali da je još uvek praktično neupotrebljiv.

Za automatsko izdvajanje sličnih reči karakterističnih za veliki korpus dokumenata potrebno je svaki dokument predstaviti njegovim ključnim rečima (reči i fraze koje opisuju sadržaj dokumenta). Automatsko izdvajanje ključnih reči je način pronalaženja reči koje nose značenje dokumenta. Oblik u kom se oni pojavljuju u dokumentu ne utiče na njihovo semantičko značenje. U cilju pronalaženja ključnih reči u dokumentu, dokument najpre prolazi kroz sve nivoe normalizacije.

U normalizaciju dokumenta spada otklanjanje stop reči i neslovnih znakova, srećivanje numeričkih podataka, skraćenica, kao i podela dokumenta na rečenice, zatim postupak svoćenja svih reči na osnovni oblik (lematizacija u našem slučaju).

Ključne reči su ekstraktovane pomoću algoritma opisanog u [19]. Najčešće pojavljivane reči izdvajaju se u skup osnovnih ključnih reči. Izdvajanje dodatnih ključnih reči vrši se računanjem odstupanja pojavljivanja specifičnih reči u istoj rečenici sa rečima iz osnovnog skupa ključnih reči. Reč koja se značajno češće pojavljuje uz jednu određenu ključnu reč q je deo ključne fraze ili nova ključna reč. Značajnost odstupanja je merena hi-kvadrat testom. Očekivana vrednost se računa kao proizvod n_w (ukupnan broj reči u rečenicama u kojima se pojavljuje reč w), i p_q (zbira ukupnog broja reči u rečenicama gde se ključna reč q pojavljuje podeljenog sa ukupnim brojem reči u dokumentu) (Formula 1).

$$\chi^2(w) = \sum_{q \in G} \frac{(freq(w,q) - n_w * p_q)^2}{n_w * p_q} \quad (1)$$

Ovde je $freq(w,q)$ broj rečenica u kojima se reč w pojavljuje sa ključnom rečju q [21]. Ovaj metod je značajan jer se izdvajanje ključnih reči vrši na nivou dokumenta bez potrebe postojanja više dokumenata koji pripadaju različitim korpusima.

Nakon pronađenih ključnih reči, koje predstavljaju termine u tezaurusu, treba te termine objasniti navoćenjem termina koji su sa njima u datom korpusu povezani. Te povezane termine, "sinonime" u širem smislu te reči, nalazimo na sledeći način. Za svaku

ključnu reč korpusa (njih dobijamo uzimajući ključne reči koje se pojavljuju u najvećem broju dokumenata korpusa) uzima se vektor reči koje se uz nju najčešće pojavljuju. Računa se sličnost između tih vektora za sve ključne reči koristeći kosinusnu sličnost i Džakardov koeficijent sličnosti vektora. Tako se sinonimima proglašavaju one ključne reči čiji su vektori najbliži. Pseudokod algoritma za kreiranje tezaurusa prikazan je na slici 1.

Algoritam 1: Pronalaženje povezanih termina za ključne termine tezaurusa

```

1: ključne[] ← ključne reči korpusa;
2: n ← broj uzetih ključnih reči;
3: i ← 0; j ← 0;
4: while i < n do
5: while j < n do
6: i_klj_par[] ← reči koje se najčešće javljaju uz ključne[i];
7: j_klj_par[] ← reči koje se najčešće javljaju uz ključne[j];
8: cos_coef[i,j] ← kosinusna sličnost i_klj_par[] i j_klj_par[];
9: jacc_coef[i,j] ← Jaccardov koeficijent za i_klj_par[] i j_klj_par[];
10: i++; j++;
11: end while
12: end while
13: sortiraj termine u opadajućem redosledu po koeficijentima
14: prvih pet termina za svaku ključnu reč uzmi za povezane termine

```

Slika 1. Pseudokod za automatsko pronalaženje povezanih među ključnim terminima tezaurusa

Ako se prikazani algoritam upotrebi na pripremljenim, ali ne i normalizovanim dokumentima, kao rezultati mogu se dobiti i reči koje smisljeno jesu sinonimi, ali potiču od istog korena, pa se može desiti da se za sinonim reči proglašuje padežni oblik ključnog termina. Kako bi se ovaj problem izbegao, u eksperimentu koji sledi lematizacija reči dokumenata ručno je odrađena.

4. REZULTATI EKSPERIMENTA

Kao što je rečeno u apstraktu, korpus dokumenata nad kojima je vršen eksperiment jeste skup dokumenata čiji sadržaj se sastoji od zakona o visokom obrazovanju. Na slici 2 dat je deo prikaza dobijenih rezultata, gde je uzeto maksimum 5 povezanih reči za odgovarajući termin u tezaurusu sortiranih po vrednostima koeficijentata sličnosti.

Korišćenjem opisane metode, kao najznačajniji termini ovog korpusa izdvojene su reči **visokoškolski**, **ustanova**, **delatnost**, **zakon**, **student** i sl. U tabeli su dati predstavnici određenih grupa izolovanih povezanih termina automatskog tezaurusa. Prve tri reči u tabeli su one koje su primenom algoritma dobile veći broj povezanih reči. Kako je u pitanju mali broj dokumenata, jer je lematizacija ručno rađena, vrednosti kosinusnog koeficijenta su visoke i izjednačene, ali dodavanjem svakog novog dokumenta u korpus, tezaurus se dinamički menja i dobijaju se sve precizniji rezultati.

Poslednje dve reči u tabeli dobile su primenom algoritma manji broj povezanih reči, ali su samim tim reči značajno međusobno povezane (npr. sklad i zakon). Odatle zaključujemo da se za reči sa manjim brojem pridruženih reči sa kojima se javljaju zajedno u rečenicama mogu preciznije odrediti povezane reči. Za date reči

primenjivana je lematizacija kao vrsta normalizacije, tj. svođenje reči na osnovni oblik, pa smo dobili za sinonime i reči sa zajedničkim korenom (visokoškolski - visoko), što jeste u redu, ali kako sinonimi treba da budu reči koje nemaju zajednički koren, ovaj problem rešava se primenom n-gram analize, ili normalizacije svođenjem na prvih n slova, što bi ovaj proces učinilo u potpunosti automatizovanim [22].

visokoškolski	Cosine Similarity Coefficient	Jaccard Coefficient
delatnost	0.9393	0.4848
visoko	0.922	0.4286
ustanova	0.8044	0.4
uslov	0.8044	0.3871
rad	0.7778	0.3421

student	Cosine Similarity Coefficient	Jaccard Coefficient
uslov	0.9091	0.5484
ostvariti	0.8528	0.5769
ustanova	0.8182	0.5333
organi	0.7833	0.4706
delatnost	0.7785	0.5152

pokrajina	Cosine Similarity Coefficient	Jaccard Coefficient
autonomni	1	0.5
poveravanje	1	0.5
teritorija	1	0.5

izdati	Cosine Similarity Coefficient	Jaccard Coefficient
isprava	0.7906	0.4667

sklad	Cosine Similarity Coefficient	Jaccard Coefficient
zakon	0.7756	0.3659

Slika 2. Grafički prikaz rezultata

5. ZAKLJUČAK

Postoji veliki broj različitih metoda za automatsko otkrivanje sličnih reči. Neke od tehnika oslanjaju se na različite tekstualne korpusne i matematičke mere sličnosti, dok druge koriste grafove i jednojezične rečnike.

U poređenju sa ručno pisanim rečnicima, kompjuterski pisani leksikoni imaju prednosti kao što je njihova lakoća izgradnje i održavanja. Takođe, u zavisnosti od konteksta, pojam "sličnost reči" može ili ne mora da uključi pojam sinonima, skoro sinonime, antonime, hiponimne itd.

Prikazana metoda pod kontekstom u kome se nalaze slične reči podrazumeva rečenicu, a funkcija sličnosti među rečima računa se upoređujući vektore reči koje se uz izabrane reči najčešće javljaju u datom kontekstu. Predložena metoda zasnovana je na matematičkim metodama, može se koristiti i bez ikakve normalizacije dokumenata i rečnika, s tim što se normalizacijom rezultati poboljšavaju, ali se stepen automatizacije procesa smanjuje. Predmet daljeg rada biće unapređenje

algoritma upotrebom n-gram analize i drugih vidova normalizacije dokumenata.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiralo Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije po projektu III-44007.

LITERATURA

- [1] Radovanovic M., Ferlež J., Mladenić D., Grobelnik M. and Ivanović M., „Extending the IST-World database with Serbian research publications“, in Proceedings of IS2006, 9th International Multiconference on Information Society, pp. 251-254, Ljubljana, Slovenia, 2006.
- [2] Tan, P-N., Steinbach, M., Kumar, V., Introduction to Data Mining, Pearson Education, 2006.
- [3] Berry, M.W., Kogan, J., Text mining: Applications and theory, ISBN 978-0-470-74982-1, Wiley, 2010.
- [4] Berry, M.W. and Castellanos, M., Editors, Survey of Text Mining: Clustering, Classification, and Retrieval, Second Edition, September 30, Springer, 2007.
- [5] Chen, H. and Lynch, K.J., „Automatic construction of networks of concepts characterizing document databases“, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Vol. 22, No. 1, pp. 885–902, 1992.
- [6] Crouch, C.J., „An approach to the automatic construction of global thesauri“, Information Processing and Management, Vol. 26, No. 5, pp. 629–640, 1990.
- [7] Salton, G., Yang, C.S. and Yu, C.T., „A theory of term importance in automatic text analysis“, Journal of the American Society for Information Science, Vol. 26, No. 1, pp. 33–44, 1975.
- [8] Grefenstette, G., Explorations in Automatic Thesaurus Discovery, Kluwer Academic Press, Boston, MA, 1994.
- [9] Lin, D., „Automatic retrieval and clustering of similar words“, In Proceedings COLING, Montreal, Canada, August 1998.
- [10] Curran, J.R. and Moens, M., „Improvements in automatic thesaurus extraction“, In Proceeding ACL SIGLEX, Philadelphia, July 2002.
- [11] Pereira, F., Tishby, N. and Lee, L., „Distributional clustering of english words“, In Proceedings of ACL, Columbus, OH, June 1993.
- [12] Dietterich, T.G., „Ensemble methods in machine learning“, In Proceedings of MCS, Cagliari, Italy, June 2000.
- [13] Turney, P.D., „Mining the Web for Synonyms: PMI-IR versus LSA on TOEFL“, In Proceeding of ECML, Freiburg, Germany, September 2001.
- [14] Senellart, P., Extraction of information in large graphs. Automatic search for synonyms, Technical Report 90, Université catholique de Louvain, Louvain-la-neuve, Belgium, 2001.
- [15] Nugumanova, A., Issabeava, D., Baiburin, Y., Automatic Generation of Association Thesaurus Based on Domain-Specific Text Collection, ISBN 978-80-87927-02-1, June 2014,
- [16] Krstev, C., Pavlović-Lažetić, G., Vitas, D., Obradović, I., „Using Textual and Lexical Resources in Developing Serbian Wordnet“, Romanian Journal of Information Science and Technology, Vol. 7, No 1-2, pp. 147-161, 2004.
- [17] Vujičić-Stanković, S., Krstev, C., Vitas, D., „Enriching Serbian WordNet and Electronic Dictionaries with Terms from the Culinary Domain“, Proceedings of 7th Global WordNet Conference, pp. 127-132, 2014.
- [18] Obradović, I., Krstev, C., Pavlović-Lažetić, G., Vitas, D., „Corpora Based Validation of WordNet Using Frequency Parameters“, Proceedings of the Second International WordNet Conference GWC-2004, Brno, Czech Republic, Masaryk University, pp. 181–186, 2004.
- [19] Crnišanin A., Avdić A., Marovac U., „Optimizacija dokumenata za njihovu bržu pretragu“, u NOVE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE ZA ANALITIČKO ODLUČIVANJE U BIOLOŠKIM, EKONOMSKIM I SOCIOLOŠKIM SISTEMIM, Č.Dolićanin (Urednik), Državni Univerzitet u Novom Pazaru, str. 64-87, Zbornik radova, ISBN 978-86-86893-61-1, 2014.
- [20] Srpski rečnik - Vokabular, <http://www.vokabular.org/>, [Online] Januar, 2016.
- [21] Matsuo, Y., Ishizuka, M., „Keyword Extraction from a Single Document using Word Co-occurrence Statistical Information“, International Journal on Artificial Intelligence Tools, Vol. 13, No. 1, pp. 157-169, 2004.
- [22] Marovac U., Pljasković A., Crnišanin A., Kajan E. „N-gram analiza tekstualnih dokumenata na srpskom jeziku“, Telfor, str. 1385-1388, Beograd, 2012.

IZVOĐENJE STUDENTOVOG PROFILA PREMA FELDER-SILVERMAN MODELU i STUDENTOVIM OSOBINAMA

DERIVING STUDENT PROFILE TOWARDS FELDER-SILVERMAN MODEL and STUDENT'S PREFERENCE

Dragica Jovanović¹, Andrea Jovanović²

¹Visoka želaznička škola strukovnih studija, Beograd dr.dragicajovanovic@gmail.com

²FON, Beograd andrajovanovic90@live.com

Sadržaj - Ovaj rad opisuje proces razvoja Profila Studenta preslikavajući studentove kategorije stila učenja otkrivene preko Felder-Soloman ILS upitnika i njegove osobine uočene preko Preference testa, u odgovarajuće vrednosti personalizovanog vektora XYZ. Vrednosti vektora XYZ predstavljaju metapodatke PeLCoM modela, na osnovu kojih se prave preporuke za kreiranje personalizovanih eLearning sesija korišćenjem INDeLER sistema.

Osim toga, opisano je kako INDeLER sistem uključuje nastavnikov uticaj na eLearning iskustvo, tako što različite pedagoške aspekte i njima korespondirajuće didaktičke i metodičke procese komponuje u određeni način izlaganja i prezentacije lekcije (nastavnog materijala) prilagođen potrebama svakog pojedinog studenta. Opisan je jedan primer procesa personalizacije.

Abstract - This paper presents the process of developing Student profile by mapping students categories explored with Felder- Soloman's ILS questionnaire to the appropriate value of the personalization vector XYZ, and by deriving vector's values from the acquired student's answers on Preference test. Obtained values of XYZ vector presents the PeLCoM metadata, whose provides recommendations for creating personalized eLearning experience.

Further, we describe how the personalization system INDeLER includes teacher's influence to the eLearning experience by composing different pedagogical aspects and corresponding didactics' and methodic' processes to the unique way of teaching tailored to the particular students needs. The example of INDeLER personalization process is also shown.

1.UVOD

Imajući različite ambicije, interese, sposobnosti, slabosti, nivo motivacije, pristup učenju, kao i različito prethodno znanje i iskustvo, studenti se međusobno veoma razlikuju. Takođe, metodi učenja su različiti, pa tako neki nastavnici uglavnom predaju, drugi svoja predavanja baziraju na

demonstracijama i drugim aktivnostima studenata, a neki insistiraju na memorisanju i teoretskim postavkama. Koliko će pojedini student naučiti na času zavisi kako od studentovih sposobnosti, mogućnosti percipiranja nastave i prethodne pripreme, a takođe i od kompatibilnosti studentovih karakteristika učenja i nastavnikovog stila podučavanja [1].

Obrazovanje bazirano na Webu, odnosno elektronsko učenje (eLearning, u daljem tekstu), osim što je dostupno velikom broju studenata, ima tu prednost nad klasičnim obrazovanjem što omogućava podešavanje i krojenje sadržaja za učenje i samog procesa učenja prema individualnim potrebama svakog pojedinog studenta. Ipak, često se naglašava da su postojeći eLearning sistemi siromašni u mogućnostima vođenja, motivisanja, i prilagođavanja studentovom procesu učenja, tj. glavni problem u eLearning okruženju je nedostatak mogućnosti personalizacije procesa učenja.

U skorašnje vreme postoji nekoliko pristupa modeliranja studentovih kognitivnih i afektivnih osobina sa ciljem postizanja adaptivnosti eLearning sistema prema potrebama pojedinog studenta. Iako su istraživanja saglasna o važnosti individualizacije nastave, ipak "malo je istomišljenika koje osobine studenta se mogu i trebaju koristiti i kako ih koristiti" u procesu personalizacije, ("little agreement on which features can and should be used and how to use them") [2].

Mehanizam koji modelira studentov stil učenja i prezentuje adekvatan sadržaj svakom pojedinom studentu, baziran na Felder-Silverman *Learning Style Theory* je opisan u radu [3]. Uputstva i primeri kako adaptirati sadržaj i način prezentacije prema različitim stilovima učenja u kombinaciji sa nastavnim teorijama je prezentovano u radu [4].

Rad [5], daje preporuke za pripremu materijala za učenje prilagođenog različitim karakteristikama studenta, koje se baziraju na pedagoškim strategijama, motivacionom faktorom i psihološkoj pozadini, primenjujući kategorije Kolbovog stila učenja.

Ovaj rad ispituje tri značajna aspekta različitosti između studenata: razlike bazirane na različitom nivou znanja i cilju učenja, razlike bazirane na različitom ponašanju studenata, i razlike bazirane na različitim modalitetima učenja i sklonostima studenata. U ovom radu pocrtali smo način personalizacije prema dobijenom profilu studenta, koji sadrži studentove sklonosti, ciljeve, istoriju navigacije, i ostale relevantne aspekte koji daju mogućnost personalizacije. Naveli smo primer kreiranja sadržaja lekcije krojenog prema individualnim potrebama studenta, uzimajući u obzir karakteristike studentovog stila učenja definisane kategorijama Felder-Silverman-ovog modela, i druge osobine studenta, kao što su znanje o materiji koja se uči, motivaciji za učenje, ciljeve učenja i ponašanje prilikom učenja. Analizirajući koordinate između studentovog stila učenja i ostalih studentovih sklonosti u odnosu na nastavni materijal, generisali smo studentov profil i na osnovu njega izvršili personalizaciju eLearning iskustva.

Rad je organizovan na sledeći način. Posle Uvoda, Sekcija II sadrži zahteve za personalizaciju definisane prema tipu adaptacije i mogućim uticajnim faktorima na eLearning iskustvo u procesu personalizacije, posebno studentove psihološke karakteristike. Sekcija III prikazuje proces razvoja studentovog profila, preslikavanjem studentovih kategorija dobijenih preko Felder-Soloman-ovog ILS upitnika u adekvatne vrednosti personalizacionog vektora XYZ, i preko izvođenja vektorskih vrednosti iz prikupljenih studentovih odgovora na pitanja iz Preference testova. Sekcija IV daje primer personalizacije lekcije kreiran na osnovu vrednosti metapodataka iz studentovog profila. Zaključak rada je naveden u Sekciji V.

2. ZAHTEVI ZA PERSONALIZACIJU

TABELA I. ZAHTEVI ZA PERSONALIZACIJU

Tipovi adaptacije	Studentov uticaj: psihološki aspekti	Metod prikupljanja studentovih karakteristika
3.1. Adaptacija prema nivou znanja i cilju učenja	Cilj učenja (Bloom tax on.)	Preference test
	Prethodno znanje i motivacija	Preference test
3.2. Adaptacija prema ponašanju učenika	Kognitiv stil i stil učenja	Felder - Soloman ILS Questionnaire
	Strategije učenja	Felder - Soloman ILS Questionnaire
3.3. Adaptacija prema modalitetima učenja i učenikovim sklonostima	Modaliteti učenja (Gardner's theory of multiple intelligence)	Felder - Soloman ILS Questionnaire
		Preference test

Sumarizovali smo uticaje teorija učenja, strategija učenja, kognitivnih stilova, stilova učenja i teorije o višestrukoj inteligenciji na process obrazovanja i uočili koji didaktički i metodički elementi procesa podučavanja se mogu adaptirati prema individualnim studentovim potrebama.

Bazirajući se na tim postavkama, dizajnirali smo Personalizovani Model eLearning Kursa (Personalized eLearning Course Model - PeLCoM) [6], i Informacioni Model Objekata sa Obrazovnim Sadržajem (Information Learning Object Model for Personalized eLearning - ILOMPeL) [7]. Granularne jedinice Modela su obrazovni objekti (eLearning Objects - LO) i svaki LO je opisan skupom metapodataka, koji su predstavljeni trodimenzionalnim vektorom XYZ, [8]. U trodimenzionalnom Modelu (Personalized eLearning Course Model) personalizacije kursa po X, Y i Z osi definišemo da:

- **X osa** omogućava personalizaciju sa aspekta sadržaja i strukture nastavnog materijala (gradiva), obrazovnih ciljeva, obima gradiva, težine gradiva i usmerenosti (domena) gradiva. Na X-osi se nalazi skup svih LO koji učestvuje u izgradnji jednog kursa i to linearno poređani saglasno sa hijerarhijskom decimalnom notacijom sadržaja kursa. Ta notacija se preslikava u vrednost na X osi, gde je $X \in \mathbb{R}$ i predstavlja osnovnu identifikaciju LO-a. Svaki LO je opisan skupom metapodataka.
- **Y osa** omogućava personalizaciju sa aspekta tipa vizualizacije gradiva i sa aspekta tipa izlaganja nastavnog materijala (mat.- logički, jez.-lingvistički, muzički, vizuelni, i dr.)
- **Z osa** omogućava personalizaciju sa aspekta sekvenciranja nastavnih materijala (gradiva kursa) na nivou lekcija podržavajući različite sisteme programskog sadržaja, i sa aspekta sekvenciranja nastavnih materijala koji čine jednu lekciju (unutar lekcije), podržavajući definisanje različitih "pogleda" na istu lekciju, [4], [5].

Uočili smo granularne jedinice resursa za učenje nazvane obrazovni objekti i njihove metapodatke. Opisali smo preslikavanje između njih i definisanih zahteva za personalizaciju. Zahtevi za personalizaciju su navedeni prema tipu adaptacije i mogućim uticajima na eLearning iskustvo, sa posebnim osvrtom na studentove psihološke karakteristike.

Tabla I [9].sumarizuje različite tipove adaptacije koji utiču na eLearning personalizaciju, označava korespondirajuće psihološke aspekte koji određuju studentov proces učenja i predlaže metode za prikupljanje tih karakteristika. Prva kolona tabele određuje glavne faktore koji imaju uticaj na eLearning iskustvo, druga kolona označava psihološke aspekte koji se mogu meriti i koji određuju studentov profil. Treća kolona navodi metode za prikupljanje studentovih psiholoških karakteristika i studentovih sklonosti.

3. IZVOĐENJE STUDENTOVOG PROFILA

Proces razvoja studentovog profila počinje otkrivanjem studentovih kategorija koje definišu njegov stil učenja, prema prikupljenim rezultatima dobijenim popunjavanjem Felder-Soloman ILS upitnika [11], i prikupljanjem studentovih odgovora na pitanja zadata u Preferene testu, na osnovu kojeg se otkrivaju ostale informacije relevantne za tog studenta. U sledećem koraku vrši se preslikavanje prikupljenih rezultata u određene vrednosti personalizacionog vektora XYZ. Vektor predstavlja PeLCoM-ove metapodatke koji omogućavaju kreiranje preporuka za pravljenje personalizovanih eLearning sesija, saglasno zahtevima definisanim u Tabeli 1.

3.1. Preslikavanje rezultata Felder-Soloman ILS upitnika u metapodatke

Prema Keefe-u [12], stil učenja predstavlja karakteristike kognitivnog, afektivnog i psihološkog ponašanja koji služe kao relativno stabilan indikator kako učenik percipira, interreaguje i odgovara na okolinu za učenje. Sharp [13] opisuje instrukcioni modul baziran na Felder-Silverman

modelu, prema kojem se studenti razlikuju na osnovu stila učenja i koji definiše kako oni međusobno reaguju, timski rade, komuniciraju sa profesorom i reaguju na poteškoće ili uspehe prilikom učenja.

Analizirali smo kategorije stila učenja razvijene od strane Felder and Silverman [14, 15, 16,17] i proučavali koje mogućnosti za personalizaciju one podržavaju. Za određivanje studentovog profila smo koristili Index of Learning Styles® (ILS) [12], koji su 1991 godine razvili Richard Felder i Barbara Soloman da bi otkrili sklonosti i karakteristike studenata u odnosu na Felder-Silverman-ov model. ILS upitnik sadrži četrdeset četiri pitanja sa ponuđenim mogućim odgovorima i nakon popunjavanja automatski vraća rezultat koji definiše studentove karakteristike a time i sklonost ka određenom stilu učenja. Pošto studenti popune ILS upitnik i dobiju rezultate, oni se preslikavaju u odgovarajuće vrednosti personalizacionog vektora XYZ, sa ciljem da se na osnovu tih parametara izvrši personalizacija eLearning sesija. U Tabeli II [18] je naveden kratak opis kategorija i korespondirajuća preporuka za pravljenje personalizovanih eLearning sesija prilagođenih individualnim potrebama studenta.

TABELA II Adaptiranje eLearning sesija prema Felder-Silverman Modelu korišćenjem PeLCoM metapodataka

Kategorije Modela	Opis Kategorija	Kako adaptirati eLearning iskustvo? Preporuka:
1. Kakve tipove informacija student radije prihvata? → struktura lekcije (X2), vizualizacija lekcije (Y1), domen lekcije (X6)		
Senzitivne <i>iii</i>	<i>senzitivne: slike, zvukove, fizičke senzacije. Senzitivni učenici imaju tendenciju da konkretno razmišljaju, da su praktični, metodični, orijentisani ka činjenicama i procedurama.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Primenjeni domen za vežbanje, označen sa X6={3} vrednošću metapodatka. Multimedialna prezentacija lekcije, označena sa Y1={2} vrednošću metapodatka.
Intuitivne	<i>intuitivne: memorisanje, razmišljanje, introspekcija. Intuitivni učenici su puno komforniji sa apstrakcijama (teorijama, matematičkim modelima) i dobri su pri rešavanju inovativnih problema. Oni razmišljaju na apstraktan način, skloni su inovacijama, orijentisani ka teorijama i suštinskom značenju.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Matematičko – teotetski domen za vežbanje označen sa S6={1} vrednošću metapodatka, Tekstualna prezentacija lekcije označena sa Y1={1} vrednošću metapodatka.
2. Koji tip senzornih informacija najefikasnije prihvata: → vizualizacija lekcije (Y1)		
Vizuelne <i>iii</i>	<i>Vizualni učenici vole i bolje pamte ono što vide: slike, dijagrame, filmove, demonstracije, skečeve, šeme, fotografije, ili ostale vizuelne prezentacije materijala za kurs. Korisno je u boji pocrtati ili označiti sve što je važno i to jednu boju koristiti za slične stvari koje se odnose na jednu tematsku jedinicu.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vizualizacija lekcije preko multimedijalnih efekata i animacije, filмова, simulacija, grafova, i slično, označeno sa Y1={2} vrednošću metapodatka.
Verbalne	<i>Verbalni učenici vole i bolje pamte napisana ili izgovorena objašnjenja. Oni treba da svojim rečima prave sažetke materijala za kurs. Rad u grupama daje bolji efekat za takve učenike. Oni bolje razumeju material tako što slušaju objašnjenje nastavnika ili odgovore članova grupe ili ako oni sami objašnjavaju, kao i prilikom samostalne izrade primera.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Sadržaj-sažetak materijala za kurs označen sa X2 ={1} vrednošću metapodatka, sekcija S1 – sadržaj lekcije i mapa delova koji čine lekciju. Prezentacija lekcije kroz kolaboraciju, grupni rad i diskusije, označeno sa Y1={1} vrednošću metapodatka.
3. Kako student radije obrađuje informacije: → struktura lekcije (X2), prezentacija lekcije (Y2)		
Aktivno <i>iii</i>	<i>Aktivni učenici bolje i brže uče kroz angažovanost u fizičkim aktivnostima i diskusiju. Aktivni učenici ili ekstravertni reaguju pozitivnije od introvertnih kada se prvo suoče sa zahtevima koje rade u grupi za domaći rad.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Struktura lekcije koja se sastoji od sledećih delova: S3 – Primeri, S4 - Vežbanja, S5 – Testovi, sekvencirani u navedenom redosledu i označeni sa X2={4, 3, 5} vrednošću metapodataka. Prezentacija lekcije sa puno interaktivnosti i kolaboracije, označena sa Y2={1} vrednošću metapodatka.
Rreflektivno	<i>Reflektivni učenici bolje uče kroz introspekciju. Oni više vole da prvo razmisle o informacijama. "Hajde da razmislimo prvo" je prvi odgovor</i>	<ul style="list-style-type: none"> Struktura lekcije koja se sastoji od sledećih delova: S2 – Predavanja, S3 – Primeri, S5 – Testovi, sekvencirani u

	reflektivnih učenika. Oni vole da rade sami, sedeći uz lekciju bez fizičkih aktivnosti, osim pravljenja beležaka.	navedenom redosledu i označeni sa $X2= \{2, 3, 5\}$ vrednošću metapodataka. ▪ Prezentacija lekcije sa puno teorije i klasifikovanjem materijala, označeno sa $Y2= \{2\}$ vrednošću metapodataka.
4. Kako student napreduje sa razumevanjem: → Programska organizacija kursa (Z1), Struktura lekcije (X2)		
Sekvencijalno <i>ili</i>	Sekvencijalni učenici (kod kojih je dominantna leva hemisfera mozga), su analitični, atomistični, auditorno orjentisani. Oni razmišljaju na linearan način i uče u malim inkrementnim koracima. Mogu da funkcionišu sa parcijalnim razumevanjem materijala koji uče.	▪ Programska organizacija sadržaja kursa na linearan način (sekvencijalan), označeno sa $Z1= \{1\}$ vrednošću metapodataka. ▪ Pravljenje pregleda sadržaja materijala u logičnom redosledu, označeno sa $X2= \{1\}$ vrednošću metapodataka.
Gglobalno	Globalni učenici (kod kojih je dominantna desna hemisfera mozga), hijerarhijski, vizuelno–spitalni, holistični mislioci, uče u velikim koracima. Oni razmišljaju na sistemski orjentisan način i mogu imati problema pri primeni novog materijala sve dok ga potpuno ne razumeju i vide kako se on povezuje sa materijalom koji već znaju i razumeju. Jednom kada sastave veliku sliku, njihova holistička perspektiva im omogućava da vide inivativne solucije problema za koje sekvencijalnim učenicima treba puno više vremena, ako dotle uopšte stignu.	▪ Programska organizacija sadržaja kursa na spiralan način, tako što se prvo prezentuju glavni koncepti i objašnjenja relevantnih veza između njih i potom iterativno se spušta na niži nivo i objašnjavaju ostali koncepti i njihove uzajamne veze, označeno sa $Z1=\{3\}$ vrednošću metapodataka. ▪ U prvoj iteraciji učenja se sagleda pregled materijala za učenje kroz sadržaj – sažetak pojedinih lekcija, označeno sa $X2= \{1\}$ vrednošću metapodataka.

3.2. Preslikavanje rezultata Preference testa u metapodatke

Osim parametara koji određuju Stil učenja (learning style), studentov profil se određuje i na osnovu rezultata Preference testova koji sadrže pitanja o studentovim sklonostima, studentovom prethodnom znanju iz referentne oblasti, studentovim aktivnostima na prethodnim časovima i slično. Tabela III sumarije: ▪ podatke koji se prikupljaju korišćenjem Preference testova i koji određuju studentov

3.3. Primer studentovog profila

Nakon što student ST_09 popuni Felder-Soloman ILS upitnik i Preference test, dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli IV i oni opisuju studentov profil. U trećem redu tabele su navedene moguće kategorije za ILS upitnik, a za Preference test su navedeni brojevi pitanja. U četvrtom redu su studentovi odgovori, pri čemu smo uveli sledeću konvenciju označavanja:

TABELA III Izvođenje metapodataka za studentov profil na osnovu Preference testa

Studentov profil	Metod prikupljanja informacija	Pravila *	Metapodaci	Vrednosti metapodataka
<i>Podaci o nivou znanja</i>				
Znanje iz referentne oblasti (prethodno znanje) i istorija učenja	Preferences test 10, 11, 12	Pravilo 1 Pravilo 2	Sadržaj materijala za učenje X1 Obim lekcije X4 Nivo lekcije X5	$X1=\{1,2,3\}$ $X4=\{1,2,3\}$ $X5=\{1,2,3\}$
<i>Podaci o cilju obrazovanja</i>				
Cilj učenja Ciljni nivo znanja iz referentne oblasti	Preferences test 1,2,3,4	Pravilo 3	Tip lekcije X3	$X3=\{1, 2, 3\}$
Učeničke aktivnosti - Strategije učenja	Preferences test 9	Pravilo 4	Organizacija programskog sadržaja kursa Z1	$Z1=\{1, 2, 3\}$
<i>Podaci o modalitetima učenja i učenikovim sklonostima</i>				
Učeničke sklonosti	Preferences test 5, 6	Pravilo 5	Domen lekcije X6	$X6=\{1, 2, 3\}$
Učenički modaliteti učenja	Preferences test 7, 8	Pravilo 6	Vizualizacija lekcije Y1 Prezentacija lekcije Y2	$Y1=\{1, 2, 3\}$ $Y2=\{1, 2, 3\}$

*Pravila za izračunavanje finalnog rezultata odgovora i vrednosti metapodataka

profil, ▪ način prikupljanja tih podataka (broj pitanja),
▪ imenuje pravila na osnovu kojih se vrši preslikavanje rezultata testova u vrednosti metapodataka vektora XYZ. U prvoj koloni su navedeni tipovi podataka tj. informacija o studentu koje želimo saznati. U drugoj koloni je naveden način prikupljanja definisanih podataka. U trećoj koloni su imenovana Pravila (algoritmi) koji vrše preslikavanje rezultata testova u metapodatke vektora XYZ, na osnovu kojeg se vrši personalizacija. Četvrta kolona navodi opis metapodataka, a u petoj koloni su date moguće vrednosti za navedene metapodatke.

- Felder-Silverman kategorije smo ukratko označili sa: A (Activ), R (Reflectiv), S (Sensing), I (Intuitive), Ve (Verbal), Vi (Visual), Seq (Sequential), Glo (Global),
- težinsku komponentu smo prikazali kao indeks uz pripadajuću kategoriju. Na primer, ako je rezultat Aktiv sa težinskom komponentom 7, onda to zapisujemo kao A7,
- odgovori na pitanja iz Preference testova su označeni sa: a, b, c, gde odgovor a ima najmanju težinu, a odgovor c najveću (npr. za određeno pitanje odgovor a određuje

najniži - BAZNI nivo učenja, a na primer *odgovor c* određuje najviši nivo učenja – NAPREDNI).

U šestom redu su navedene vrednosti metapodataka za personalizacioni vektor XYZ, koje su izvedene na osnovu vrednosti studentovih odgovora.

TABELA IV Studentov profil za studenta ST_09 sa izvedenim vrednostima metapodataka

Finalne vrednosti personalizacionih testova																
Felder-Soloman ILS Questionnaire					Preference test											
St_Id	A/R	S/I	Vi/Ve	Seq/Glo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ST_09	A5	I3	Vi7	Glo3	c	b	c	c	c	c	c	a	b	b	b	c
Izvedene vrednosti metapodataka za studentov profil																
X1={1}	X2={1}, X2={4,3,5}		X3={3}	X4={2}	X5={2}	X6={3} X6={1}*		Y1={,2}		Y2={1}		Z1={3}				

5. SEKVENCIJANJE PERSONALIZOVANIH eLEARNING SESIJA

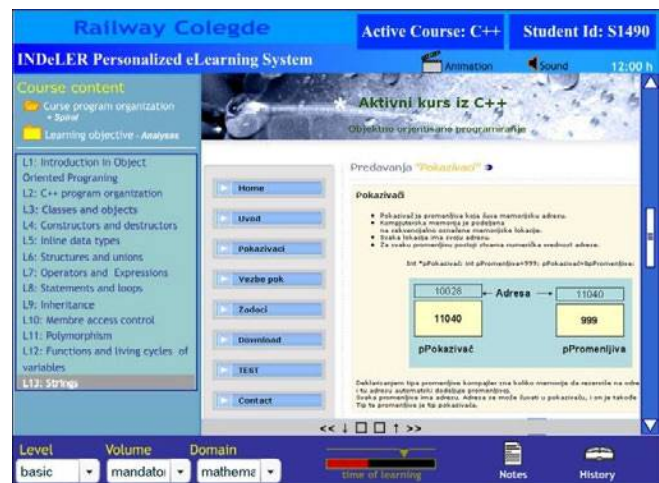
Algoritmi personalizacije sistema INDeLER (INDualized eLEarning), vrše sekvenciranje personalizovanih sesija koje će predstavljati gradivo pohađanog kursa, na osnovu podataka iz studentovog profila. Ako pretpostavimo da je za studenta ST_09 generisan njegov profil i prikazan u TABELI IV, onda će algoritam personalizacije na sledeći način izvršiti sekvenciranje sesija učenja za kurs koji student pohađa, na primer *Programski jezik C++*. Personalizovano sekvenciranje se vrši u nekoliko iteracija.



Slika 1. INDeLER izlazni ekran za učenje programskog jezika C++, sa određenim izborom i organizacijom programskog sadržaja i definisanom strukturom lekcije

Nakon prve faze personalizacije odgovor personalizaovanog eLearning sistema INDeLER je prikazan na Slici 1. koja sadrži *Izlazni ekran eLearning personalizovanih sesija* za učenje programskog jezika C++. Na osnovu korisničkog profila sistem je izvršio personalizaciju nastavnih materijala i metoda učenja. U levom okviru je naveden predloženi sadržaj kursa koji prema *Strukturi programskog sadržaja* i *Obrazovnom cilju* odgovara studentu ST_09. Osim toga, izvršena je personalizacija lekcije sa aspekta *Sadržaja* i

Strukture lekcije. Preporučena struktura lekcije je prikazana u srednjem levom okviru. Studentu su prvo ponuđeni zadaci koje treba da uradi, potom su ponuđeni rešeni primeri gde može da prouči one delove koje u zadacima nije uspeo sam da realizuje i na kraju su ponuđeni testovi. Delovi lekcije koji obuhvataju uvod u lekciju i predavanja su preskočeni jer studentu sa ovim tipom stila učenja (learning style) to ne odgovara.



Slika 2. INDeLER izlazni ekran koji prikazuje simulaciju dodele adrese promenljive pPromenljiva pokazivaču pPokazivač

Personalizacija sa aspekta načina prezentacije obrazovnog materijala i načina izlaganja obrazovnog materijala koji pripada preporučenom pogledu na lekciju, realizuje se na sledeći način:

Na osnovu vrednosti metapodataka za studentov *Način prezentacije obrazovnog materijala* (Lesson's visualization), $Y1=\{2\}$ i *Načina izlaganja obrazovnog materijala* (Lesson's presentation), $Y2=\{1\}$ navedenih u studentovom profilu, vrši se selekcija i povezivanje LO-kata, koji čine prezentaciju i vizualizaciju lekcije.

Pošto je vrednost za $Y1=\{2\}$ to znači da se sekvencira multimedijalna prezentacija lekcije, Slika 2.

U centralnom okviru na Slici 2. je prikazana multimedijalna prezentacija dela lekcije. Gornji deo centralnog desnog okvira sadrži izvorni C++ kod za primer deklarisanja pokazivača, promenljive i dodele adrese promenljive pokazivaču, a donji deo prikazuje simulaciju stanja operativne memorije za ulazno-izlazne operacije i podatke koji se unose.

ZAKLJUČAK

U ovom radu smo, sa jedne strane, naveli faktore koji utiču na eLearning iskustvo (koje nameravamo adaptirati) i sumirivali samo načine na koji se ti faktori ogledaju preko studentovih psiholoških karakteristika (studentov uticaj). Odredjeni su metodi prikupljanja informacija koje opisuju te aspekte i time oslikavaju karakteristike studentovog profila.

Sa druge strane, naveden je izbor pedagoških procesa koji mogu biti modifikovani sa ciljem adaptacije eLearning iskustva (nastavnikov uticaj). Pored toga, navedeno je kako PeLCoM metapodaci prezentuju korespondirajuće didaktičke i metodičke procese i prikazan je primer personalizovanih eLearning sesija.

Modeliran je algoritam koji psihološke, afektivne i motivacione karakteristike studenta, preslikava u pedagosko-didaktičke metode koje određuju oblik, tok, sadržaj, strukturu i vizualizaciju nastavnog procesa i obrazovnih sesija. Definisane su funkcije preslikavanja tih metoda u vrednosti metapodataka vektora XZY personalizovanog modela PeLCoM. Pokazano je kako personalizovani eLearning sistem INDeLER pronalazi, sekvencira i komponuje LO-jekte u personalizovane obrazovne sesije, krojene prema meri svakog pojedinog studenta.

Budući razvoj obuhvata evaluaciju predloženog metoda personalizacije elektronskog učenja realizovanog korišćenjem sistema INDeLER, i sprovođenje eksperimenta koji bi ispitao njegovu uspešnost i efikasnost.

LITERATURA

- [1] Felder R. M., Brent R., "Understanding Students Differences", Journal of Engineering Education, 94 (1), 2005, pp. 57-72.
- [2] Brusilovsky P., Peylo C., "Adaptive Hypermedia", User Modeling and User-Adapted Interaction 11, Kluwer Academic Publishers, 2001, pp. 87-110.
- [3] H. Hong & Kinshuk, "Adaptation to Student Learning Styles in Web Based Educational Systems", Proceedings of ED-MEDIA 2004 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Lugano, Switzerland, June 21-26 2004, pp.491-496.

- [4] G. Magoulas, K. Papanikolaou, M. Grigoriadou, "Adaptive webbased learning: accommodating individual differences through system's adaptation", British Journal of Educational Technology. Vol 34(4) 2003, Available at: <http://www.dcs.bbk.ac.uk/~gmagoulas/bjet.pdf>
- [5] Milosevic D., Brkovic M., Bjekic D., "Designing Lesson Content in Adaptive Learning Environments", iJET International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2006. Available at: www.i-jet.org
- [6] Jovanovic, D., Rudan, S. "Individualno vodjen e-Learning sistem", INFOTEH2005, Vrnjacka Banja 2005. sekcija:7. E-obrazovanje, 7.3.pdf, pp. 1-6
- [7] Jovanovic, D., Zizovic, M., Jokanovic, D. "Struktura informacionog modela personalizovanog eLearning sadrzaja", INFOFEST2006, Budva, 2006. pp. 244 – 251
- [8] Jovanovic, D., Zizovic, M. "eLearning objects' types in the Personalized eLearning Model", TRANSPORT2006, Sofija, 2006. pp. XI-7 - XI-13
- [9] Jovanović, D., Milošević, D., Žižović, M., Personalized e-Learning by Mapping Student's Learning Style and Preference to PeLCoM Metadata, ANNALS of the University of Petrosani mechanical engineering, VOL. 10 (XXXVII), Editura UNIVERSITATIS, ISSN 1454-9166, PETROȘANI – ROMANIA, 2008. p. 103-112
- [10] Jovanovic D., "Organizacija nastave iz predmeta Algoritmi i programiranje na smeru Informatika u Visoj zeleznickoj skoli", LogVD2004, Ziline, Slovakia
- [11] Felder R., Soloman B., "The Index of Learning Styles® (ILS)", 1991. Available at: <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>
- [12] Keefe, J (ed.) "Student Learning Styles: Diagnosing and Describing Programs", National Secondary School Principals. Reston VA. 1979
- [13] Sharp, J.E., "A Resource for Teaching a Learning Styles/Teamwork Module with the Soloman-Felder Index of Learning Styles", Proceedings: Frontiers in Education Conference, Washington, D.C.: ASEE/IEEE, 2003.
- [14] Felder, R.M., Silverman, L.K., "Learning and Teaching Styles in Engineering Education", Engineering Education, Vol.78, No. 7, 1988, pp. 674–681. Available at: <http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/LS-1988.pdf>
- [15] Felder, R.M., "Matters of Style," ASEE Prism, Vol. 6, No. 4, 1996, pp. 18–23. Available at: www.ncsu.edu/felder-public/Papers/LSPrism.htm.
- [16] Felder, R.M., "Reaching the Second Tier: Learning and Teaching Styles in College Science Education", Journal of College Science Teaching, Vol. 23, No. 5, 1993, pp. 286–290. Available at: www.ncsu.edu/felderpublic/Papers/Secondtier.html.
- [17] Vassileva, J., "Reactive Instructional Planning To Support Interacting Teaching Strategies", Proceedings of AI-ED 95, World Conference on AI and Education, AACE: Charlottesville, VA, 1995, 334-342.
- [18] Jovanović, D., Milošević, D., Žižović, M., INDeLER: eLearning Personalization by Mapping Student's Learning Style and Preference to Metadata, iJET International Journal of Emerging Technologies in Learning - www.i-jet.org, novembar 2008. iJET, Vol 3, No 4

IT PROJEKAT RAZVOJA ADAPTIVNOG VEB BAZIRANOG SISTEMA ZA UČENJE

IT PROJECT FOR ADAPTIVE WEB-BASED LEARNING SYSTEM DEVELOPMENT

Eleonora Brtka¹, Vesna Makitan¹, Vladimir Brtka¹, Ivana Berković¹
Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin¹

Sadržaj – U ovom radu je prikazan doprinos upravljanja projektima informacionih tehnologija (IT) u oblasti naučnoistraživačkog rada. Predstavljenim IT projektom je obuhvaćeno definisanje cilja naučnog istraživanja, zatim njegovo planiranje, alokacija potrebnih resursa, posebno uzorka istraživanja (pored hardverskih i softverskih resursa), uspostavljanje vremenskih rokova, komunikacije na projektu, praćenje realizacije i kontrole, kao i upravljanje izmenama. Ovakav prikaz ima svrhu da apostrofira značaj primene upravljanja IT projektima i u oblasti naučnoistraživačkog rada, kao jednog od bitnih faktora njegovog uspeha.

Abstract – This paper presents information technology (IT) project management contribution to the scientific exploration working area. This IT project consists of defining scientific research, its planning, resource allocation, especially research sample (beside hardware and software resources), defining deadlines, project communication, monitoring and control, as well as change management. This approach has a purpose to stress importance of IT project management for scientific research work, as one of the most important factors of its success.

1. UVOD

Upravljanje projektima se potvrdilo kroz svoje brojne uspešno realizovane projekte različitih vrsta i danas je sastavni deo realizacije poslova u svim sferama ljudske delatnosti. Primena ovih standarda i metodologije u sferi naučnoistraživačke delatnosti ima višestruki značaj: omogućava bolje definisanje strukture potrebnih aktivnosti, pravovremenu alokaciju potrebnih resursa, utvrđivanje potencijalnih rizika i reakcija na rizike, praćenje realizacije i održavanje postavljenog kursa istraživanja, kao i dokumentovanje rezultata i izveštavanje. Na taj način upravljanje projektima u naučnoistraživačkom radu doprinosi boljoj kontroli i većoj uspešnosti ovoga rada.

Prethodno navedeno je, na primeru realizacije istraživanja u oblasti informacionih tehnologija primenom standarda i metodologije upravljanja projektima, prikazano u ovom radu. Cilj je da se promovise šira primena upravljanja projektima u naučnoistraživačkom radu i, kao što je navedeno, omogućiti veća uspešnost. Prema tome, u ovom radu je za potrebe naučnoistraživačkog rada u oblasti informacionih tehnologija prikazana realizacija IT projekta *Razvoj adaptivnog veb baziranog sistema za učenje* kroz faze planiranja, realizacije, praćenja i kontrole i zatvaranja projekta. Kao podrška upravljanju ovim projektom korišćen je softver Microsoft Project, jedan od alata za upravljanje projektima.

2. PLANIRANJE PROJEKTA

Odabrana oblast istraživanja se odnosi na problematiku adaptivnih veb baziranih sistema u oblasti e-učenja. U fazi planiranja je primarno definisana struktura naučnog rada i prema tome utvrđene potrebne aktivnosti/poglavlja istraživanja:

1. Uvodna razmatranja
2. Metodologija istraživanja
 - 2.1. Predmet istraživanja
 - 2.2. Ciljevi istraživanja
 - 2.3. Zadaci istraživanja
 - 2.4. Hipoteze istraživanja
 - 2.5. Očekivani rezultati
3. Teoretska pozadina istraživanja
 - 3.1. Standardi
 - 3.2. Prethodna istraživanja
4. Tehnike i metode potrebne za razvoj veb adaptivnog sistema za učenje
 - 4.1. Mere rastojanja
 - 4.2. Flesch test čitljivosti
 - 4.3. Flesch-Kincaid test čitljivosti
 - 4.4. Gunning-Fog indeks čitljivosti
 - 4.5. Leksička gustina, semantička gustina i čitljivost
5. Model adaptivnog veb baziranog sistema za elektronsko učenje
 - 5.1. Geneza modela
 - 5.2. Mogućnost adaptacije u sistemu za e-učenje
 - 5.3. Implementacija modela
6. Testiranje sistema i eksperimenti
 - 6.1. Formiranje test baze obučavajućih materijala
 - 6.2. Formiranje test baze instanci modela učenika
 - 6.3. Postupak sprovođenja eksperimenata
 - 6.4. Variranje skupa *Ako - Onda* pravila
7. Zaključna razmatranja
8. Literatura
9. Prilozi

Navedene aktivnosti koje se odnose na samo istraživanje su podržane aktivnostima:

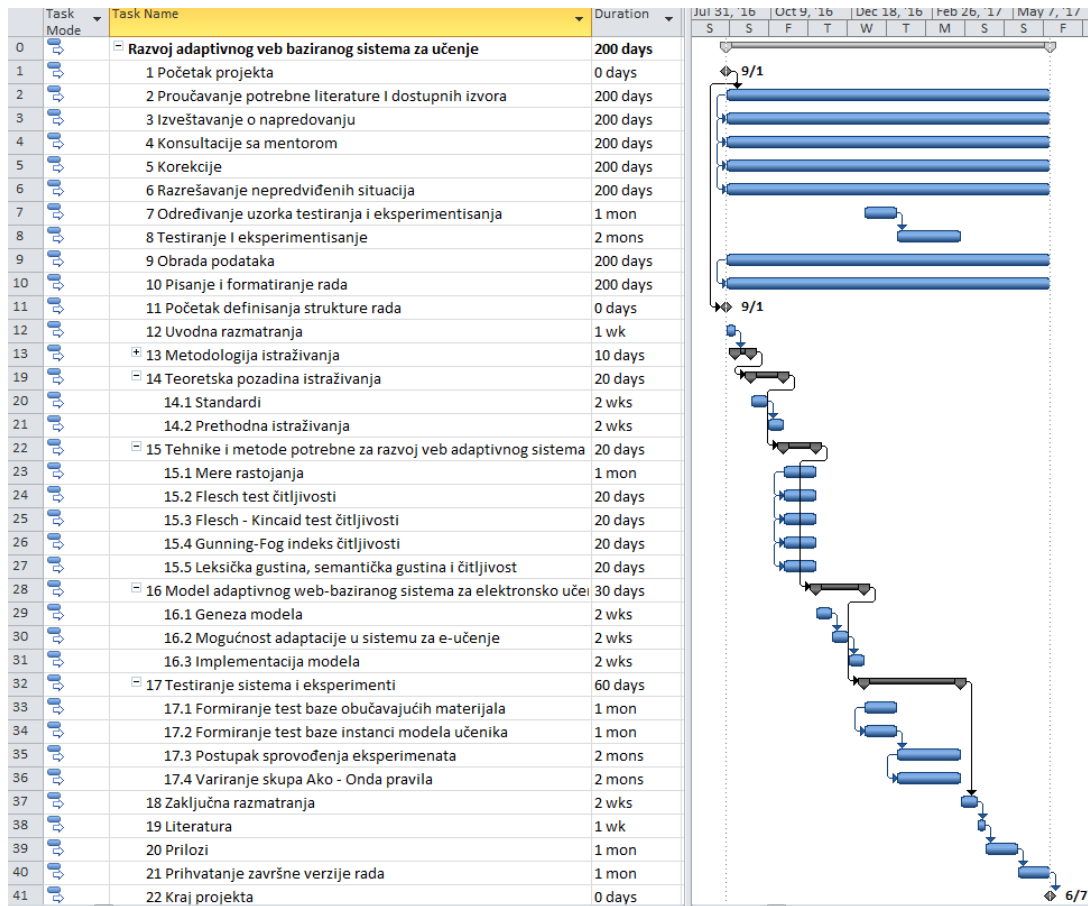
- Proučavanje potrebne literature i dostupnih izvora,
- Izveštavanje o napredovanju,
- Konsultacije (prvenstveno sa mentorom),
- Korekcije,
- Razrešavanje nepredviđenih situacija,
- Određivanje uzorka testiranja i eksperimentisanja,
- Testiranje i eksperimentisanje,
- Obrada podataka,
- Pisanje i formatiranje rada,
- Pribavljanje završne verzije rada.

Sve zajedno ove aktivnosti čine WBS (Work Breakdown Structure) drugog nivoa koji je prikazan na slici 1. U

pitanju je polazni plan IT projekta *Razvoj adaptivnog veb baziranog sistema za učenje* na osnovu kojeg je realizovan projekat, odnosno istraživanje. Kako bude odmicao projekt/istraživanje biće predložen i WBS trećeg i narednih nivoa po potrebi, s obzirom na više informacija koje će tada biti dostupne.

Takođe, pretpostavlja se da su u toku realizacije moguće izmene plana, posebno u vezi sa trajanjem aktivnosti, što ipak ne bi trebalo da ugrozi sam projekat.

Ljudski resursi predviđeni za realizaciju ovog projekta su istraživači Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu, kao i njegovi studenti. Oprema, laboratorije i ostali materijali su prvenstveno sa Fakulteta, a zatim i lični.

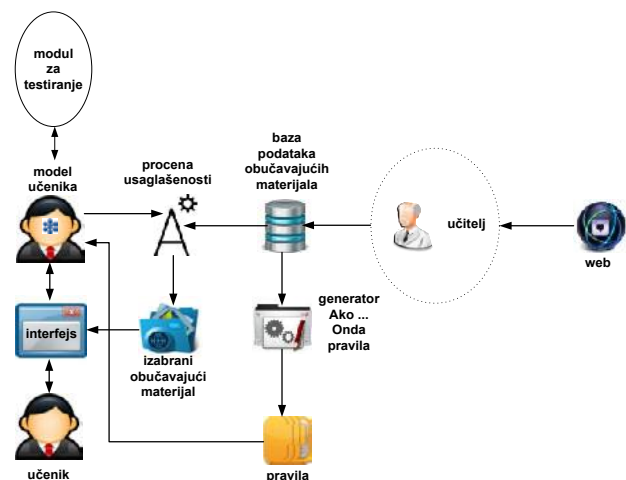


Slika 1. WBS projekta *Razvoj adaptivnog veb baziranog sistema za učenje* u MS Project-u

3. REALIZACIJA PROJEKTA

Realizacijom projekta koja se odnosi na strukturu naučnoistraživačkog rada je definisan model sistema čije su osnovne komponente: učenik, učitelj i obučavajući materijali. Model je proširiv i domenski nezavistan. Istražena je interakcija između komponenti modela, pre svega između učenika i obučavajućih materijala. Razvijen je modul za procenu usaglašenosti potreba učenika sa jedne strane i sadržaja obučavajućih materijala sa druge strane [1]. Korišćene su mere udaljenosti odnosno sličnosti, na taj način postignuta je delimična adaptibilnost modela [2]. Adaptibilnost modela proširena je modulom koji koristi *Ako - Onda* pravila generisana od strane sistema baziranog na Teoriji grubih skupova [3]. Pravila u *Ako - Onda* formi procenjuju uticaj obučavajućih materijala na učenika i shodno proceni vrše adaptaciju. Model je implementiran, testiran i korišćen za vršenje eksperimenata na test skupu obučavajućih materijala i učenika. Pokazano je na koji način se vrši adaptacija u okviru korišćenog sistema. [1]

Predloženi model adaptivnog veb baziranog sistema za e-učenje prikazan je na slici 2.



Slika 2. Model adaptivnog veb baziranog sistema za e-učenje [1]

Model učenika je dat u Tabeli 1, a model obučavajućeg materijala u Tabeli 2. Svaki učenik predstavljen je svojom instancom modela učenika, a svaki obučavajući materijal predstavljen je instancom modela obučavajućeg materijala. Učitelj prikuplja instance modela obučavajućih materijala (ili se to vrši automatski pod nadzorom učitelja).

Tabela 1. Atributi učenika [1]

Naziv	Opis
ime	Lično ime učenika.
prezime	Prezime učenika.
korisničko ime (user name)	Korisničko ime učenika za prijavu na adaptivni veb bazirani sistem za e-učenje.
šifra (password)	Šifra, lozinka, u paru sa korisničkim imenom učenika.
starost (uzrast, datum rođenja)	Starost učenika u smislu broja godina od datuma rođenja ili broja godina prethodnog školovanja, npr. studentu druge godine osnovnih studija je to 14-a godina obrazovanja. Ovo može biti i razred koji učenik trenutno pohađa, npr. sedmi razred osnovne škole, drugi razred srednje škole, treća godina osnovnih studija, itd.
tema	Oblast za koju je učenik zainteresovan odnosno oblast obučavanja ili naziv kursa. Tema uobičajeno ne obuhvata opširnu oblast.
jezik	Jezik ili jezici na kojima student može da komunicira. Treba voditi računa o nivou razumevanja konverzacije, pisanog ili izgovorenog teksta.
trajanje	Koliko vremena student (ili sistem) procenjuje da kurs treba da traje. Po pravilu studenti mogu proceniti svoje kapacitete i odabrati kurs pogodnog vremenskog trajanja, dok isto važi i za učenike ali u manjoj meri.
sematička gustina	Obeležje vezano za procenu mogućnosti studenta od strane sistema. Procenu može uraditi i učenik. Ovo je agregirana vrednost.
nivo interakcije	Koji nivo interakcije učenik želi ili koji nivo interakcije preporučuje sistem: rešavanje testa, pisanje programskog koda, "živu" komunikaciju sa učiteljem, drugim korisnikom sistema ili korisnikom usluga web-sajta koji je razvila treća strana (3 rd party).
težina	Može biti agregirana kategorija koja se sastoji od većeg broja činilaca. Učenik može da bira "težinu" obučavajućih materijala. Ovu vrednost može menjati i sistem.

Modul za procenu usaglašenosti, bira instance modela obučavajućeg materijala koje odgovaraju učeniku, a pravila koja su generisana od strane generatora *Ako - Onda* pravila menjaju instancu modela učenika. Promena eventualno zavisi od rezultata testa koji se sprovodi pomoću modula za testiranje. Uticaj učenika na sistem postignut je zadavanjem parametara za izbor obučavajućih materijala, a uticaj sistema na učenika postignut je izmenom instance modela učenika. Na ovaj način postignuta je adaptibilnost sistema.

Takođe, testirano je kako modul za procenu usaglašenosti instance modela učenika i instance modela obučavajućeg materijala, bira linkove ka obučavajućim materijalima koji se isporučuju učeniku, odnosno kako se menja instanca modela učenika. Izvršeno je osam eksperimenata

nad ukupno 220 instanci modela obučavajućih materijala i 70 instanci modela učenika. Eksperimenti pokazuju kako variranje skupa *Ako - Onda* pravila utiče na promenu ponašanja sistema. [1]

Pored ovoga, potvrđene su hipoteze istraživanja i istaknuti su teorijski i praktičan doprinos rada:

- Teorijski doprinos rada je model adaptivnog veb baziranog sistema za e-učenje, a odnosi se i na sagledavanje mogućnosti primena tehnika iz domena data mining-a [4,5] u cilju formiranja i variranja skupa *Ako - Onda* pravila kojima je izražena zavisnost između karakteristika obučavajućih sadržaja (gradiva) i karakteristika učenika.
- Praktični doprinos rada je implementacija adaptivnog veb baziranog sistema za učenje prema teorijskom modelu i primena sistema u praksi. Očekivani rezultat korišćenja sistema od strane učenika je povećanje nivoa samoobučavanja. Sistem vrši inicijalni izbor obučavajućih materijala pomoću modula za procenu usaglašenosti, međutim povećanje nivoa samoobučavanja omogućeno je time što učenik može da bira gradivo koje će proučavati, na osnovu predloga sistema. [1]

Tabela 2. Atributi pomoću kojih su definisani obučavajući materijali [1]

Naziv	Opis
Starost (uzrast)	Uzrast za koji je materijal namenjen, godine starosti, ili broj godina prethodnog obrazovanja.
Jezik	Jezik na kome je materijal prezentovan.
Tema	Kratak opis obučavajućeg materijala, šta će učenik naučiti, ključne reči.
Link	Link ka početnoj stranici na web-u.
Trajanje	Procenjeno vremensko trajanje koje je potrebno da obučavajući materijali budu usvojeni.
Flesch Reading Ease Score (FRES)	Flesch-ov skor čitljivosti (razumevanja)
Flesch-Kincaid Grade Level (FKGL)	Flesch-Kincaid-ov skor čitljivosti (razumevanja)
Leksička gustina	Skor leksičke gustine
Čitljivost	Skor opšte lakoće čitljivosti, Gunning Fog Index
Broj reči	Broj reči teksta (ukoliko obučavajući materijal sadrži tekst)
Slike (crteži, dijagrami, šematski prikazi, grafici)	Broj slika (ukoliko postoje)
Formule	Broj formula
Linkovi	Broj linkova ka drugim web stranicama
Video zapisi	Broj video zapisa koji su prisutni u obučavajućem materijalu
Test	Obučavajući materijal nudi mogućnost testiranja
Programski kôd	Obučavajući materijal nudi mogućnost pisanja i testiranja programskog koda
Komunikacija	Obučavajući materijal nudi mogućnost

	"žive" komunikacije
Težina	Procenjena težina obučavajućeg materijala.

4. PRAĆENJE I KONTROLA PROJEKTA

Praćenje i kontrola projekta su omogućeni kroz aktivnosti Izveštavanje o napredovanju, konsultacije i korekcije. Povezanost ovih aktivnosti i njihov paralelni tok su očigledni. Ovakvom organizacijom je omogućen kontinuitet u realizaciji projekta/istraživanja. Na osnovu izveštavanja o onome što je u istraživanju urađeno, na konsultacijama (prvenstveno sa mentorom), bilo je moguće realizovati potrebne korekcije, kao i dalji rad na istraživanju.

Takođe, praćenje i kontrola projekta obuhvataju i aktivnost Razrešavanje nepredviđenih situacija. Ova aktivnost se prvenstveno odnosi na aktivnosti Testiranja sistema i eksperimentisanje, jer je potrebno utvrditi grupe za testiranje, pripremiti potrebne materijale i postaviti moguće termine. U zavisnosti od poslednjeg može doći do eventualnog produženja realizacije projekta, što se u ovom slučaju i desilo. Međutim, navedeno produženje nije uticalo na uspeh projekta.

5. ZATVARANJE PROJEKTA

Zahvaljujući uspešnoj realizaciji faza projekta, navedenih u prethodnim poglavljima, omogućeno je uspešno zatvaranje projekta. Njime je obuhvaćeno dokumentovanje istraživanja i njegovih rezultata u odgovarajućoj formi koju predviđa odabrana vrsta naučnoistraživačkog rada (doktorska disertacija). Ovo je obuhvaćeno aktivnošću Pisanje i formatiranje rada.

Aktivnost Prihvatanje završne verzije rada predstavlja formalni završetak IT projekta Razvoj adaptivnog veb baziranog sistema za učenje.

Pored ovoga, zatvaranjem su sumirana iskustva stečena u realizaciji ovog projekta, kao i naučena dobra praksa koja može poslužiti za uspešnu realizaciju budućih sličnih projekata.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana realizacija IT projekta *Razvoj adaptivnog veb baziranog sistema za učenje*, kojim je

ukazano na doprinos primene upravljanja IT projektima u naučnoistraživačkom radu. Iskustva koja su opisana mogu biti primenjena šire i na taj način povećati uspešnost u polju naučnog istraživanja. Neke od prednosti primene upravljanja IT projektima u naučnoistraživačkom radu su:

- veća transparentnost rada koja proizilazi iz redovnog izveštavanja,
- kontinuitet u radu koji je rezultat pridržavanja jasno postavljenog plana aktivnosti i rokova,
- primena iskustava stečenih u realizaciji ovog IT projekta u budućim istraživanjima.

Nedostaci se ogledaju u manjku volje da se naučno istraživanje realizuje kroz projekat informacionih tehnologija i pribegavanju više stihijskom načinu rada. Takođe, nedostatak je nepoznavanje metodologije upravljanja IT projektima, njegovih alata i tehnika koje mogu doprineti uspehu realizacije naučnog istraživanja.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

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

LITERATURA

- [1] Brtka, E., Model adaptivnog web-baziranog sistema za učenje, doktorska disertacija, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, 2015.
- [2] Uspensky, J. V. Theory of Equations. New York: McGraw-Hill, p. 256, 1963.
- [3] Z. Pawlak, A. Skowron: Rudiments of rough sets, An International Journal of Information Sciences 177, 2007, pp. 3–27.
- [4] Gaudioso E., Talavera L.: Data mining to suport tutoring in virtual learning communities: Experiences and challenges. In C. Romero & S. Ventura (Eds.), Data mining in e-learning, Southampton UK, Wit Press, pp. 207 – 226, 2006.
- [5] Hand, H. Mannila, P. Smyth (2001). Principles of Data Mining. MIT Press, Cambridge, MA. ISBN 0-262-08290-X. OCLC 226126187.

KORIŠĆENJE DRUŠTVENIH MREŽA U NASTAVNOM PROCESU THE USE OF SOCIAL NETWORKS IN TEACHING PROCESS

Natalija Vugdelija, Nenad Kojić¹

Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije, Beograd¹

Sadržaj – *Kontinualno obrazovanje je izuzetno značajno u današnje vreme, naročito za oblasti poput informacionih i komunikacionih tehnologija, koje se brzo razvijaju i inoviraju. Nastavni proces ima za cilj osim sticanja potrebnih znanja i osposobljavanje za buduće samostalno učenje, pa je značajno podstaći aktivnu ulogu studenata i nastavnika u procesu obrazovanja. Društvene mreže spadaju među najpopularnije web servise, a sve više se koriste u obrazovanju. U ovom radu je prikazano kako se društvene mreže mogu iskoristiti za unapređenje nastavnog procesa. Analizirani su efekti korišćenja ovih servisa u učenju i nastavi u Visokoj ICT školi u Beogradu i može se videti da su društvene mreže moćan alat koji može korisno da se upotrebi za dodatno unapređenje nastave i povećanje motivacije studenata za učenjem.*

Abstract - *Continual education is very important in modern world, especially for topics like information and communication technologies, which have rapid increase. Besides knowledge transfer, goal of education process is also preparing for selfeducation. Therefore, it is important to stimulate active role of students and teachers in education process. Social networks are one of the most popular web services, and their usage in education constantly increases. In this paper it is demonstrated how social networks can be used to improve teaching process. Effects of using such services have been analyzed on example of ICT college, Belgrade, and it can be seen that social networks are a powerful tool that can be used for improvement in teaching process and for increasing students motivation for learning.*

[1] UVOD

Nastavni proces ima za cilj učenje, odnosno unapređivanja znanja, veština i sposobnosti. Učenje predstavlja sintezu formalnog, neformalnog i informalnog znanja. Formalno obrazovanje podrazumeva postojanje obrazovnog sistema koji je organizovan i upravljn od strane države/ državnih institucija, bez obzira da li je država osnivač ili su osnivači privatna lica. Pod neformalnim obrazovanjem podrazumevamo one vrste učenja koje se razvijaju i neguju van formalnog, zadatog i obaveznog institucionalnog obrazovanja, a u okviru alternativnih struktura. Informalno obrazovanje predstavlja neplanirano učenje i sticanje znanja kroz svakodnevne aktivnosti. Učenjem mladi ljudi stiču znanja i razvijaju razne vrste sposobnosti i to: komunikacijske, liderske, za konstruktivno rešavanje konflikta, za timski rad, za intelektualno razumevanje, kao i za rešavanje sa uspehom raznih vrsta problema.

Ljudi su društvena bića po prirodi. Tako je bilo i pre nastanka Interneta, kada su se družili u raznim zajednicama, gradili kontakte i prijateljstva na trgovima, javnim prostorima, pijacama, salonima. Danas se ništa nije promenilo osim što većina od nas ima virtuelno mesto koje predstavlja naš identitet iz analognog sveta, a u mreži je sa ostalima i njihovom komunikacijskom dinamikom kreira virtuelnu sferu.

Ubrzani tehnološki razvoj, kao i ekspanzija Interneta u poslednjih 20 godina uticali su na skoro svaki aspekt ljudskog društva. Jednostavna i brza razmena podataka, kao i dostupnost velikog broja podataka na globalnoj mreži učinili su Internet neizostavnim faktorom razvoja svakog segmenta društva[1]. Pod uticajem novih tehnologija i mogućnosti koje pruža globalna mreža, došlo je i do promena u komunikaciji između ljudi. Postojeće forme komuniciranja dobile su svoje elektronske ekvivalente. Društveni mediji je uopšten pojam koji obuhvata veliki broj platformi i aplikacija koje omogućavaju korisnicima da komuniciraju, saraduju i razmenjuju podatke. Podrazumeva postojanje web alata kojima je moguće lako pristupiti, koji su jednostavni za korišćenje, kojima je moguće iskoristiti ili generisati određene informacije kao on-line odgovor ili reakciju na sve što se dešava u životu pojedinca[2].

Društvene mreže su važne jer izgrađuju odnose i veze u različitim kontekstima. Ljudi se društveno angažuju, razmenjuju informacije, traže vrednovanje i priznanje sebe u grupi, odobravanje sopstvenog statusa i to se dešava na veoma lak način. Današnji oblik društvenih mreža korisniku pruža mnogobrojne opcije kada je u pitanju izbor komunikacijskih praksi, društvena angažovanost na umreženom prostoru, privatnost i kontrola informacija. Većina omogućava formiranje grupa po interesovanjima ili nečemu drugom. Neke se mogu koristiti u profesionalnom razvoju, neke u obrazovne svrhe, a neke i za jedno i za drugo[3]. U nastalom okruženju i proces učenja i obrazovanja trpi promene i prilagođava se novonastalim trendovima[4].

Uporedo sa razvojem novih web servisa i alata ispituju se mogućnosti i načini na koje bi se implementirali društveni mediji u sistem prenosa znanja. Postavljaju se pitanja koji mediji bi bili najefikasniji i dali najbolje rezultate u procesu učenja; kako ih prilagoditi i približiti krajnjim korisnicima[5][6].

U ovom radu je predstavljena analiza funkcionisanja društvenih mreža u svojstvu okruženja za učenje. Cilj rada je da se prikaže da su društvene mreže dobra podrška

nastavnom procesu u smislu postignuća pozitivnih rezultata učenja.

[2] MOGUĆNOSTI DRUŠTVENIH MREŽA U NASTAVNOM PROCESU

Novi trendovi u obrazovanju ukazuju na to da bi nastavnik trebalo da ima ulogu koordinatora aktivnosti a ne samo predavača, dok bi studenti bili aktivni učesnici u nastavi, a ne samo posmatrači. To znači da studenti treba što više da sami usvajaju određena znanja uz stručni nadzor i uputstva nastavnika. Na taj način razvija se kreativnost, sposobnost za samostalno rešavanje problema i poštuje individualnost studenta. Forsira se grupni i individualni rad kojima veoma pogoduje primena informacionih tehnologija[7].

Interakcija čoveka i kompjutera nije samo mehanički odnos. U ovom odnosu posreduje hipotetički interfejs, "interfejs između kompjuterske tehnologije i kognitivne psihologije", koji predstavlja kompleksnu interakciju između ljudske kognicije i kompjuterskog okruženja[8]. Student razvija sposobnosti koje može da primeni u rešavanju realnih problemskih situacija[9].

Pedagoška osnova za primenu alata informacionih i komunikacionih tehnologija (ICT-a) bile su, do tada već ustanovljene pedagoške teorije, od kojih su se izdvajale konstruktivističke teorije učenja, jer su se na osnovu njih izdvojili dobri primeri učenja na Net-u koji kombinuju moć Interneta da pruži obilje informacija iz različitih izvora, da bude medijum za publikovanje stavova i informacija za svakog čoveka i mogućnost da se iskoristi Internet kao komunikacioni kanal za pravljenje saradničke grupe za učenje. Mnogi edukatori međutim nalaze da su ove pedagoške teorije nastale pre pojave „digitalnog doba“ i da ne odgovaraju promenjenom profilu studenta u smislu načina učenja i komunikacije i da pitanje socijalizacije i individualizacije učenja posmatraju konzervativno, bez suštinskog shvatanja koliko je proces socijalizacije promenjen kroz korišćenje Interneta kao sredstva za komunikaciju[10]. Učenje je moguće kroz konstantnu izgradnju društava „network“, kapacitet da se uči je važniji od trenutnog znanja, početna tačka učenja nije sadržaj već kontakt sa osobama, grupama, nodovima za učenje, znanje poseduje grupa a ne pojedinac – ovo su osnove nad kojom je podignuta nova pedagoška teorija pod nazivom konektivizam[11].

Razlozi i načini za korišćenje socijalnih mreža u nastavnom procesu su višestruki. Društveni mediji obuhvataju razne alate, aplikacije i platforme koje mogu da obezbede obilje resursa i materijala za podršku svim kursevima[12]. Moguće je korišćenje svih resursa koje nude društvene mreže: diskusije, forumi, razgovori, poređenja, saradnje, razmenu mišljenja i umrežavanje[13].

Sistemi interaktivnog učenja na daljinu mogu se realizovati primenom različitih medija:

- auditivni (interaktivne tehnologije za audio komunikaciju koji mogu spadati u pasivne audio

uređaje jer povratna informacija izostaje ili se prima u odloženom vremenu ili aktivne sa dvosmernom audio komunikacijom)

- vizuelni (pokretne i nepokretne slike u kombinaciji sa interaktivnom auditivnom komunikacijom, jednosmernom ili dvosmernom, video sa dvosmernom audio komunikacijom)
- štampanim materijalima i elektronskom poštom kojom se može obezbediti povratna informacija u realnom a najčešće u odloženom vremenu
- kompjuterske interaktivne komunikacije (elektronski komunikacioni kanali za interaktivnu komunikaciju sa različitim lokacija širom sveta koji se koriste za praćenje predavanja, prakse učenika, za naučne skupove i promocije).

Twitter kao servis društvenih mreža za kratku i efikasnu razmenu informacija može imati pozitivan uticaj nad obrazovnim akterima zbog nekih svojih dobrih karakteristika. Kao prvo, korišćenjem Twitter-a može se angažovati obrazovanje u smislu deljenja najbolje prakse koje nastavnik koristi i kao sredstvo analize i objekta analize. Menja se dinamika u učenju, vrši se povezivanje ljudi koji se ne bi drugačije sreli. Učenje se čini zabavnim i studenti imaju bolji uvid u ono što se stvarno dešava na kursevima. Ovaj servis omogućava brzu najavu i njegove postavke se ograničavaju na samo 140 znakova što zaista fokusira pažnju. Takođe, vodi se evidencija razgovora studenata na određenu temu.

Virtuelni aspekti školovanja su dobro predstavljeni u Twitter porukama. To može biti korisno za profesionalni razvoj i izgradnju prave obrazovne zajednice. Nastavnici mogu sami da odrede kako će studentima biti na raspolaganju, a mogu i pisati beleške sa predavanja. Ako nastavnik hoće da studenti koji su kod njega na kursu prate i nastave razgovor ili da se ta tema nalazi na vrhu, koristi se hashtag # uz naziv teme kursa. Recimo da je predavanje o bežičnim pristupnim mrežama. Hashtag može biti # WiFi. Onda svako može pratiti hashtag i ostati na najnovijim informacija. Kada postoji hashtag, nastavnik može da koristi Twitter da pruži dodatne sadržaje posle kursa. Takođe ga može koristiti da bi dobili odgovore od svojih studenata kao i povratne informacije. Oni mogu da dodaju neke misli ili savete koje su naučili. Alternativno, nastavnici mogu da kreiraju naloge ili Twitter navode specifične za kurs koji studenti mogu da prate, što čini da lako pronađu jedni druge na Twitter-u.

Postoje određeni dodaci socijalne mreže Twitter koji povećavaju ovoj mreži funkcionalnost tako što čine da se na mikroblog mogu dodati medijski sadržaji, upitnici, duži tekstovi i slično. Twournal je jedan od njih. Ljubitelji i korisnici Twittera uz ovaj dodatak mogu da naprave žurnal svojih tvitova ili fejs-poruka. Žurnal ili dnevnik treba shvatiti uslovno jer se od tvitova može sačiniti prava elektronska knjiga u PDF formatu. Logično je da se na ovu uslugu registrovanje vrši povezivanjem tvit- naloga, ali može se kreirati i potpuno novi nalog. Uz tvitove mogu se dodati i odgovori, slike... Ukoliko se želi veliki broj stranica dnevnika, onda se mora opredeliti za jednu

od plaćenih verzija ovog alata. Ukoliko se Twitter koristi u profesionalnom razvoju ili u nastavi, probranim tvitovima može se dokumentovati proces rada.

Zatim, tu je Twiends za povezivanje sa osobama po interesovanjima. Na mreži svako ko želi može oglasiti svoj Twitter ili liste i druge ponude. Krajnji cilj ove promocije je porast zajednice pratilaca za posebne usluge naglašene promocije. Ukoliko je Twitter važan deo lične obrazovne mreže, onda svakako postoji razlog da se zajednica poveća i da se koristi ova mreža kao jedan od načina promocije.

Twibbon je dodatak gde se Twitteru omogućava kampanja i proširenje zajednice putem automatskog pronalaženja pratilaca po sličnosti ili nekom drugom parametru koji servis određuje. Ukoliko obrazovna ustanova ima Twitter-nalog, na ovaj način se mogu lakše pronaći eventualni partneri u nekom projektu, izvršiti uticaj neke ideje, raširiti vest o nekoj akciji itd.

Twitcam je sjajan alat za video uživo preko Twittera, za video-komunikaciju sa prijateljima na Twitteru. U obrazovanju je ovaj dodatak koristan za davanje kratkih instrukcija, brze dogovore sa grupom i slično. Sličan alat je i Twitpic za deljenje slike i video zapisa u realnom vremenu. Ovo je funkcionalna mogućnost kad se želi da se sa grupom učenika ili kolega hitro podeli originalni medijski sadržaji sa lica mesta. Recimo, želi se da se prenese kolegama atmosfera sa nekog stručnog skupa ili slično.

TweetChat je alat namenjen ćaskanju putem Twittera, ali se može koristiti i samostalno, kreirajući samostalan nalog, a ne povezujući ga sa Twitterom.

Twiducate je mreža više edukativne prirode, gde profesori mogu da postavljaju zadatke, dele ideje. Samo profesori i studenti mogu da pristupe postovima u virtuelnim učionicama, kreirajući bezbedno okruženje za učenje. Twiducate je društvena mreža zatvorenog tipa, slična klasičnom Facebook-u, uz kontrolu profesora-administratora, nastala 2009. god. Osim toga, ona je besplatna i za njeno korišćenje nije potrebna nikakva instalacija.

[3] KORIŠĆENJE TWITTERA U NASTAVNOM PROCESU

U Visokoj ICT školi, tokom prvog trimestra u školskoj godini 2015-2016, korišćene su društvene mreže u realizaciji nastave predmeta Mreže nove generacije, na specijalističkim studijama. Broj studenata koji je te školske godine prijavio kurs, je bio 52. Njima je na samom početku bila data mogućnost da deo predispitnih obaveza mogu ostvariti dobrovoljnim prijavljivanjem za izradu seminarskog rada, za šta se odlučilo 47 studenata.

Teme seminarskih radova i projekata su bile definisane u saradnji sa studentima i obuhvatale su različite aspekte Mreža nove generacije. Studenti su tom prilikom podeljeni u manje grupe do maksimalno 7 studenata po

grupi, pri čemu je svakoj grupi dodeljena tema seminarskog rada. U dva slučaja je više grupa imalo istu temu, pa su grupe morale dodatno da sarađuju između sebe da ne bi došlo do preklapanja. Studenti su izabrali društvenu mrežu Twitter kao poligon za razmenu potrebnih materijala za izradu seminarskih radova na zadatu temu, poput pdf fajlova, slika i video materijala. Tom prilikom je kreiran poseban nalog koji je bio zatvorenog karaktera, isključivo za studente koji su birali ovaj predmet.

Studenti su imali prilike da koriste sve dostupne alate koje Twitter pruža. Prvo su se sami unutar svake grupe organizovali i podeli međusobno zadatke, kako bi uspešno uradili seminarski rad. Studenti su sami sebi zadavali tempo izrade seminarskog rada u zavisnosti od drugih obaveza koje su imali u tom trimestru. Oni su se periodično po potrebi uključivali na Twitter i na dnevnom nivou ili ređe, postavljali delove rada koje su do tog trenutka uradili, ostavljali komentare, lajkovali uspešno urađene delove rada drugih studenata, postavljali pitanja, davali sugestije jedni drugima i izlagali postojeće probleme.

Uloga nastavnika je bila da se u unapred definisanom terminu tokom nedelje (petak od 18h do 20h) oglašava na pomenutoj društvenoj mreži i da usmerava studente ka uspešnom završetku. Nastavnik bi komentarima blagovremeno korigovao svaku grupu, postavljao dodatne materijale ukoliko je bilo potrebno i uključivao se putem četa ili video striminga u komunikaciju sa studentima kako bi razrešio eventualne probleme.

U želji da se postavljene ciljevi realizuju što uspešnije, korišćene su prednosti društvenih mreža, koje su značajne kada se radi u grupama koje imaju isti cilj[14]. Zadatak studenata je bio da osmisle izlaganje, uz odgovarajuću video prezentaciju od oko 10 minuta u kome bi objasnili svojim kolegama čime su se bavili i šta su naučili. Njihova pojedinačna izlaganja činila su jednu celinu, što znači da su studenti upućeni jedni na druge u okviru grupe, ali i između pojedinih grupa. Njihova izlaganja trebala su da budu povezana tako da ostale kolege na kraju mogu da steknu kompletan uvid u temu kojom se određena grupa bavila.

U poslednjoj nedelji trimestra, kada su seminarski radovi bili završeni, studenti su mogli da pogledaju, komentarišu i ocene seminarske radove drugih grupa koji su učestvovali u ovome. Po završetku kursa urađena je anketa među studentima prijavljenim na predmetu Mreže nove generacije koja je trebala da pokaže u kojoj meri je korišćenje Twittera pomoglo studentima u procesu učenja i uspešnog savlađivanja zadatog problema.

Ideja je bila da se razviju sposobnosti studenata za upravljanjem informacijama kroz nastavnu aktivnost izrade seminarskog rada. U procesu realizacije zadatka studenti treba da pronađu relevantne resurse i na osnovu njih da obrade zadatu temu.

Ciljevi korišćenja društvenih mreža u nastavnom procesu bili su sledeći:

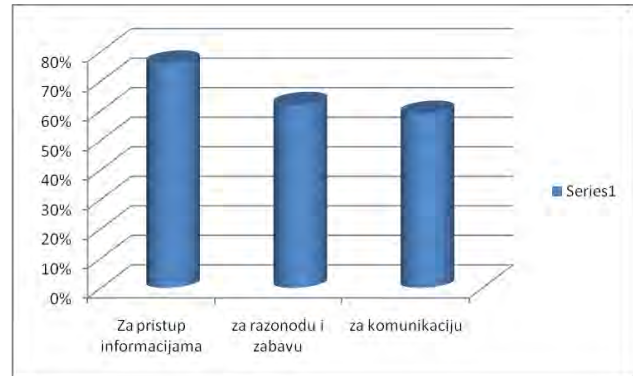
- razvijanje sposobnosti studenata da što brže i jednostavnije pronađu potrebne i korisne informacije
- razvijanje navike kod studenata da koriste Internet kao izvor informacija
- savladavanje veštine rada u grupi koja ima isti interesni cilj
- osposobljavanje studenata da na poslu usavršavaju postojeća znanja i samostalno stiču nova
- motivacija studenata da prate tehnološke inovacije u struci.

Timski rad je od velikog značaja za kasnije uspešno obavljanje zadataka na poslu, a studenti se tokom svog školovanja jako malo sreću sa takvom vrstom rada. Jedan od važnih ciljeva takođe je i osposobljavanje studenata da na jasan i jednostavan način prezentuju stečeno znanje. Javnim izlaganjem pred kolegama studenti se dodatno motivišu da dođu do informacija koje će im zaista koristiti u razumevanju zadate teme. Naravno ceo proces se odvijao pod patronatom profesora kao mentora grupe. Trebalo je da svi učesnici grupe rade na tome da uz međusobnu pomoć naprave što jasniju celinu koju će prezentovati svojim kolegama. Usmeno izlaganje seminarskog rada trebalo bi da pomogne studentima u kasnijim javnim izlaganjima kao što je prezentacija diplomskog, završnog ili specijalističkog rada, obzirom da se provere znanja uglavnom vrše pismeno, kako na kolokvijumima tako i na ispitima.

Studenti tokom izrade seminarskih radova, pronalaze razne izvore informacija i odlučuju da li je pronađeni resurs vredan i odgovarajući. Studenti se u okviru grupe upoznaju sa gradivom, procenjuju tačnost i relevantnost Web resursa, i pokušavaju da ih adekvatno opišu pri kategorizaciji i pisanju dodatnih beleški, što je na neki način kvalitativna analiza resursa, a primorava studenta da analizira, razvrstava i mapira činjenice. Deljenje ovih informacija sa drugima studentima u grupi je konstruktivistički proces[15]. Studenti koriste razne alate da bi napravili odgovarajući video materijal, koji treba da prati njihovo izlaganje seminarskog rada, a koji ostali studenti mogu da vide i komentarišu.

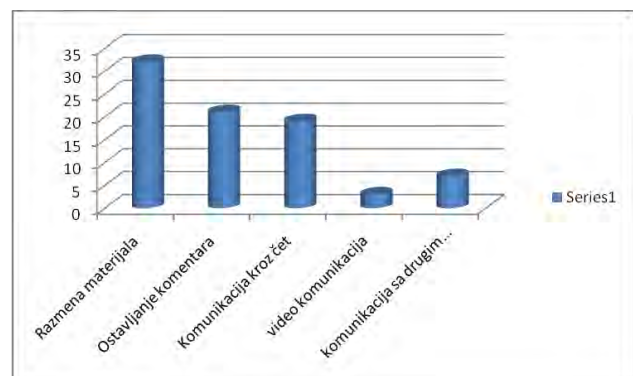
[4] REZULTATI

Svih 47 studenata koji su prijavili predmet Mreže nove generacije i izabrali da rade seminarski rad iz pomenutog predmeta, aktivno koristi pristup Inernetu. Više od polovine studenata dnevno provede između 4 i 5 sati za računarom (63%). Kako se radi o specijalističkim studijama i većina studenata je zaposleno, dosta njih koristi računar i na poslu (37%). Studenti Internet koriste da bi došli da nekih informacija (76%), za razonodu i zabavu (62%) i za komunikaciju (59%), što se može videti na slici 1. Među anketiranim studentima njih 44 (93.62%) ima od ranije otvoren nalog na društvenim mrežama i to 42 (89.36%) na Facebook-u, 29 (61.7%) na Twitteru, dok njih 27 (57.45%) ima otvoren nalog i na Facebook-u i na Twitteru. Samo 3 studenta (6.38%) nisu do tada koristili ni jednu društvenu mrežu.



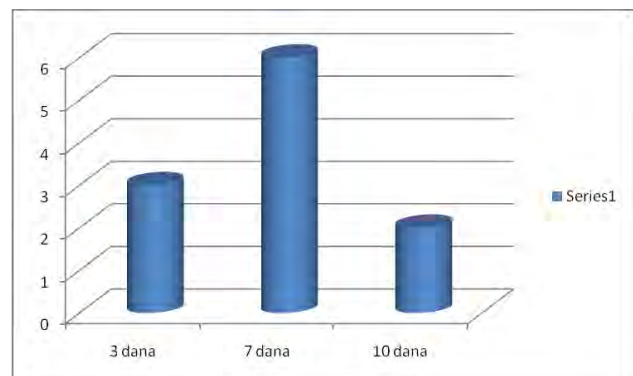
Slika 1. Prikaz u koje svrhe studenti koriste Internet

Sledeće pitanje je bilo u koju svrhu su koristili društvenu mrežu prilikom izrade seminarskog rada. Odgovori studenata su prikazani na slici 2. 32 studenata su društvenu mrežu koristili isključivo za razmenu materijala, bilo da je reč o pdf fajlovima, slikama ili video materijalima, 21 studenata je pored razmene materijala, aktivno tagovalo i ostavljalo komentare na delove rada koji bi njihove kolege unutar grupe postavljalo. 19 studenata je komuniciralo između sebe i sa nastavnikom preko četa, 3 studenta su koristili video streaming u komunikaciji. 7 studenata je komentarisalo i aktivno komuniciralo sa studentima iz drugih grupa sa kojima su delili iskustva



Slika 2. Studentske aktivnosti na Twitter-u

Studenti koji su koristili Twitter su gotovo svi do jednog koristili i osnovne, ali i dodatne alate koje ova društvena mreža pruža.



Slika 1. Broj dana potrebnih za izradu seminarskog rada po grupama

Na pitanje koliko je studentima trebalo da završe seminarski rad, 3 grupe su seminarski završile za 3 dana, 6 grupa za 7 dana, a 2 grupe su završile seminarski rad za 10 dana, što se vidi na slici 3.

Na poslednje pitanje da li su zadovoljni korišćenjem društvenih mreža u obrazovnj u i sticanju znanja, 40 studenata je izjavilo da su veoma zadovoljni, 3 studenta su bili delimično zadovoljni, dok je 1 student bio nezadovoljan (smatrao je da kolege nisu bile dovoljno aktivne i da bi lakše radili uživo).

[5] ANALIZA REZULTATA

Da bi stekli koliko toliko realan uvid u efekat nastao korišćenjem društvenih mreža korišćeni su rezultati ankete koju su studenti popunjavali po završetku kursa, proverila znanja stečenog iz obrađivane oblasti kao i iz oblasti koje su izlagale druge grupe kao i subjektivni utisak o kvalitetu izlaganja studenata.

Na osnovu ankete sprovedene po završetku kursa Mreže nove generacije sasvim je jasno da korišćenje društvene mreže Twitter imalo pozitivan uticaj na realizaciju nastave. Zanimljiv je podatak da su se studenati opredelili za Twitter, uprkos većoj popularnosti Facebook-a. Njihov komentar je bio da Facebook doživljavaju kao mrežu za zabavu, a Twitter im više odgovara za profesionalnu upotrebu. Primećeno je i veliko zadovoljstvo studenata koji su prvi put koristili Twitter, kao i činjenica da su probali gotovo sve osnovne i dodatne alate brzo i efikasno. Primećeno je da je od 47 studenata koliko je radilo seminarski rad uz pomoć društvenih mreža, njih 46 položilo ispit u prvom ispitnom roku. Prosek ocena je pri tom 8,6 što govori o velikoj motivisanosti studenata.

Pokazalo se da društvene mreže mogu korisno da se upotrebe u nastavi iako nije lako izmeriti dobit nastalu korišćenjem istih. Naši studenti uglavnom ne koriste virtuelne mreže za učenje osim ako nemaju konkretan zadatak. Imaju malo iskustva sa saradničkim učenjem, kao i sa učenjem na Internetu do polaska u Visoku školu, ali svesni su koliko je važno kontinuirano učenje tokom celog života, i sagledavaju značaj uspešnog funkcionisanja u grupi.

Jedna od osnovnih prednosti ovakvog načina rada je vidno veća motivacija i aktivno učestvovanje studenata u nastavnom procesu. Skoro svi studenti koji su učestvovali u ovom projektu, pozitivno su se izrazili o korišćenju društvenih mreža u nastavi, kako Twitter-a, tako i Facebook-a koji je već korišćen i koristi se i dalje u nastavne svrhe u Visokoj ICT školi u Beogradu[16].

Korist imaju pojedinci koji za rad koriste kompjutere na različitim lokacijama (npr. kod kuće, na poslu, u školi...), jer su unete oznake sadržaja dostupne sa svakog računara koji je povezan sa Internetom. Može se realizovati da korisniku stiže informacija u vidu poruke svaki put kada neko izvrši određeno tagovanje za koje se korisnik prijavi da je zainteresovan. Studenti mogu formirati biblioteku

korisnih informacija vezanih za neki predmet ili studijski program koja bi uvek bila dostupna, kako sadašnjim studentima, tako i bivšim kojima pritrebna neka informacija. Biblioteka može da se stalno ažurira i bogati novim korisnim informacijama što bi omogućilo studentima da i nakon završetka studija ostanu informisani o relevantnim novostima u određenoj oblasti što omogućava jednostavno učenje tokom celog života za one koji imaju želju ili potrebu za tim.

[6] ZAKLJUČAK

Prednost korišćenja društvene mreže Twitter u obrazovanju je ta što je Twitter instant rešenje. Društvene mreže uopšte, mogu da posluže kao iznenađujuće koristan obrazovni alat , dajući studentima i profesorima jednostavan način za komunikaciju koji prevazilazi radno vreme i učionice. Uz korišćenje jednostavnog hashtag (#), komunikacija postaje laka kroz kreiranje tvitova, omogućavajući studentima jednostavan način da prat e informacije koje su povezane sa određenom generacijom i određenim modulom školovanja. Twitter može da zameni mnoge alatke koje se već koriste , kao što su mailing liste za obaveštenja, a društveni mediji uopšte mogu potpuno promeniti način na koji studenti dobiju i rešavaju zadatke.

Obrazovne institucije moraju biti u koraku sa brzim razvojem informacionih i komunikacionih tehnologija kako bi razumeli način na koji društvene mreže utiču na decu i mlade, prepoznali njihove prednosti i nedostatke, pa samim tim i obrazovali studente sa sigurnim učešćem u online okruženju.

Razne vrste e-učenja nisu zamena za tradicionalno učenje, već dopuna i nadogradnja. Društvene mreže mogu da upotpune i donekle olakšaju način učenja i prikupljanje informacija. Pospešuju razvoj studenata koji koriste ovaj vid učenja tako što se podstiču da nauče nešto novo, da istražuju u različitim oblastima, da rukuju velikim brojem informacija koje su dostupne i da ih kasnije, u nekom trenutku svog poslovnog ili privatnog života upotrebe, da se usavršavaju i da pronađu svoje mesto u poslovnom svetu koje će odgovarati njihovim mogućnostima, interesovanjima i potrebama.

Dodatna korist ovakvog vida učenja je što omogućuje i nastavnicima da unaprede svoj način prenošenja znanja. U tradicionalnom nastavnom procesu, većinom su male šanse da nastavnik posveti pažnju svim studentima koji su brojni, a osim toga nastavnici predaju gradivo onako kako oni misle da je najbolje, što se ponekad ne podudara sa mišljenjima studenata, a može se konstatovati kroz studentske ankete. Pri e-učenju nastavnik ima uvid u interesovanja studenata i to može da iskoristi da unapredi svoja predavanja, kako konkretne materije predmeta, tako i način izlaganja istog. Ovaj dinamični vid učenja omogućava, kako studentima, tako i nastavnicima usavršavanje i korigovanje propusta, tako da na ovaj način akteri, tj.i nastavnici i studenti jedni drugima pomažu na neki određeni način.

LITERATURA

- [1] Nakamura, L., Chow-White, P. (Eds.), *Race after the Internet*, Routledge, 2013.
- [2] Tarik, M., Karim, A., *The use of web 2.0 innovations on education and training*, *Education*, Vol. 2, No. 5, pp. 183-187, 2012.
- [3] Garrison, D. R., *E-learning in the 21st century: A framework for research and practice*, Taylor & Francis, 2011.
- [4] Bates, A. T., *Technology, e-learning and distance education*, Routledge, 2005.
- [5] Clark, R. C., Mayer, R. E., *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*, John Wiley & Sons, 2011.
- [6] Dalsgaard, C., *Social software: E-learning beyond learning management systems*, *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 2006.
- [7] Vugdelija, N., Milanović, K., *Folksonomija u nastavi*, VIII International Scientific – Professional Symposium INFOTEH®-JAHORINA, 2009.
- [8] Kumar, D. D., Helgeson, S. L. White, A. L., *Computer technology-cognitive psychology interface and science performance assessment*. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 42, No. 4, pp. 6-16, 1994.
- [9] Helgeson, S. L., Kumar, D. D., *A review of educational technology in science assessment*. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, Vol.12, No.3/4, pp. 227-243, 1993.
- [10] Prenksy, M., *Digital Natives, Digital Immigrants: Do they really think differently? On the Horizon*, NCB University Press, Vol. 6, December, 2001.
- [11] Siemens, G., *Connectivism: A learning theory for the digital age*, *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, Vol. 2, No.1, 2005.
- [12] Janjić, I., Miličić, R., Spariosu, L., *Facebook as a medium for exchanging information among students*, The 8th International Scientific Conference "eLearning and Software for Education", Bucharest, 2012.
- [13] Oki, E., Rojas-Cessa, R., Tatipamula, M., Vogt, C., *Advanced internet protocols, services, and applications*, John Wiley & Sons, 2012 .
- [14] Vugdelija, N., Savić, A. Knežević, N., *Korišćenje socijalnih medija za online aktivaciju budućih studenata*, XI International Scientific – Professional Symposium INFOTEH®-JAHORINA, 2012.
- [15] Grosseck, G., *The role of DEL.ICIO.US in education: Crating significant learning experiences*, *Infomedia: The international journal on informatics and new media in education*, Sombor, 2008
- [16] Radosavljevic, V., Vugdelija, N., *Društvene mreže kao web 2.0 alat u nastavnom procesu*, XII International Scientific – Professional Symposium INFOTEH®-JAHORINA, 2013.

VIRTUALNO OKRUŽENJE UZ PRIMENU VRML I JAVA JEZIKA

VIRTUAL ENVIRONMENT WITH IMPLEMENTATION OF VRML AND JAVA LANGUAGES

Borivoje Milošević

Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš

Sadržaj – VRML i Java su snažni softverski jezici za 3D modeliranje, računarstvo i pristup mrežnim resursima. Oni su usaglašeni, dobro specificirani, otvorenog pristupa i portabilni na mnogim platformama Interneta. VRML scene u kombinaciji sa programskim jezikom Java mogu služiti kao gradivni blokovi sajber sveta. Izgradnja ogromne Internet mreže sajber sveta sada postaje stvarnost. Korišćenje VRML i Java jezika, praktičnih iskustava do kojih se došlo, kontinualnog uspeha u njihovoj primeni, pomeriće polje virtualne stvarnosti iz jedne fikcije i potpuno izolovanog ostrva na svaki desktop i računar u kući, kreirajući Web prostor sledeće generacije.

Abstract - VRML and Java are powerful software languages for 3D modeling, computing and network resource access. They are harmonized, well-specified, open-coded, and portable across multiple platforms of the Internet. VRML scenes combined with the Java programming language can serve as the building blocks of the cyber world. Construction of the huge network of Internet cyber world is now becoming a reality. The use of VRML and Java languages, practical experiences that have been gained through their use and continuous success in their implementation will shift the field of virtual reality from fiction and a completely isolated island to the systems of each and every desktop and computer at our homes, creating a next generation of Web space.

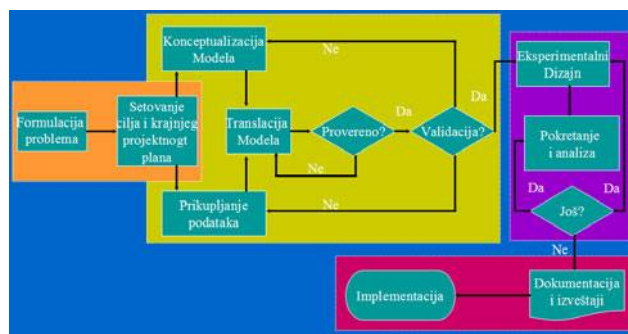
1. UVOD

Skriptno okruženje programskih jezika VRML i Java pokazalo se kao sasvim dovoljno da može uključiti, obraditi i procesirati sve animacione paradigme (npr. ključne frejmove, kinematiku, dinamiku, i njihovo ponašanje), predstavljajući ove karakteristike u realnom vremenu, i pružajući dovoljno snažnu potporu za korisničku interakciju i izgradnju grafičkih interfejsa. Opisano okruženje se danas pokazuje kao nužno okruženje u području Computer Modeled Animation sistema i virtualne stvarnosti. U ovom radu ću predstaviti strategije koje sam koristio za integraciju VRML i Java korisničkog interfejsa, kako bi se razvila visoko interaktivna animacija kompjuterskog modela. Simulacioni proces koji će pri tome biti korišćen kao struktura za rešavanja stvarnih problema pomoću simulacionog modeliranja sastoji se iz više koraka i nije strogo sekvencijalan. Predstaviću osnovne korake ovog procesa kojih se moramo pridržavati:

1. Definicija cilja simulacione studije;

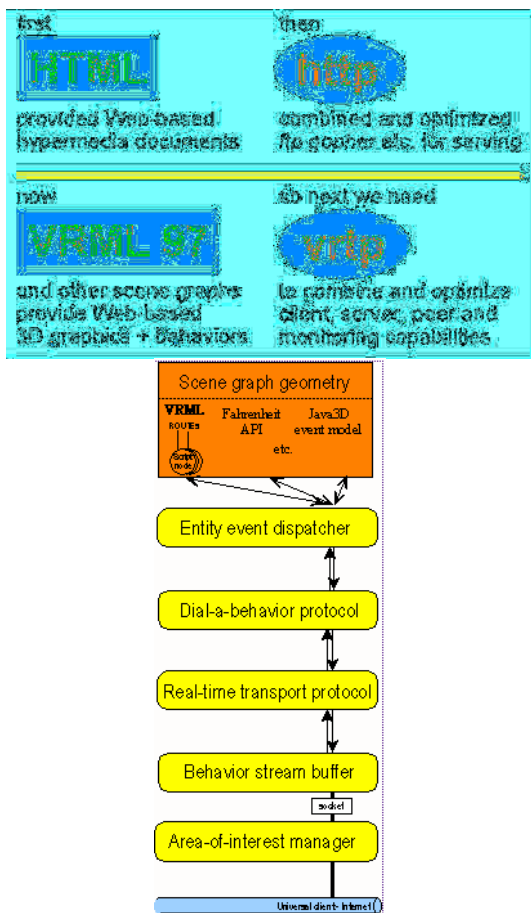
2. Identifikacija sistema (opis komponenta, način rada, veza sa okolinom, formalni prikaz sistema);
3. Prikupljanje podataka o sistemu i njihova analiza;
4. Izgradnja simulacionog modela (stvaranje konceptualnog modela koji adekvatno opisuje sistem);
5. Izgradnja simulacionog programa (izbor programskog jezika i stvaranje simulacionog programa);
6. Verifikacija simulacionog programa (da li nam program verno prenosi model);
7. Validacija (vrednovanje) simulacionog modela (da li model adekvatno predstavlja realni sistem);
8. Planiranje simulacionih eksperimenata i njihovo izvođenje;
9. Analiza rezultata eksperimenata (najčešće statistička analiza);

Ovaj proces se može predstaviti na Slici 1.



Slika 1. Graf simulacione studije modela

Virtuelna stvarnost zahteva P2P (Peer to Peer) mrežnu arhitekturu a ne client-server. Kod P2P mreže, svaki čvor "nakačen" na mrežu dodaje svoje resurse sistemu i čini ga jačim, dok kod client-server arhitekture svaki klient "nakačen" na server praktično čini sistem slabijim. Osim toga kod samog protoka informacija server je u svakom pogledu suvišan korak. Kada se uzme u obzir zahtev da jedan takav sistem mora da bude multiplatformski, da omogući pristup različitim hardverskim uređajima, od radnih stanica do mobilnog telefona, koji rade pod različitim operativnim sistemima i aplikacijama, postaje jasno koliko je razvoj potrebnih protokola složen poduhvat. Da bi se mreža izborila sa mnogim simultanim korisnicima, neophodna je peer-to-peer interakcija sa dodatkom client-server arhitekture. Zbog toga, spektar protokola mora uključiti client server, peer-to-peer i monitoring mreže. U novije vreme lansiran je Virtual Reality Transfer Protocol (vrtp), koji može da savlada sve nedostatke koji su navedeni za http, Slika 2.



Slika 2. Slika Virtual Reality Transfer Protocol

Sposobnosti Virtual Reality Modeling Language (VRML) omogućuju izgradnju velikih virtualnih okruženja putem Interneta i World Wide Web a. Međutim, osnovna mrežna podrška protokolom HTTP (hypertext transfer) je nedovoljna za velika virtualna okruženjima prepuna korisničkih interakcija.

Dodatne mogućnosti za više-prema-više peer-to-peer komunikacije plus nadzor mreže moraju biti u kombinaciji sa mogućnostima klijent-server http. Da bi se ostvario taj zadatak, dizajniran je virtualni protokol za prenos virtualne stvarnosti u Web okruženje (VRTP). VRTP je dizajniran za podršku i povezivanje VRML svetova na isti način kao što je HTTP dizajniran za podršku povezanih HTML stranica. Komponente ovog protokola date su u tabeli 1:

Tabela 1

vrtp Components	
Client	looking at someone else's live 3D world
Server	showing other people your live 3D world
Peer-to-Peer	for scalable behavior interactions between numerous interacting worlds
Monitoring	so that everything just works. why? because <i>nobody</i> really knows the state of the Internet
Plugin Kernel	Bamboo plugin architecture for Java and C++ dynamic class loading

vrtp components	
client plugins	server plugins
bamboo kernel	
multicast peer-to-peer plugins	monitoring plugins

2. VRML I JAVA OKRUŽENJE ZA VR

Svi aspekti virtualne stvarnosti koje možemo prikazati, interakcija i rad unutar Web-a mogu se stvoriti koristeći VRML. Namera je dizajnera da VRML postane standardni jezik za interaktivne simulacije unutar Weba-a. Prva verzija VRML - a omogućava izradu virtualnih stvarnosti sa ograničenom interaktivnošću. Ti svetovi mogu sadržavati objekte koji imaju hyper - linkove na druge svetove, HTML dokumente. Kada korisnik odabere link koji vodi na VRML dokument unutar korektno konfigurisanog Web-browsera, preko Jave se pokreće program za gledanje VRML stvarnosti. Ti VRML - programi su savršene aplikacije za standardne Web-browsera, koje omogućuju navigaciju i vizualizaciju Web-a. Buduće verzije VRML - a će omogućavati bolje funkcije uključujući animacije i multi - korisničku interakciju u stvarnom vremenu.

VRML je format datoteke za opisivanje složenih 3D okruženja koji omogućuje korisničku interakciju sa njima. Korisnički protokol za komunikaciju sa Java programa jedno je od najvažnijih obeležja VRML platforme vezano za razvoj animacija.

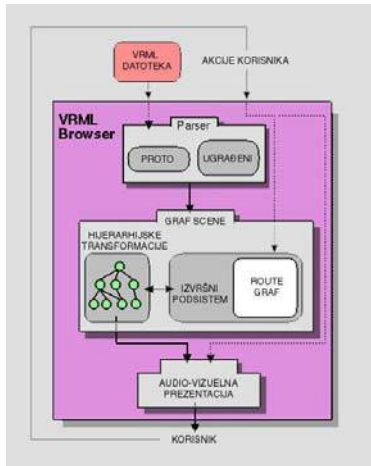
Java je jezik nezavistan od platforme, objektno-orijentisan jezik, koji se može koristiti za kontrolu kretanja u VRML sceni, koristeći bilo koju animacionu tehniku. Kao jezik opšte namene, Java se takođe može koristiti za izgradnju korisničkih interfejsa. Klase Java platforme definisane su za VRML u i paketima:

vrml, vrml.node i vrml.field.

Field klase po difoltu dopunjuju *Object* klase Java platforme pa stoga, *Field* klase ostvaruju punu funkcionalnost *Object* klasa, uključujući *getClass()* metode. Drugi deo paketa definiše "Const" read-only klase za svaki podatak VRML polja sa metodom *getValue()* za svaku klasu; i sledeće read/write klase za svaki podatak VRML polja, zajedno sa *getValue()* i *setValue()* metodama za svaku klasu. Pri tome *getValue()* metod konvertuje tip VRML promenljive u tip promenljive za Java platformu. Pri tome *setValue()* metod konvertuje tip promenljive Java platforme u tip VRML promenljive i setuje ih u VRML polja.

Real-time prikaz animacije, uslovljen danas cenom kvalitetnog renderovanja, garantovan je efikasnim VRML brauzerima, kao što su Cosmo Player, Community Place i Liquid Reality, između ostalih. Trenutni brauzeri se mogu izvršavati kao built-in alati za web brauzere ali i kao autonomni alati. Kao general-purpose jezik, Java se može koristiti za konektovanje VRML scene u spoljni svet preko interneta (naravno izvan VRML fajla). VRML sadrži mehanizme za izgradnju distribuiranih elemenata virtualne stvarnosti na Internetu. Tri osnovna dela browsera su *parser*, *graf scene* i *audio* - vizuelna prezentacija. Parser čita VRML datoteke i generiše graf scene. Graf scene se sastoji od grafa hijerarhijskih transformacija i grafa ruta, konekcija medju čvorovima. Korisnička interakcija utiče na senzore i navigaciju i zato

je povezana sa grafom ruta i audio-vizuelnom prezentacijom. Audio - vizuelna prezentacija vrši audio - vizuelno procesiranje hijerarhijskog grafa i prezentuje ga preko brauzera korisniku Slika 3.

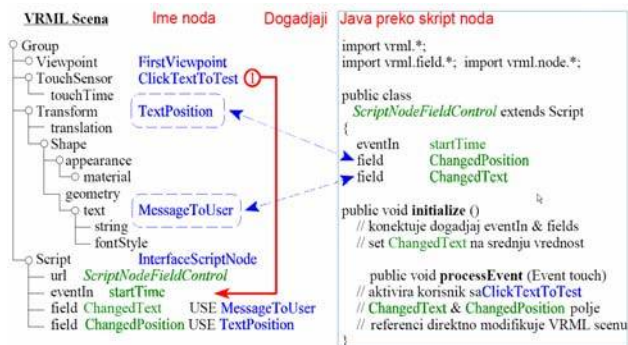


Slika 3. Konceptualni model VRML brauzera

Paradigma za projektovanje VRML scene temelji se na čvorovima definisanih u grafu scene. Svaki čvor definiše ime, tip i zadane vrednosti za svoje parametre. Postoje dve vrste parametara: polja i događaji.

Kontrole bazirane na polju:

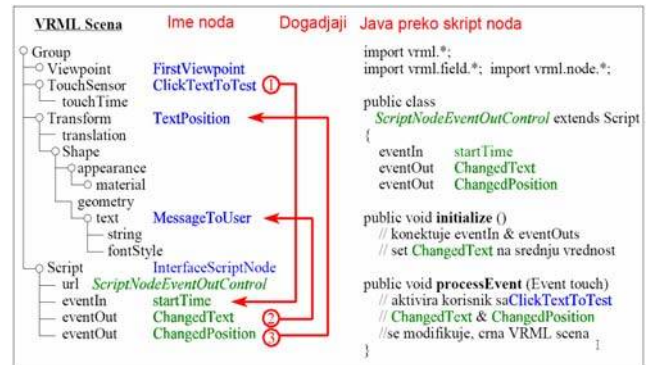
Polja se jednostavno mogu nazvati "privatna" (privateFields) ili "javna" (exposedFields). Alternativa događaja ostvarenih preko rutiranja je pasovanje referenci prema VRML čvorovima kao vrednosti za polja u skript čvoru. Java dobija direktnu kontrolu od VRML čvorova i polja, bolje nego da šalje i prima poruke događaja preko set/get vrednosti. Preko inicijalizacije, Java klasa instancira reference čvorova kao lokalne promenljive. Za vreme poziva subsekvence Java klase mogu direktno čitati ili modifikovati svako referentno polje na grafu scene, bez korišćenja rutiranja. Slika 4 prikazuje istu funkcionalnost kao u prethodnom primeru, ali koristi field-based kontrolu umesto događaja i rutiranja events and ROUTES. Prikazano je kako su čvorovi u VRML sceni prvo definisani a zatim pasirani kao parametri Java klase.



Slika 4. Field interfejs izmedju VRML i Java. Prikazana je funkcionalnost RML-Java bazirana na polju.

Kontrole bazirane na događaju:

Slika 4 demonstrira konekciju VRML-Java korišćenjem skripte, događaja, imena čvorova i rutiranja.

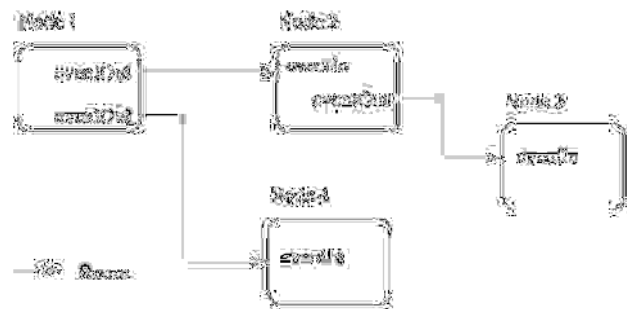


Slika 5. Skript čvor kao interfejs izmedju VRML i Java. Prikazan je test VRML-Java funkcionalnosti baziran na događajima (startTime, ChangedText i ChangedPosition).

Dešava se sledeća sekvenca:

- (0) Inicijalizuje se metod na Java strani za postavljanje linka, setuje se tekst u 3D sceni na srednju vrednost.
- (1) Korisnik mišem klikne textin 3D sceni, aktivirajući tač senzorom ugradjeni događaj eventOut touchTime, rutira na trigger skript čvora EventIn startTime, koji po zadatku poziva metodu processEvent() u korespondirajućoj Java klasi. Promenjene vrednosti za tekst i poziciju izračunavaju se u Java klasi i vraćaju u skript čvor kao eventOut vrednosti.
- (2) ChangedText eventOut se šalje u MessageToUser text čvor, i setuje trasirani tekst u 3D sceni na konačnu vrednost.
- (3) ChangedPosition eventOut se šalje TextPosition Transform čvoru, pomerajući trasirani tekst u dno scene.

Događaji mogu biti poslani od jednog čvora na drugi parametrom "eventOut" ili primljeni od nekog drugog "eventIn". Događaj signalizuje promene uzrokovane spoljnim akcijama, a mogu se prenositi nodovima korišćenjem Routes metoda, koje povezuju eventOut događaj prema nekom eventIn događaju istog tipa Slika 6. Događaji i Routes metode crtaju animaciju virtualnog sveta.



Slika 6. Čvorovi konektovani Routes događajima

VRML datoteke opisuju 3D objekte i svetove pomoću hijerarhijskog grafa scene (scene graph). Ekstenzija VRML datoteka je "wrl", što predstavlja skraćenicu od "world". VRML datoteka se sastoji od zaglavlja, grafa scene, prototipova i ruta događaja. Ovaj sadržaj procesira, za prezentaciju i interakciju mehanizam zvan brauzer. Svaka VRML datoteka treba da ima zaglavlje sledećeg oblika:

#VRML V2.0 <encoding type> [komentar] <line terminator>

<encoding type> je najčešće utf8 (Unicode), a može biti i neki drugi standardom definisan tip.

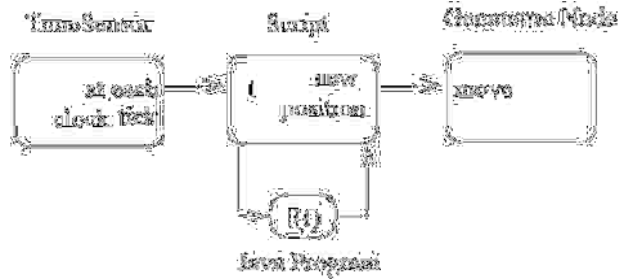
<line terminator> je znak za novi red. Graf scene sadrži čvorove koji opisuju objekte i njihove osobine. Sadrži hijerarhijski organizovane čvorove, koji omogućuju audio-vizuelnu reprezentaciju događaja kao i čvorove koji učestvuju u stvaranju događaja i njihovom rutiranju.

Postoje dosta vrsta čvorišta (nodes) u VRML. Na primer, možemo navesti *Script nodes* (koji preko pridruženog programa, donose logiku odluka i vrstu upravljanja u VRML), *Geometric nodes* (koji definišu geometriju objekta), *Illumination nodes*, *Grouping nodes* (koji grupišu nasledne čvorove (children nodes), uzrokujući da grupe prikazuju isto ponašanje i definišu hijerarhijsku strukturu VRML fajla, naročito važni za animirani svet), i na kraju *sensor nodes* i *interpolator nodes*. Animacije modelovanje preko VRML mogu koristiti Java program za deteminisanje trajektorije koja se prati. Program je tada sposoban da prihvati, procesira i generiše događaje koji kontrolišu ponašanje animacije.

Skript čvorovi koji se nalaze u VRML fajlu, enkapsuliraju Java kod i obezbeđuju konvenciju imena za interkonekciju Java promenljivih sa vrednostima polja u sceni. Upravljačke Java klase importuju vrml.* klasne biblioteke u cilju da obezbede konverziju tipova između Java i VRML skriptova. Java klase koje koriste skript čvorovi se moraju nastaviti sa vrml.čvor klasama. Skript klase po redosledu obezbeđuju interfejs sa VRML brovzerom. Osnovni interfejs i opis skript čvorova prikazan je na sledećoj tabeli koja je izdvojena iz njihovog skupa iz (VRML 97) specifikacije Tabela 2.

Tabela 2

Naprimera, generisanje vremena preko TimeSensor može biti rutirano u Script čvor pridružen programu koji izračunava poziciju objekta baziranu na kinematskoj ili dinamičkoj funkciji. Nova izračunata pozicija se tada može poslati kao jedan eventOut događaj skript čvora i onda dalje rutirati ka geometric čvoru, koji će pridruženi objekat pomerati u saglasnosti sa funkcijom. Ova vrsta VRML i Java integracije prikazana je na slici 7.

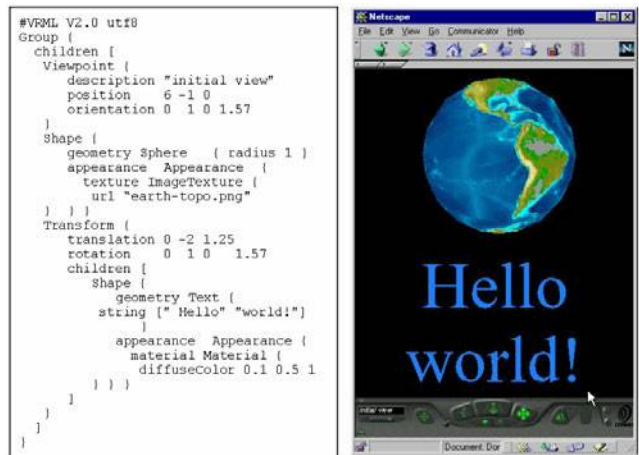


Slika 7. Događaji rutiranja animacije preko Skript čvora

Poznato je da prototipovi omogućavaju definisanje novih čvorova od strane korisnika. Oni mogu biti definisani u samoj datoteci ili eksterno. Neki čvorovi generišu događaje u odnosu na promenu okruženja ili korisničke akcije. Ovi događaji mogu da utiču na druge čvorove. Ovaj mehanizam naziva se event routing. Generator je korisnik ili računarski kreator VRML datoteka, Slika 8.

Primer VRML i Java skript fajla prikazan je u nastavku

```
Script {
url "Primer.class"
field MFString target_url "foo.wrl"
eventIn MFNode nodesLoaded
eventIn SFBool trigger_event}
Primer.java:
import vrml.*;
import vrml.field.*;
import vrml.node.*;
public class Primer extends Script {
private MFString target_url; // field
private Browser browser;
public void initialize(){
target_url = (MFString)getField("target_url");
browser = this.getBrowser();}
public void processEvent(Event e){
if(e.getName().equals("trigger_event")){
// .....
String[] urls;
urls = new String[target_url.getSize()];
target_url.getValue(urls);
browser.createVrmlFromURL(urls, this,
"nodesLoaded");}
if(e.getName().equals("nodesLoaded")){
// .....}}}
```



Slika 8. Primer izvršenja skripta u brauzeru

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodnog izlaganja možemo zaključiti da VRML i sve njegove novije verzije imaju mnogo prednosti, ali i nedostataka. Neke od prednosti su što je to otvoreni standard, zatim ima mogućnost uvoza i izvoza, naravno u sprezi sa Java programskim jezikom, VRML-a u većinu 3D paketa i alata za vizualizaciju, ASCII format, objektno orjentisani koncept, i mnoge druge. Takođe, uzimajući u obzir značaj reklame u savremenom svetu već je samo to dovoljan razlog za ulaganje u ovaj medij, a njegove prednosti u sferi zabave nikada nisu ni bile pod upitnikom. Mogućnosti primene nameću se same po sebi u svim naučnim i tehničkim disciplinama, od inženjeringa i arhitekture do psihologije i sociologije, od medicine do vojne industrije.

U radu je prikazano da neki od nedostataka kao što su: relativno složen standard, nedostatak autorskih prava, govore da u sadašnje vreme sam VRML nije dovoljan za izvršavanje game gore navedenih zadataka, već ga je poterbu kombinovati sa drugim jezicima (Java, JavaScript, SQL, C++, CAD,..).

LITERATURA

- [1] Ames, Andrea L., Nadeau, David R. and Moreland, John L., VRML 2.0 Sourcebook, second edition, John Wiley & Sons, New York, 1997. Information available via <https://www.wiley.com/compbooks/vrml2sbk/cover/cover.htm>
- [2] Carey, Rikk and Bell, Gavin, Annotated VRML 2.0 Reference Manual, Addison-Wesley, Reading Massachusetts,
- [3] 1997. Available via www.best.com/~rikk/Book/book.shtml
- [4] Couch, Justin, VermelGen, software distribution, Virtual Light Company, December 1997. Available via
- [5] www.vlc.com.au/JVerge
- [6] Deering, Michael and Sowizral, Henry, Java3D Specification, Version 1.0, Sun Microsystems Corporation, Palo
- [7] Alto, California, August 1 1997. Available via java.sun.com/products/java-media/3D/
- [8] Harold, Elliotte Rusty, Java Network Programming, O'Reilly and Associates, Sebastopol California, 1997.
- [9] Available via www.ora.com/catalog/javawetwk with software at
- [10] <ftp://ftp.ora.com/published/oreilly/java/java.netp.rog>
- [11] VRML
www.am.unze.ba/rg/2014/Basic%20Fatima.doc
- [12] Hartman, Jed and Wernecke, Josie, VRML 2.0 Handbook, Addison-Wesley, Reading Massachusetts, 1996.
- [13] Hughes, Merlin, Conrad, Shoffner, Michael and Winslow, Maria, Java Network Programming, Manning
- [14] Publications, Greenwich England, 1997. Available via www.browsebooks.com/Hughes with software available on CD-ROM (due to cryptographic software export restrictions).
- [15] Lea, Rodger, Matsuda, Kouichi and Miyashita, Ken, Java for 3D and VRML Worlds, New Riders Publishing,
- [16] Marrin, Chris, External Authoring Interface (EAI) Proposal, Silicon Graphics Inc., Mountain View California,
- [17] Roehl, Bernie, Couch, Justin, Reed-Ballreich, Cindy, Rohaly, Tim and Brown, Geoff, Late Night VRML 2.0 with
- [18] Java, Ziff-Davis Press, MacMillan Publishing, Emeryville California, 1997. Information available via
- [19] San Diego Supercomputing Center (SDSC), VRML Repository, 1997, available via www.sdsc.edu/vrml
- [20] VRML Consortium (VRMLC), working groups and other information, 1997, available via www.vrml.org
- [21] VRML 97, International Specification ISO/IEC IS 14772-1, December 1997, available via www.vrml.org
- [22] Banks, J. and S. J. Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- [23] Bodily, S. "Spreadsheet Modeling as a Stepping Stone", Interfaces, Vol. 16, No. 5, pp 34-52, 1986.
- [24] Protić D. "Simulacija rada Aerodroma Beograd", Zbornik radova, SinfoN, str. 75-81, Zlatibor, 1994.
- [25] Kod preuzet sa : <http://www.agocg.ac.uk/train/vrml2rep/contents.htm>
- [26] David R. Nadeau, Introduction to VRML 97, <http://www.sdsc.edu/~nadeau>, San Diego Supercomputer Center
- [27] Cyril Morcrette, VRML Generation tools for visualization of database content in three dimensions, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, February 1999
- [28] Don Brutzman, The Virtual Reality Modeling Language and Java, Monterey California 93943-5000 USA, brutzman@nps.navy.mil

KLJUČNE KARAKTERISTIKE DIFUZIJE NOVIH SERVISA OD INTERESA ZA DONOŠENJE STRATEGIJSKIH ODLUKA

KEY CHARACTERISTICS OF NEW SERVICE DIFFUSION RATE FROM THE PERSPECTIVE OF THE STRATEGIC DECISION MAKER

Stevan Veličković¹, Valentina Radojčić²

¹Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije

²Saobraćajni fakultet

Sadržaj — Snaga modela prognoziranja novih servisa leži u činjenici da je moguće identifikovati uticaj tržišnih faktora (eksternih i internih) na difuziju novog servisa. Za donošenje pravovremenih strateških odluka potrebno je imati pouzdan model prognoziranja koji je prilagođen specifičnom tržištu i karakteristikama samog servisa. Pored toga, donosioci odluke moraju biti upoznati sa prirodom difuzionog procesa, njegovim karakteristikama, tržišnim faktorima od uticaja i efektima koje imaju na proces difuzije.

Abstract – The power of new service forecasting models lies in the fact that it is possible to identify the several factors (external and internal) that affect the diffusion rate of some new service. Seen from the perspective of the strategic decision maker, it is necessary to have a reliable forecasting model that could be adjusted to the specific market and service characteristics. In addition, the decision maker has to be familiar with the nature of the diffusion process, its characteristics and market factors which determine the diffusion process.

1. UVOD

U cilju donošenja validnih strateških odluka upravljačkoj strukturi preduzeća moraju stajati na raspolaganju određeni alati za analizu tržišta. Metode prognoziranja novih servisa spadaju u jednu takvu kategoriju alata koji indirektno svoje efekte imaju na donošenje strateških odluka odnosno direktno na analizu budućih kretanja određenih tržišnih veličina. Za razliku od drugih tradicionalnih metoda prognoziranja koje koriste statističke podatke u cilju predviđanja trenda daljeg kretanja posmatranih veličina, metode prognoziranja tražnje novih servisa/proizvoda raspolažu sa vrlo ograničenim skupom podataka, ili odsustvu istih. Od prognoze se zahteva da bude pouzdana kako bi našla svoje mesto u poslovnom odlučivanju. U praksi se već duži niz godina koriste metode prognoziranja novih servisa. Za njih je karakteristično da se stalno modifikuju i prilagođavaju specifičnom tržištu, njegovim elementima odnosno specifičnostima novog servisa. Upravo ta prilagodljivost modela čini ovaj alat privlačnim za donosiocima odluka.

Modeli prognoziranja novih servisa se prevashodno koriste kako bi opisali difuziju novog servisa/proizvoda tokom vremena na određenom tržištu, odnosno pružili informacije o budućim kretanjima broja novih korisnika.

S tim u vezi, najvažnije informacije koje ovi modeli prognoziranja mogu da pruže:

- kumulativna funkcija broja novih korisnika;
- funkcija trenutnog broja korisnika tokom vremena;
- brzina sa kojom se dešava prihvatanje novog servisa;
- vreme nakon koga se očekuje ulazak/izlazak iz pojedinih faza životnog ciklusa;
- vreme nakon koga se očekuje maksimalna prodaja (prihvatanje) servisa/proizvoda;
- vremenski interval nakon koga se predviđa pad prodaje;
- vreme dostizanja željenog nivoa dobiti;
- najbolji trenutak za plasman supstitucije - zamenskog servisa/proizvoda;
- efekti primene elemenata marketing miksa;
- efekti promene poslovne strategije;
- vreme nakon koga dalji proces prihvatanja servisa postaje samoodrživ;
- najbolji trenutak za promenu poslovne strategije u cilju dužeg opstanka na tržištu, veće dobiti i dr.

Međutim, strateške odluke se ne mogu donositi isključivo na bazi ovih informacija. Za njihovo donošenje upravljačke strukture preduzeća moraju:

- razumeti zakonitosti koje prouzrokuju dinamiku rasta broja novih korisnika, odnosno proces difuzije novog servisa/proizvoda.
- razumeti faze životnog ciklusa servisa;
- upoznati tržišne faktore koji pokreću difuziju tzv. pokretače difuzije;
- razumeti efekte koji tržišni faktori imaju na difuzioni proces;
- upoznati kategorizaciju potencijalnih korisnika prema preferentnosti ka novom servisu;
- razumeti šta pokreće potencijalne korisnike u prihvatanju novog servisa/proizvoda;
- razumeti uticaje i ciljeve svake kategorije korisnika na difuzioni proces;
- poznavati strategije u svakoj fazi životnog ciklusa;
- razumeti veličinu i uticaj konkurenata na proces difuzije;
- spoznati udeo svake kategorije potencijalnih korisnika u ukupnom potencijalu tržišta;

S tim u vezi, cilj ovog rada je da prikaže zakonitosti na osnovu kojih se dešava prihvatanje novog

servisa/proizvoda, kao i da ukaže na ključne tržišne faktore koji su osnovni pokretači tražnje novog servisa/proizvoda odnosno da analizira njihov uticaj na dinamiku promene broja novih korisnika tj. na difuziju novog servisa.

Analiziranjem životnog ciklusa novog servisa, njegovih faza i tranzicionih tačaka, identifikovanjem tržišnih činioca i analizom njihovog uticaja na difuziju novog servisa, mogu se doneti pravovremene i ispravne poslovne odluke odnosno primeniti poslovna strategija koja će dati željene rezultate.

2. DINAMIKA PRIHVATANJA NOVOG SERVISA

Mnogi autori (npr. Fisher i Pry, 1971; Meade i Islam, 1998;) su kroz svoje radove potvrdili činjenicu da se rast brojnih fenomena može okarakterisati krivom "S" oblika. Tako, na primer, kriva "S" oblika se koristi za aproksimaciju broja budućih kupovina dugoročnih proizvoda, širenje zaraznih bolesti kroz populaciju, prihvatanje inovacije itd. (Rogers, 1990).

Zahvaljujući, pre svega, Everet Rogers-u i Frank Bass-u u praksi je potvrđeno da širenje inovacije kroz socijalni sistem takođe formira krivu "S" oblika što je objašnjeno difuzionom teorijom. Difuzija se može definisati kao širenje inovacije kroz socijalni sistem.

Razumevanje oblika i zakonitosti koje utiču na formiranje same difuzione krive u mnogome je uticalo na razvoj brojnih modela prognoziranja tražnje i na njihovu uspešnu primenu u praksi. Jedinstveni oblik difuzione krive novog servisa/proizvoda predstavlja najvažniju karakteristiku difuzionog procesa.

Difuziju određene inovacije mogu pokrenuti različiti atributi tako da se može govoriti o pokretačima ili inicijatorima difuzije i tu se prvenstveno misli na:

- prihod korisnika,
- promenljive marketing miksa,
- efekat usmenog prenosa iskustava,
- komunikacija,
- ekonomija,
- heterogenost korisnika,
- učenje korisnika i dr. [1]

Često se difuzija meri nivoom prodaje. Tu se prevashodno misli na broj prodatih novih proizvoda ili broj novih korisnika ponuđenog servisa. Takođe se i prodor na tržište može tretirati kao dobar pokazatelj nivoa difuzije. Treba imati na umu da ovi pokazatelji difuzije novog servisa/proizvoda imaju veći značaj ukoliko se pribave u ranim fazama životnog ciklusa servisa/proizvoda [1].

2.1 ŽIVOTNI CIKLUS NOVOG SERVISA/PROIZVODA

Razumeti životni ciklus novog servisa/proizvoda odnosno zakonitosti koje ga definišu predstavlja prvi korak ka uspešnom prognoziranju njegove tražnje.

Životni ciklus servisa/proizvoda karakterišu različite faze i njima karakteristične tranzicione tačke. Ključne razlike se

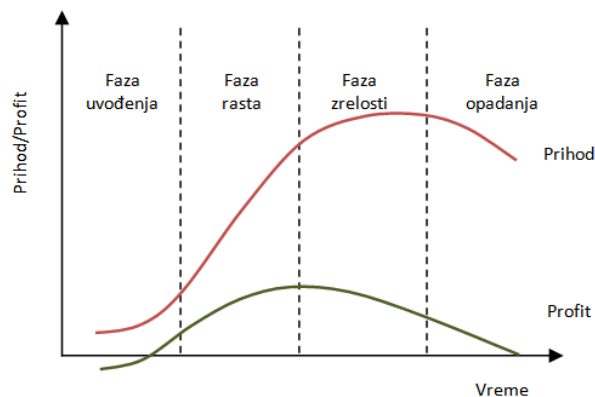
mogu uočiti prema trajanju, brzini rasta, padu cena u različitim fazama i tranzitnim tačkama životnog ciklusa servisa/proizvoda [1].

Termin životni ciklus proizvoda (PLC - product life cycle) prvi put je upotrebio Dean 1950. godine u sledećem kontekstu: "Evolucija atributa proizvoda i tržišnih karakteristika tokom vremena sa mogućnostima primene u izboru marketinških akcija i planiranju" (Rink i Swan, 1979). Kotler, Wong, Saunders i Armstrong (2005) definišu životni ciklus proizvoda kao tok prodaje i profita proizvoda tokom njegovog životnog veka.[2]

Posmatrajući životni ciklus servisa/proizvoda mogu se uočiti 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).

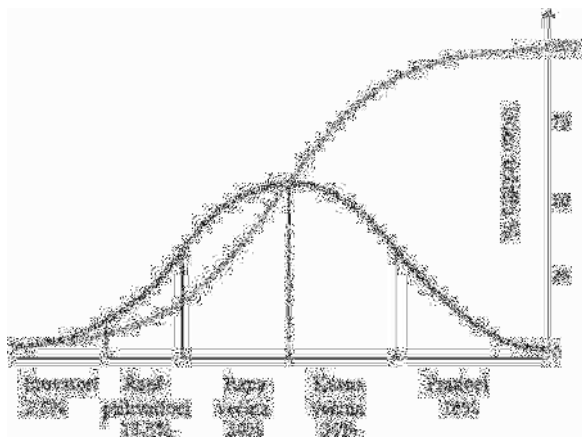
Može se zaključiti da broj korisnika novog servisa/proizvoda u fazi rasta naglo raste, da bi ovaj intenzitet polako slabio i na kraju opao sa vremenom [3].



Slika 1. Faze životnog ciklusa novog servisa/proizvoda

Posmatrajući korisnike i njihov uticaj na životni ciklus, Rogers je definisao sledeće kategorije korisnika:

- inovatori (najčešće su to avanturisti, obrazovani korisnici sa višestrukim izvorima informacija, veće sklonosti ka riziku);
- rani prihvatiloci (to su uglavnom socijalne vođe, popularni i obrazovani korisnici);
- rana većina (korisnici koji kupuju sa jakom namerom i koji imaju višestruke neformalne socijalne kontakte);
- kasna većina (karakteriše ih skepticizam, po prirodi su tradicionalni i uglavnom su nižeg socijalno-ekonomskog statusa);
- pratiloci (osnovni izvor informacija su prijatelji i komšije) [4].



Slika 2. Rogers-ova kriva difuzije inovacija

Ukoliko je fokus prilikom donošenja poslovnih odluka na Rogers-ovom tumačenju životnog ciklusa servisa/proizvoda, onda se pažnja donosioca odluke mora usmeriti na:

- kategorije korisnika i
- ponašanje korisnika (vreme i brzinu prihvatanja).

U zavisnosti od veličine pojedinih kategorija korisnika na specifičnom tržištu, njihove opredeljenosti za prihvatanje novog servisa/proizvoda, načina na koji reaguju na podsticajne faktore (eksterne i interne) zavisice brzina i vreme prihvatanja novog servisa/proizvoda. Zato je neophodno razumeti potencijale korisnike, njihovu reakciju na različite podsticaje, razloge njihovih akcija, motivacione faktore kako bi se mogla primeniti adekvatna strategija u pravo vreme.

Ključni pokretači difuzije inovacije sa aspekta kategorije korisnika su inovatori i imitatori. Inovatori predstavljaju kategoriju korisnika koji su više u dodiru sa novim razvojnim segmentima servisa/proizvoda ili tehnologija i koji direktno utiču na imitatore prenoseći im svoja iskustva. Inovatore pokreće želja da probaju novi servis/proizvod a verovatnoća korišćenja novog servisa/proizvoda od strane inovatora ne zavisi od broja drugih korisnika. S druge strane imitatori su primarno pod uticajem svoga okruženja i upravo je verovatnoća njihovog korišćenja zavisna od broja korisnika koji već koriste posmatrani novi servis/proizvod. Imitatori zapravo i predstavljaju osnovu širenja inovacija (rana i kasno zrela faza). Upravo faktori inovacije i imitacije oblikuju krivu difuzije. Ova dvo-segmentna struktura sa asimetričnim uticajem dosledna je nekim marketinškim strategijama koje dele dve osnovne pretpostavke: neki korisnici su više u dodiru sa novim dostignućima od drugih a sa druge strane prihvatanje usluga pojedinih korisnika kao i njihova mišljenja imaju disproporcionalni uticaj na druge korisnike i na njihovo prihvatanje servisa/proizvoda. Rogers (1995) je došao do zaključka da inovatori čine 2.5 procenta populacije dok su Mahajan, Muller i Srivastava (1990) pomerili gornju granicu za inovatore na 2.8 % [1].

Rogersova teorija se bazira na činjenici da će se inovacija širiti kroz socijalni sistem prateći krivu S oblika, tako što

rani korisnici prvo biraju inovaciju, zatim ih prati većina, sve dok inovacija ne postane uobičajena.

Brzina prihvatanja novog servisa/proizvoda je pod uticajem više faktora: (Rogers 1983, 2003):

- Stepenn relativne prednosti servisa/proizvoda u odnosu na postojeće servise/proizvode;
- Stepenn kompatibilnosti (stepenn do koga je novi servis/proizvod kompatibilan sa postojećim operacijama);
- Stepenn kompleksnosti (stepenn do koga je novi servis/proizvod jednostavan odnosno složen);
- Stepenn probe (stepenn do koga se novi servis/proizvod može probati u ograničenoj osnovi);
- Stepenn posmatranja (stepenn do koga se novi servis/proizvod može posmatrati)[5].

Rogers (2003) definiše brzinu prihvatanja inovacije od strane potencijalnih korisnika kao: "Relativnu brzinu kojom članovi socijalnog sistema prihvataju inovaciju." Procena brzine prihvatanja inovacije odnosno difuzije novog servisa/proizvoda može sprovesti na osnovu mnogih atributa. Rogers smatra da najveći procenat varijacije brzine prihvatanja izazivaju upravo vrsta inovacije, komunikacioni kanali (masmediji ili interpersonalni kanali), socijalni sistemi i uticajne osobe. Za Rogers-a, relativna prednost je najači faktor procene brzine prihvatanja inovacija. Relativna prednost je stepenn do koga se inovacija doživljava kao bolja od ideje koju zamenjuje. Aspekti inovacija poput cene ili motivacije radi socijalnog statusa su elementi relativne prednosti. Dok su inovatori, rani prihvatoci i rana zrela faza više statusom motivisani za prihvatanje inovacije, kasna zrela faza kao i pratoci prihvataju socijalni status kao manje značajan. Kako bi se povećala brzina prihvatanja inovacije i kako bi relativna prednost bila efikasnija, direktni ili indirektni finansijski uticaj se može koristiti kako bi se potencijalnim korisnicima dao podsticaj u prihvatanju inovacije. Podsticaji su deo faktora podrške i motivacije. Kompatibilnost kao atribut takođe predstavlja još jedan motivacioni faktor u difuzionom procesu. Kompatibilnost je stepenn do koga se inovacija doživljava kao dosledna sa postojećim vrednostima, prošlim iskustvima kao i potrebama potencijalnih korisnika. Ukoliko je inovacija kompatibilna sa potrebama pojedinaca onda će se neizvesnost smanjiti a brzina prihvatanja inovacije porasti. Kompleksnost je stepenn do koga se inovacija doživljava kao relativno složena za razumevanje i upotrebu. Kompleksnost je, za razliku od drugih atributa, u negativnoj koorelaciji sa brzinom prihvatanja. Prevelika kompleksnost inovacije predstavlja veliku prepreku njenom širenju kroz socijalni sistem odnosno njenom prihvatanju. Stepenn probe je stepenn do koga se inovacijom može eksperimentisati na ograničenoj osnovi. Što se inovacija više puta proba to je njeno prihvatanje brže. Tokom probe inovacije potencijalni korisnici mogu otkriti pojedine aspekte inovacija koje ranije nisu što može imati pozitivan efekat na proces prihvatanja. Stepenn posmatranja je stepenn do koga su rezultati inovacije vidljivi za druge. [6]

Gledajući navedene uticajne faktore može se zaključiti da će se brža difuzija inovacija desiti ukoliko je omogućena veća relativna prednost, kompatibilnost, jednostavnost, proba i posmatranje inovacije. Dostupnost samih faktora takođe igra ulogu u brzini prihvatanja inovacije.

Sa druge strane autori poput Golder-a i Tellis-a (2004) smatraju da životni ciklus novog servisa/proizvoda ima šest ključnih etapa a to su:

- Komercijalizacija (početak prodaje novog servisa/proizvoda),
- Ubrzanje (faza u kojoj se javlja značajniji i održivi rast u prodaji novog servisa),
- Uvod (period koji traje od faze komercijalizacije do faze ubrzanja),
- Usporenje (period okarakterisan određenim nivoom prodaje, postepen porast ili privremeno smanjenje prodaje proizvoda koji se javlja nakon faze ubrzanja),
- Rast (period koji je smešten između faza ubrzanja i usporenja),
- Zrelost (period koji traje od faze usporenja do momenta kada prodaja ne počne konstantno da opada) [1].

U ovom slučaju ključne strategijske odluke zavisice u mnogome od vrednosti dve tranzicione tačke na difuzionoj krivi: početka faze ubrzanja odnosno faze usporenja.

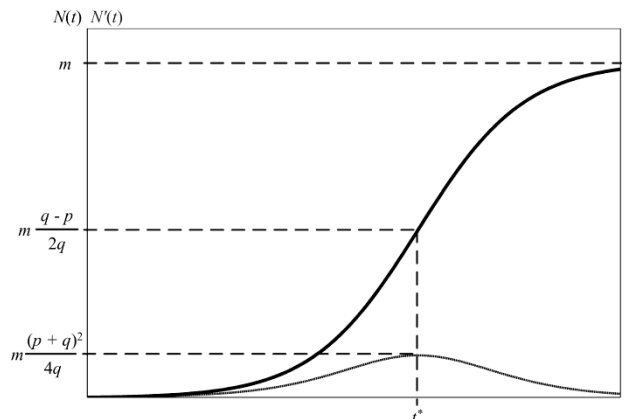
3. KARAKTERISTIKE MODELA PROGNOZIRANJA NOVIH SERVISNA NA PRIMERU BASS-OVOG MODELA

Zahvaljujući velikom uticaju koji su imali radovi Frank Bass-a i Everet Rogers-a razvijen je veliki broj modela prognoziranja tražnje novih servisa koje svoje osnove pronalaze u difuzionoj teoriji širenja inovacije. Frank Bass je 1969. godine razvio model koji predstavlja najuticajniji model na polju prognoziranja novih servisa/proizvoda. Veliki broj difuzionih modela koji se danas primenjuju u praksi predstavljaju modifikaciju upravo Bass-ovog osnovnog modela. Stoga se velika pažnja u analizi uticajnih parametara na difuzioni proces posvećuje upravo parametrima Bass-ovog modela. Razumevanje dinamike iza Bass-ovog modela, samog difuzionog procesa, veze između tržišnih uticaja i parametara modela olakšava shvatanje i kreiranje novih difuzionih modela prema specifičnosti tržišta odnosno servisa.

Kumulativni broj korisnika koji su prihvatili novi servis za vreme t , $N(t)$, Bass je predstavio sledećom jednačinom:

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad \text{za } t > 0 \quad (1)$$

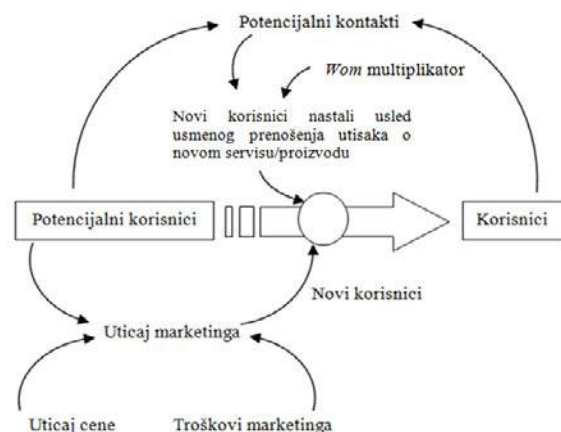
Kao što se vidi, Bass-ov model je okarakterisan sa tri parametra: parametar inovacije p , parametar imitacije q i ukupnim procenjenim potencijalom tržišta m .



Slika 3. Funkcije Bass-ovog difuzionog modela [8]

Da bi se shvatila priroda procesa difuzije moraju se razumeti parametri modela kao i njihova uloga na ponašanje difuzione krive.

U zavisnosti od vrednosti parametra inovacije i imitacije zavisice i oblik difuzione krive. Brzinu prihvatanja novog servisa određuju dva parametra: p koji predstavlja brzinu kojom započinje prihvatanje servisa/proizvoda i q koji predstavlja brzinu kojom se dešava kasniji rast. Tehnologije sa mrežnim efektom (kod kojih vrednost raste kako više korisnika dobija dati proizvod) mogu imati veće q . Parametar inovacije podrazumeva eksterne uticaje ili uticaje koji nastaju dejstvom marketinških aktivnosti. Efekti masmedija imaju za cilj da kod određene kategorije korisnika stvore osećaj svesnosti o prisutnosti novog servisa. On je dominantan kod korisnika koji žele servis koji je poslednji i najbolji. Efekti masmedija se odražavaju na početak difuzionog procesa. S druge strane parametar q predstavlja efekat usmenog prenosa iskustava i prenosi se na dinamiku prihvatanja novog servisa. [9]



Slika 4. Princip funkcionisanja Bass-ovog modela [10]

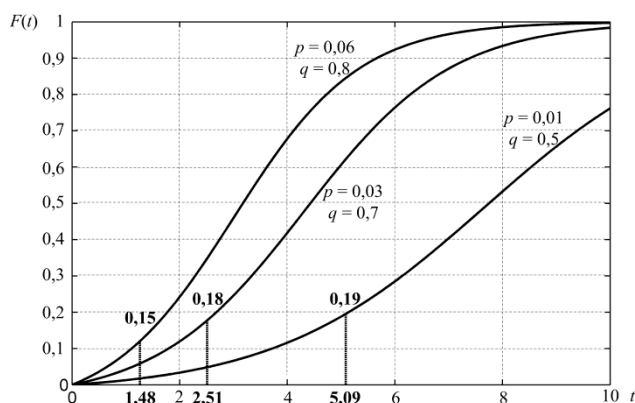
Od broja inovatora obično ne zavisi uspeh odnosno održivost novog servisa na tržištu. Daleko je važnije proceniti kada će se dogoditi dostizanje tzv. kritične mase broja korisnika. Kada se kritična masa dostigne dolazi do rasta prihvatanja posmatranog servisa, s obzirom da se proces difuzije tada nastavlja u daleko širem okruženju u

odnosu na rane inovatore. Kritičnu masu definiše momenat u vremenu kada je dovoljan broj korisnika prihvatio novi servis/proizvod i kada dalji proces prihvatanja servisa postaje samoodrživ.

Valentina (1995) ističe da se kritična masa ostvaruje kada 10% do 20% potencijalnog tržišta prihvati inovaciju. U difuzionim procesima interakcija između članova socijalnog sistema predstavlja osnovnu pokretačku snagu. Kritična masa varira sa distribucijom populacije kao i sa strukturom socijalne mreže. Topologija mreže je važna za shvatanje toka informacija pa je stoga i jedan od ključnih faktora u određivanju difuzije inovacije inovativnih proizvoda ili tehnologija [11].

Analizirajući brzinu promene posmatranih funkcija ustanovljeno je da se može usvojiti kriterijum da se kritična masa korisnika dostiže ukoliko je stepen priraštaja posmatranih funkcija veći od 5%. Odnosno, da se ulazi u fazu zasićenja ukoliko je ovaj stepen priraštaja manji od 5% na godišnjem nivou. Formula po kojoj se izračunava vremenski period dostizanja kritične mase kod Bass-ovog modela je:

$$t = \ln \frac{(2 + \sqrt{3})p}{q} \cdot \left(-\frac{1}{p+q} \right) \quad (2)$$



Slika 5. Trenuci dostizanja kritične mase za različite vrednosti parametara p i q [8]

Naravno, svi naponi u smislu marketinške kampanje treba da budu usmereni ka što bržem dostizanju kritične mase korisnika. Takođe, prihvatljive cene ili čak pružanje besplatnih usluga neko vreme, mogu pomoći bržem promovisanju novih servisa.

Difuzioni modeli opisuju zavisnost prihvatanja novog servisa/proizvoda tokom vremena. U faktore od uticaja na dinamiku prihvatanja novog servisa treba svrstati nivo marketinške aktivnosti, promenu cene, promene u intenzitetu distribucije i sl. Snaga modela prognoziranja za donosiocce poslovnih odluka leži upravo u mogućnosti da se uticaj eksternih faktora može preneti na model i time predvideti difuzija novog servisa kao posledica promene eksternih uticajnih faktora [12].

Modeli koji uzimaju u obzir eksterne uticajne faktore se mogu kategorisati u dve grupe. Prva, koju čine modeli kod kojih se promenljive marketing miksa na unapred definisan način ubacuju u model čime parametri modela ostaju nepromenjeni i druga grupa modela koja se bazira na parametrima koji su vremenski promenljivi [3].

4. KLJUČNE ODLIKE DIFUZIONIH PROCESA NOVIH SERVISA

Poslednje četiri decenije napisano je mnoštvo radova baziranih na temu primene difuzionih modela u prognoziranju novih servisa/proizvoda. Analizirajući rezultate istraživanja, upoređivajući prognoziranane vrednosti sa realnim, došlo se do zaključaka koji su od vrednosti prilikom analiziranja potencijalnog tržišta i donošenja stratezijskih odluka. Statističkom analizom podataka došlo se do sledećih ključnih odlika difuzionih procesa novih servisa:

- Srednja vrednost koeficijenta inovacije za nalazi se između 0.0007 i 0.03 (Sultan, Farley i Lehmann, 1990; Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002; Van den Bulte i Stremersch, 2004);
- Srednja vrednost koeficijenta inovacija novog proizvoda je 0.001 za razvijene zemlje odnosno 0.0003 za zemlje u razvoju (Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002);
- Koeficijent inovacija je veći za evropske zemlje u odnosu na SAD (Sultan, Farley i Lehmann, 1990);
- Srednja vrednost koeficijenta imitacije se nalazi u intervalu od 0.38 do 0.53 (Sultan, Farley i Lehmann, 1990; Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002; Van den Bulte i Stremersch, 2004);
- Industrijske odnosno medicinske inovacije imaju veći koeficijent imitacija u odnosu na dugotrajne proizvode i druge inovacije (Sultan, Farley i Lehmann, 1990);
- Srednja vrednost koeficijenta imitacije u razvijenim zemljama iznosi 0.51 odnosno 0.56 u zemljama u razvoju (Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002);
- Prosečni potencijal penetracije tržišta je 0.52 za razvijene zemlje i 0.17 za zemlje u razvoju (Talukdar, Sudhir i Ainslie 2002);
- U proseku novom proizvodu je potrebno 19 godina da dostigne vršnu prodaju u zemljama u razvoju dok je u razvijenim zemljama ovo vreme kraće i iznosi 16 godina (Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002);
- 1% promene u kupovnoj moći prema prihodu po glavi stanovnika može da promeni potencijal tržišne penetracije oko 0.3% (Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002);
- 1% promene u međunarodnoj trgovini ili urbanizaciji može dovesti do promene potencijala penetracije tržišta za 0.5% odnosno 0.2% respektivno. (Talukdar, Sudhir i Ainslie, 2002);
- Procenjuje se da je u proseku potrebno šest do deset godina da se dostigne faza ubrzanja (Agarwal i Bayus, 2002; Golder i Tellis, 1997; Kohli, Lehmann i Pae, 1999);
- Proizvodi poput televizora, audio opreme i drugih proizvoda za zabavu ubrzavaju brže sa prosekom od dve godine. Sa druge strane aparati za domaćinstvo

dostižu ovu fazu u proseku nakon osam godina. (Tellis, Stremersch i Yin, 2003);

- U skandinavskim zemljama faza ubrzanja se dostiže nakon četiri godine, u srednjeevropskim zemljama u proseku nakon šest godina dok u mediteranskim zemljama ova faza se dostiže nakon osam godina (Tellis, Stremersch i Yin, 2003);
- 1% smanjenja u ceni dovodi do povećanja verovatnoće dolaska do faze ubrzanja za 4.2%. (Golder i Tellis 1997);
- Prosečna penetracija tržišta u fazi ubrzanja iznosi 1.7% (Golder i Tellis, 1997);
- U 50% do 96% ispitanih kategorija prodaja opada u fazi usporenja (Goldenberg, Libai i Muller, 2002; Golder i Tellis, 2004);
- Prodaja opada u proseku 15% - 32% tokom ovih padova nakon usporenja (Goldenberg, Libai i Muller, 2002; Golder i Tellis, 2004);
- 1% rasta cene je povezan sa procentom povećanja usporenja do 5% ;
- Usporenje se u proseku dešava na 34% servisa.
- Svaki procenat povećanja probija na tržište je povezan da procentom povećanja usporenja od 3.6%;
- Svaki procenat smanjenja bruto društvenog proizvoda se povezuje sa procentom povećanja usporenja od 17%;
- Proizvodi koji teže velikim povećanjima tokom ubrzanja takođe teže velikim padovima tokom usporenja;
- Prosečno, faza uvođenja servisa traje od šest do deset godina, faza rasta traje od osam do deset godina a trajanje rane faze zrelosti iznosi pet godina (Agarwal i Bayus, 2002; Goldenberg, Libai, i Muller, 2002; Golder i Tellis, 2004; Golder i Tellis, 1997; Stremersch i Tellis, 2004; Tellis, Stremersch i Yin, 2003) [1].

5. ZAKLJUČAK

Jedan od ključnih alata u poslovnom odlučivanju jesu i metode prognoziranja novih servisa. Iako, već duže vreme, svoju primenu nalaze na polju analize trenda kretanja pojedinih tržišnih veličina, poslednjih godina redefinišu svoju ulogu.

Donošenje pravovremenih poslovnih odluka treba bazirati na informacijama dobijenih primenom metoda prognoziranja tražnje novih servisa/proizvoda. Međutim, za donošenje adekvatne poslovne strategije donosioci odluka moraju poznavati zakonitosti koje vladaju na tržištu, aktivnosti konkurenta, kategorije potencijalnih korisnika, razloge i posledice ponašanja korisnika tokom prihvatanja servisa, dinamiku životnog ciklusa, ključne karakteristike samog difuzionog procesa i sl. Na ovaj način sagledava se tržište u celosti, prepoznaju se promene u zahtevima korisnika, skraćuje se vreme u postizanju odgovarajućih ciljeva poslovnog procesa, podiže se brzina difuzije novog servisa na tržištu kao i efikasnost i efektivnost samog poslovnog procesa odnosno racionalizuje se poslovno odlučivanje.

LITERATURA

- [1] Chandrasekaran, D. and Tellis, G. J., A Critical Review Of Marketing Research On Diffusion Of New Products, Review of Marketing Research, Volume 3 Emerald Group Publishing Limited, pp.39 – 80, 2007
- [2] Jahanbin, S., Goodwin, P. and Meeran, S. “New Product Sales Forecasting in the Mobile Phone Industry: an evaluation of current methods“, available at: https://forecasters.org/wp-content/uploads/gravity_forms/7-2a51b93047891f1ec3608bdbc77ca58d/2013/07/Jahanbin_Semco_ISF-2013.pdf.
- [3] Radas S.: ”Diffusion Models in Marketing: How to Incorporate the Effect of External Influence“, Privredna kretanja i ekonomska politika, Vol. 15, No. 105, pp. 30-51, 2005.
- [4] http://www.educ.msu.edu/epfp/meet/02-06-06files/Diffusion_Innovations.pdf
- [5] James K.: “Developing, Positioning, and Differentiating Products through the Life Cycle”, Louisiana State University – Shreveport, 2003., available at: <http://finntrack.eu/babs/dbs217/kotler/kotler10exs.ppt#298,1,Chapter 10>
- [6] Ismail S., “Detailed Review Of Rogers’ Diffusion Of Innovations Theory And Educational Technology-Related Studies Based On Rogers’ Theory“, The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET, Vol. 5 Issue 2, 2006
- [7] Howell R.: “New Products Decision Models”, available at: <http://rhowell.ba.ttu.edu/Lecture%20Slides/newprod.ppt#257,1,New Product Decision Models>
- [9] Radojičić V., Bakmaz B., Veličković S., Prognoziranje novih telekomunikacionih servisa, Saobraćajni fakultet, 2013.
- [9] Lilien G. L., Rangaswamy A., Bruyn A. De, Principles of Marketing Engineering, Trafford Publishing, Victoria, BC, Canada, 2007.
- [10] http://blog.iseesystems.com/stella-ithink/bass_diffusion_model/
- [11] Corigliano M. A., Baggio R., “Mobile technologies diffusion in tourism: modelling a critical mass of adopters in Italy”, 11th International Conference on Information Technology and Travel and Tourism, Cairo, 2004.
- [12] Michelfelder R.,Morris 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>

BIG DATA KAO PODRŠKA POSLOVNIM PROCESIMA

BIG DATA AS A SUPPORT FOR BUSINESS PROCESS

Aleksandra Vukmirović¹, Slobodan Đurović¹, Marina Brbaklić Tepavac², Tomo Odalović¹
Beogradska poslovna škola Visoka škola strukovnih studija¹
Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beogradu²

Sadržaj – Po proceni IBM-a svakog dana u svetu se generiše 2,5 triliona bajtova podataka. Od ukupne količine kreiranih podataka 90% generisano je u prethodne dve godine. Ovaj fenomen naziva se Big Data. Nekada je izazov bio prikupiti što veću količinu podataka, danas se filozofija poslovanja menja i cilj jeste pravilno i strateški obraditi i iskoristiti dostupne podatke. Neki podaci su strukturirani i sačuvani u relacionim bazama podataka dok su drugi podaci, uključujući dokumenta, slike i video zapise, nestruktuirani. Iako se svakim izvorom podataka može nezavisno upravljati i svaki izvor pretraživati, trenutno kompanijama najveći izazov predstavlja pronalaženje smislenog preseka svih dostupnih podataka različitih struktura i tipova. Ovaj rad predstavlja metodologiju koncepta Big Data kao podršku poslovnim procesima.

Abstract – According to the estimates of IBM daily in the world amount of generated reaches 2.5 trillion bytes. Of the total amount of data created 90% was generated in the previous two years. This phenomenon is known as Big Data. Once the challenge was to collect as more data as possible, today business philosophies has been changed and the objective is in finding the proper strategic process for the usage of all available data. Some data is structured and stored in relational databases while other data, including documents, images and videos, are unstructured. Although each data source can independently be managed and searched independently, currently the biggest challenge is finding a meaningful cross-section of all available data of different structures and types. This paper presents a methodological approach of Big Data concept as the support for business processes.

1. UVOD

Rast količine podataka u poslovanju kompanija posledica je pada cena hard diskova, povećanja njihovog kapaciteta, povećanja stepena digitalizacije i informatizacije poslovnih procesa i rasta količine “velikih” fajlova za skladištenje, kao što su video fajlovi i sistemski log fajlovi. Big Data tehnologija odnosi se na raspoložive podatke o ponašanju korisnika, o tržištu, o prodaji, itd. Big Data tehnologija je istovremeno i problem i šansa, kao i prilika i mogućnost da kompanije postanu inovativnije, konkurentnije i produktivnije. U narednih nekoliko godina biće potpuno vidljiva i jasna razlika u pogledu konkurentnosti između kompanija koje razumeju i koriste Big Data tehnologiju i kompanija koje nisu svesne značaja koje ova tehnologija predstavlja. Iako svest o važnosti Big Data raste, danas su samo dve

kompanije u svetu sposobne da Big Data iskoriste na pravi način: Google i Facebook. Ogromne mogućnosti za korišćenje Big Data imaju i vojno-bezbedonosno strukture, telekomunikacione kompanije, maloprodajni i veleprodajni lanci, finansijske, zdravstvene i proizvodne organizacije, kao i mnoge druge.

Podaci se mogu klasifikovati po količini (obimu), po raznolikosti (vrsti) i po brzini kojom se generišu. Bez analize, dostupni podaci nisu upotrebljivi kao vid novog znanja. Analizom podataka određuje se njihova prava vrednost koja može biti presudna u diferenciranju kompanije u odnosu na konkurenciju. Informacije mogu postati vredne ukoliko su transparentne i upotrebljive. [10]. Na osnovu njih se donose bolje odluke, unapređuju performanse kompanije i njenih proizvoda i/ili usluga, identifikuju ciljne grupe i oblasti u kojima treba delovati. Big Data tehnologija može pomoći pri preciznijem segmentiranju korisnika, kreiranju boljih paketa usluga i pravljenju uspešnije promocije. Najvažniji problem sa kojim su se kompanije susretale jeste kako obraditi dostupnu količinu podataka i informacija na način koji omogućuje unapređenje poslovanja i iskustva kupaca, uz zadržavanje bezbednosti podataka i privatnosti korisnika.

2. IZVORI PODATAKA

Podatke delimo na strukturirane i nestruktuirane iz sekundarnih i primarnih izvora. Iako se čini da su strukturirani podaci dobro poznati, zapravo, strukturirani podaci u svetu Big Data pristupa dobijaju novu ulogu. Razvoj tehnologije omogućava pojavu novih izvora strukturiranih podataka često u realnom vremenu i u velikim količinama. Izvori podataka dele se u tri kategorije (slika 1) [16]:

- Računarski ili mašinski generisani – pojam mašinski tj. računarski generisanih podataka se obično odnosi na podatke koje proizvodi mašina bez ljudskog uticaja.
- Ljudski generisani – podaci koje obezbeđuju ljudi u interakciji sa računarima.
- Hibridni podaci – podaci koji nastaju kombinovanim naporom ljudi i mašina.



Slika 1. Big Data izvori podataka [15]

Mašinski generisani strukturirani podaci mogu da uključuju [6]:

- Senzorske podatke – radio frekvencijske *ID (RFID)* oznake, pametne merače (npr. elektronska brojila za merenje potrošnje električne energije), podatke medicinskih uređaja, *GPS* podatke. *RFID* ubrzano postaje popularna tehnologija koja podrazumeva upotrebu minijaturiranih računarskih čipova za praćenje udaljenosti. Kompanije upotrebljavaju ovu tehnologiju najčešće kao sistem upravljanja transportom robe i kontrolom inventara. Izvor senzornih podataka takođe predstavljaju pametni telefoni koji poseduju tehnologiju kao što je *GPS*.

- Web log podatke – Kada serveri, aplikacije, mreže i slično rade oni beleže različite podatke o svojoj aktivnosti. Količina ovih podataka uglavnom je ogromna, a izazov predstavlja obrada podatka u cilju dobijanja informacija korisnih za poslovanje.

- Podatke u trenutku prodaje – ovi podaci najčešće se dobijaju očitavanjem bar koda proizvoda. Kompanija *IDEA* je svojim korisnicima obezbedila kartice lojalnosti dostupne po ličnom zahtevu korisnika. Kombinujući podatke o kupljenim proizvodima (putem bar koda) sa ličnim podacima o potrošaču (sa kartice lojalnosti) kompanija pri svakoj kupovini o korisniku dobija veliku količinu strukturiranih podataka.

- Finansijske podatke – Dosta finansijskih sistema su danas programirani, njihov rad zasniva se na predefinisanoj skupi pravila što dovodi do automatizacije procesa. Podaci o trgovanju na berzi predstavljaju dobar primer finansijskih podataka. Sadrže strukturirane podatke kao što su oznaka kompanije i vrednost u novcu. Neki od ovih podataka su mašinski generisani a neki su generisani ljudski.

Primeri ljudski generisanih strukturiranih podataka mogu da uključuju [10]:

- Ulazne podatke: Bilo koji tip podataka koji čovek može uneti u računar, kao što je ime, prezime, godine starosti, prihod, odgovori na ankete i slično. Ovi podaci mogu biti korišćeni za razumevanje ponašanja potrošača.

- Klik podatke: svaki put kada se klikne na link na sajtu podaci se generišu. Ovi podaci mogu biti analizirani u cilju predviđanja ponašanja potrošača i sagledavanja obrazaca kupovine.

Neki od ovih podataka ne moraju biti veliki sami po sebi, kao što su profilni podaci. Međutim, kada se objedine podaci miliona korisnika koji šalju informacije, količina podataka postaje ogromna. Dodatno, mnogo ovih podataka je vezano za vreme u kom se generišu što može biti korisno za razumevanje obrazaca koji imaju potencijal za predviđanje ishoda.

Nestruktuirani podaci su podaci koji ne prate neki definisani format. Ako je 20% podataka koji su dostupni preduzećima strukturirano, preostalih 80% je nestruktuirano. Nestruktuirani podaci su zapravo podaci koji se najčešće sreću. Do skoro, međutim, tehnologija nije podržavala druge načine rada sa ovim podacima osim skladištenja i ručne obrade. Nestruktuirani podaci se mogu naći svuda. Zapravo, većina ljudi i organizacija

funkcioniše na osnovu nestruktuiranih podataka. Kao i u slučaju strukturiranih podataka i nestruktuirani podaci mogu biti mašinski ili ljudski generisani. Neki primeri mašinski generisanih nestruktuiranih podataka su [2]:

- Satelitske slike – Ovo uključuje podatke o vremenskim prilikama ili podatke koje vlade prikupljaju prilikom satelitskog nadgledanja. Na primer, *GoogleEarth* poseduje ogromnu količinu satelitskih snimaka koje obrađuje i spaja na odgovarajući način.

- Naučni podaci – Ovo uključuje seizmičke slike, atmosfere podatke, fiziku visokih energija, itd.

3. BIG DATA KAO PODRŠKA POSLOVNIM PROCESIMA

Big Data je novi zvučni pojam koji se odnosi na veliku količinu podataka koje karakteriše velika raznolikost i veliki protok (frekvencija). Ovakvi podaci zahtevaju inovativne forme procesiranja i obrade radi unapređenja procesa donošenja odluka i optimizacije poslovnih procesa u organizaciji. *Big Data* tehnologija može biti veoma korisna za prediktivnu analizu koja bi dalje uticala na rast i razvoj poslovanja. Tehnologije su prisutne i raspoložive su za sve, ali samo mali broj kompanija je sposoban da dobro uklopi prednosti tehnologija sa sopstvenim korporativnim snagama i mogućnostima. Suština je u pronalasku metodologija koja će omogućiti kompaniji da iskoristi mnoštvo podataka koji se svakodnevno produkuju kroz sve segmente kompanijskog poslovanja i delovanja. [12]

Sam početak primene *Big Data* tehnologije od pre desetak godina vezuje se za kompanije kao što su *Google* i *Yahoo!* koje su imale ogromne količine podataka generisanih na webu, da bi 2008. godine *Yahoo!* kreirao program *Hadoop* koji je postao *Apache* projekat otvorenog koda najvišeg nivoa što je dalo presudan momenat za razvoj ove tehnologije. *Hadoop* i *MapReduce* (program kreiran od strane *Google* kompanije) tehnologija su osmišljeni kako bi se efikasno mogle obraditi velike količine podataka korišćenjem više računara vezanih u klaster. *MapReduce* se zasniva na okruženju u kojem se protok podataka razbija u dve faze, fazu mapiranja i fazu redukcije. U fazi mapiranja, grupe podataka se obrađuju izolovano posebnim procesima koji se označavaju kao maperi gde se pojedinačni elementi dele u uređene parove tj. ključ-vrednost parove. Rezultat rada mapera se prosleđuje procesima redukcije, koji kombinuju ove uređene parove u manje skupove što su i konačni rezultati. [14]

Na strani smeštanja podataka podršku za ovu tehnologiju klasterisanja podataka na više sistema pruža *Hadoop* distribuirani fajl sistem (*HDFS*). Podaci u *Hadoop* klasteru se dele u manje delove (tzv. blokove) i distribuiraju se kroz klaster, te se na taj način omogućava procesi mapiranja i redukcije rada na manjim količinama podataka čime se dobija na skalabilnosti. Sama ideja je bila da se koriste serveri u klasteru sa jeftinim internim diskovima što može predstavljati problem zbog brzine i dostupnosti, odnosno gubitka podataka. Cilj jeste da se *MapReduce* poslovi izvršavaju na serverima gde se nalaze

podaci koji se obrađuju tzv. princip lokalnih podataka. Kako *HDFS* prilikom smeštanja, podatke deli na manje blokove, a kopije blokova se smeštaju i repliciraju na različite servere u okviru klastera (minimalno dva servera). Time se dobija veća dostupnost podataka i mogućnost obrade podataka na svim serverima. [3]

Celokupna logistika upravljanja podacima se obavlja na serveru koji se označava kao *NameNode*. Ovaj server je kao neka vrsta servera sa meta podacima koji sadrže informacije o fajlovima, odnosno blokovima podataka na *Hadoop* distribuiranom fajl sistemu. Sve informacije koje ima *NameNode* server skladištene su u memoriji što omogućava brzu manipulaciju podacima koji su na fajl sistemu ili se upisuju na njega, ali sa druge strane predstavlja kritičnu tačku prekida, jer bi se gubitkom meta podataka izgubile sve informacije o podacima u klasteru. Osim što ovaj server treba biti robusniji na prekide od servera u klasteru potrebno je obezbediti i njegov *back up*. Od verzije *Hadoop 0.22* implementirana je *Backup Node* funkcionalnost koja obezbeđuje održavanje ažurne kopije *NameNode*-a u memoriji. Pet elemenata čini *Big Data* tehnologiju: analitička baza podataka, memorijska baza (*In-memory database management system*), obrada tokova podataka u realnom vremenu, *Hadoop* softver i hardver na kojem se to sve smešta. [6]

Kao podrška za ovu tehnologiju u okviru Apache projekta se razvija više projekata otvorenog koda povezanih sa *Hadoop*-om i *MapReduce*-om: *Ambari*, *Avro*, *HBase*, *Cassandra*, *Chukwa*, *Mahout*, *Hive*, *Pig*, *Spark*. *Ambari* je Apache projekat koji pruža podršku za jednostavnije upravljanje (kreiranje, pokretanje, nadgledanje, konfigurisanje) *Hadoop* klasterom kroz web baziran interfejs. *Avro* je sistem za serijalizaciju podataka. *Cassandra* je *Hadoop* distribuirana baza podataka (*database system*) otvorenog koda koji koriste *Ebay*, *Twitter* i mnogo drugih kompanija čija je karakteristika da imaju velike količine aktivnih podataka. Najveći poznati *Cassandra* klaster ima preko 300 TB podataka na više od 400 servera. *HBase* je takođe *Hadoop* distribuirana, skalabilna baza za smeštanje velikih količina podataka. *HBase* i *Cassandra* su vrsta "NoSQL" baza podataka koje su distribuirane. [7]

"NoSQL" je pojam koji označava da baza podataka nije relaciona baza koja podržava *SQL* (*structured query language*) kao svoj primarni jezik. *Chukwa* je sistem prikupljanja podataka za spravljanje velikih distribuiranih sistema. *Mahout* projekat ima cilj izgradnje skalabilne biblioteke mašinskog učenja. *Hive* omogućava upite i upravljanje velikim skupovima podataka koji se nalaze u distribuiranom sistemu. *Pig* je, zajedno sa infrastrukturom koja to podržava, platforma za analize velikih količina podataka. *Spark* je okruženje za brzu obradu podataka, dok *Impala*, okruženje za paralelnu obradu podataka zaobilazi *MapReduce* kako bi se obezbedila mogućnost upita u realnom vremenu, a samim tim omogućava i analitiku, odnosno pristup alatima poslovne inteligencije nad podacima smještenim u *Hadoop*-u u realnom vremenu. Iznad svih njih se nalazi *ZooKeeper*,

centralizovani servis za upravljanje i konfigurisanje ove *Apache* tzv. "ZOO" infrastrukture. [4]

4. BIG DATA KAO DEO SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE

Skladišta podataka kao gradivni deo sistema poslovne inteligencije su tako organizovane baze podataka (*database systems*) da kroz alate poslovne inteligencije omogućavaju uvid u poslovanje i donošenje poslovnih odluka zasnovanih na činjenicama i oslobođenih subjektivnih impresija. Kako bi se ovi sistemi adaptirali na promene koje donosi *Big Data*, u kontekstu donošenja poslovnih odluka, jasno je da je neophodna neka vrsta nadogradnje i širenje postojećih sistema kako bi se obuhvatili novi izvori sa novim tipovima podataka i značajno veće količine podataka koje nisu striktno strukturirane. Ove promene imaju za cilj da pomere granice poslovanja. Kada korisnik ostvari kontakt putem kontakta centra ili dođe na prodajno mesto, da bi se na najbolji način iskoristio već ostvareni kontakt i korisniku dala nova prodajna ponuda, osim istorijskih podataka koji se nalaze u skladištu podataka može se iskoristiti i trenutna informacija (*real time*) i sklopiti mu više verzija ponuda koje su najbolje za kupca, odnosno za prodavca. [7]

Zavisno od poslovnog modela i mesta gde se odluke donose potrebno je upariti podatke koji dolaze u realnom vremenu sa istorijskim podacima i isporučiti informacije na način kako poslovanje zahteva. Po izvedenom ispitivanju 13% kompanija koriste prediktivnu analizu, 75% postojećih skladišta podataka ne mogu da podrže brzinu i kompleksnost, a 86% kompanija ne mogu da isporuče pravu vrednost u pravo vreme. [4] Ovi nedostajući podaci u značajnijoj meri mogu se "popuniti" *Big Data* analizom. Sistemi poslovne inteligencije su u stalnom procesu evolucije u kojem se u njih integrišu različita tehnološka unapređenja tako da je proširenje na *Big Data* koncept, prirodan razvoj sistema poslovne inteligencije. Dva su mesta u sistemu poslovne inteligencije gde *Big Data* koncept može doneti poboljšanja, *Hadoop* i vertikalne baze podataka u pripremnoj oblasti tzv. *Staging area*, te na prezentacionom nivou uz memorijske baze (*in-memory*) gde su vizualizacija i analitičke aplikacije prilagođene krajnjem korisniku. [14]

Arhitektura zasnovana na *Apache Hadoop* projektu otvorenog koda koja omogućava da se obrade velike količine podataka na klasterima servera, čak je bila prepoznata i kao osnova sledeće generacije sistema poslovne inteligencije, mada je u praksi, u ovim sistemima, za sada najčešće iskorišćena njegova funkcionalnost da obrađuje velike količine nestrukturiranih podataka za punjenje postojećih skladišta kao neka vrsta *ETL* (ekstrakcija, transformacija, punjenje) procesa. Ova tehnologija kroz skalabilnost smeštanja podataka i brzine obrade podataka omogućava analize brzinom a i cenom koje pre nisu mogle biti postignute, što je značajno usporavalo obradu. [9]

Još jedna značajna prednost je što je tehnologija

otvorenog koda, koja može da smanji troškove licenciranja i održavanja. Kako je uvek bilo teško jednoznačno proceniti povrat ulaganja (*ROI-return of investment*) kod projekata sisteme poslovne inteligencije, tako je i sa projektima njihovog proširenja sa Big Data konceptom. [9] Da li je to uzrok što se ovi projekti ne pokreću brzinom koja bi bila proporcionalna količinama informacija. Velika količina podataka je postojala, ali tek sa tehnološkim preduslovima i prepoznavanjem vrednosti koja sistemima poslovne inteligencije donosi od obrade i analize velike količine podataka nastao je *Big Data* koncept.

5. PREDNOSTI I NEDOSTACI BIG DATA TEHNOLOGIJE

Mogućnost samog predviđanja i posedovanja vrednih informacija pre svih je nešto što je danas vrednije od novca. Kao što je to prednost, javlja se i nedostatak na strani pojedinca, čiji se podaci sakupljaju u *Data centrima* raznih firmi. Postoji primer u SAD-u, kompanija Walmart je stalno slala šesnaestogodišnjoj devojci ponude za opremu za bebe i slično, što je zasmetalo njenom ocu koji je tužio *Walmart*. Ispostavilo se da je devojka stvarno trudna, da je *Walmart* sistem sa preporuku odradio svoj posao. Posle toga otac javno da izvinio kompaniji. [11] Ovo je jedan pomalo zastrašujući primer korišćenja *Big Data*. Postavlja se i pitanje etike u ovim slučajevima. Korišćenje *Big Data* u prodaji i marketingu interesantno je sa aspekta etike – sa jedne strane da li želimo da svi sve znaju o nama kao pojedincu, a sa druge bolje da nas bombarduju reklamama za ono što nas interesuje, nego svime.

Mnoge studije i analize ukazuju da implementacija Big Data koncepta dovodi do značajnih ušteda u svakodnevnom poslovanju. Tako se navodi da prodavac koji koristi *Big Data* može da poveća operativnu marginu i za više od 60%, a na osnovu informacija o tržištu i konkurenciji. Potencijal je evidentan i u javnom sektoru – analize *MGI & McKinsey Business Technology Office* pokazuju da bi zdravstvo SAD upotrebom ove tehnologije godišnje moglo da ostvari 300 milijardi dolara dodatne vrednosti. Dve trećine tih sredstava realizovalo bi se kroz uštedu na troškovima za oko 8%. U razvijenim evropskim ekonomijama, državna administracija bi mogla da uštedi više od 100 milijardi evra samo na unapređenju efikasnosti. Ova cifra ne uključuje dodatne budžetske prihode, koje *Big Data* može da obezbedi u otkrivanju poreskih prevara ili propusta u administrativnoj proceduri. [16]

6. ZAKLJUČAK

Big Data koncept možemo posmatrati kao novi element koji se može ugraditi u različite tipove informacionih sistema. Da li će sa njim rešavati problem operativnog poslovanja i koristiti njegove funkcionalnosti za operativne poslove kao što je na primer detekcija prevara (*fraud detection*) ili poslovnu inteligenciju, ili i jedno i drugo,

zavisi od strategije razvoja informacionog sistema. Ako ga posmatramo u kontekstu donošenja odluka, *Big Data* je dodatni gradivni element u sistemu poslovne inteligencije koji potencijalno može doneti novo znanje, a sa njim i novu vrednost. [6]

Poslovna inteligencija je koncept koji unapređuje mehanizam donošenja poslovnih odluka, a to na koji način će se prikupljati i obrađivati, kao i pojedinstvo odrađenog *ETL* (ekstrakcija, transformacija, punjenje) procesa nisu presudne. Analogno skladištu podataka koje nije sistem poslovne inteligencije već njegov sastavni deo tako je i *Big Data*, kao i bilo šta drugo što unapređuje informisanost, postalo je deo sistema poslovne inteligencije. Kao što delovi sistema skladištenja podataka ne moraju samo da se koriste u sistemu poslovne inteligencije, isto tako i *Big Data* koncept nije nužno vezan za poslovnu inteligenciju, ali u procesu donošenju poslovnih odluka zauzima bitnu poziciju. *Big Data* ne može da bude zamena za sisteme poslovne inteligencije i skladište podataka, ali može kroz postojeće sisteme da donese novu vrednost. Koliko će se znanja izvući i koja je to mera da se negde primeni ili ne *Big Data* koncept još je u domenu teorije pošto je praksa na svojim počecima.

LITERATURA

- [1] Zikopoulos, P. C., Roos, D., Parasuraman, K., Deutsch, T., Corrigan, D., and G.J. Harness, *The Power of Big Data*, UK, McGraw-Hill, 2014
- [2] Google Trends: <http://www.google.com/trends/explore#cmpt=q&tz=Etc%2FGMT-1>
- [3] Laney, D. „Application Delivery Strategies“, Meta Group, 2001.
- [4] Ward, J. S. and Barker, A. „Undefined By Data: A Survey of Big Data Definitions“. School of Computer Science University of St Andrews, UK, 2013.
- [5] Wikipedia, Big Data page: http://en.wikipedia.org/wiki/Big_data
- [6] SAS Big Data page: <http://www.sas.com/big-data/>
- [7] Narayanan, A., Greco, M., Powell, H., Coleman, L. „The reliability of big “patient satisfaction” data“. *Big Data*; 2013. 1(3), 141-151, DOI: 10.1089/big.2013.0021
- [8] Vukmirovic, A., Brbaklic Tepavac, M., Vukmirovic J. „Virtual community research“. XX Yu Info Conference Proceedings of the Association for Information Systems and Computer Networks; 2014 Mar 6–10; Kopaonik, Serbia.
- [9] Foster, P. and Fawcett, T. What you need to know about data mining and data-analytic thinking. O'Reilly Media, Inc. 2013.
- [10] Frost & Sullivan. Drowning in Big Data? Reducing Information Technology Complexities and Costs for Healthcare Organizations. 2010; Available at: URL: <http://www.emc.com/collateral/analyst-reports/frost-sullivan-reducing-information-technology-complexities-ar.pdf>

- [11] Davenport, T. „Big data @ work“. Harvard Business School Publishing Corporation. 2014.
- [12] Simon, P. Too Big to ignore – the business case for big data. John Wiley & Sons, Inc. 2013.
- [13] Pentland, A., Reid, T., Heibeck, T. „Big data and health, Revolutionizing medicine and Public Health“. World Innovation Summit for Health (WISH), Big Data and Health Report 2013; Available at: <http://wish-qatar.org/big-data/big-data>
- [14] Bradley, P. „Implications of big data analytics of population health management“. Big Data; 2013. 1(3): 152-159, DOI: 10.1089/big.2013.0019
- [15] http://dralbarakati.com/?page_id=8
- [16] McKinsey Global Institute. Big Data: The Next Frontier For Innovation, Competition, and Productivity. McKinsey&Co, 2014.

POSEBNA PONUDA ŽELEZNICE ZA IZDAVANJE VOZNIH ISPRAVA REZERVISANIH I KUPLJENIH PUTEM INTERNETA SPECIAL OFFER FOR RAILWAYS TICKET ISSUE RESERVED AND BOUGHT OVER INTERNET

Zoran Pavlović¹, Aleksandra Vukmirović²

Srbija Voz a.d.¹

Beogradska poslovna škola Visoka škola strukovnih studija²

Sadržaj – Jedan od osnovnih oslonaca razvoja moderne privrede, jeste saobraćajni sistem. Železnički saobraćaj je integralni deo saobraćajnog sistema i ima veliki udeo na transportnom tržištu kao u prevozu putnika tako i robe. Razvoj železničkog saobraćaja podrazumeva racionalno korišćenje postojećih resursa, efektivno upravljanje, efikasnu organizaciju, standardizaciju, primenu savremenih tehnologija uz poštovanje sve strožijih ekoloških zahteva. U segmentu prevoza putnika savremene informacione komunikacione tehnologije mogu da usavrše poslovanje i ujedno korisnicima usluge omogućе brži pristup potrebnim informacijama. Pod potrebnim informacijama mora da se podrazumeva koje usluge može da pruži železnica, na koji način i pod kojim uslovima. Uvođenje novih tehnologija vrši se sa ciljem da se spreči tehničko-tehnološko zaostajanje železnice u odnosu na ostale saobraćajne grane i da se omogućе uslovi za povećanje tržišnog učešća na tržištu transportnih usluga.

Abstract - One of the basic pillars of the development of the modern economy, is the transportation system. Railway transport is an integral part of the transport system and has a large share of the transport market as well as in the transport of passengers and goods. The development of rail transport means rational use of existing resources, effective management, efficient organization, standardization, the use of modern technology while respecting increasingly stringent environmental requirements. In the segment of passenger transport of modern information and communication technologies can improve business and also provide users with faster access to necessary information. Under the necessary information must be used to indicate which services may provide railways, how and under what conditions. The introduction of new technologies is done in order to prevent technical and technological backwardness of the railways in relation to other transport sectors and to provide conditions for increasing market share in the market of transport services.

1. UVOD

Ekspanzivni razvoj informacionih i telekomunikacionih tehnologija unosi novine u filosofiji poslovanja koje gravitiraju ka automatizaciji prevoznog procesa. Postojeći telefon, telefaks, teleks, upotpunjuju se elektronskom poštom (e-mail), automatskom identifikacijom primenom bar koda, prenosom vizuelnih informacija, mogućnošću direktnog pristupa podacima poslovnog partnera, prenosom poruka napisanih na elektronskim obrascima,

elektronskim prenosom različitih sadržaja, kataloga, EDI tehnologijom, Internet komunikacijama.

Pod pojmom EDI (Electronic Data Interchange) podrazumeva se razmena standardnih poslovnih dokumenata, u unapred definisanom formatu, između računarskih aplikacija poslovnih partnera posredstvom računarskih mreža. Ono što je posebno zanimljivo je da EDI u strogo izvornom značenju ne podrazumeva interaktivno učešće ljudi u razmeni informacija[6].

EDI tehnologija podiže efikasnost i nivo automatizacije poslovanja u oblasti trgovine. Prednosti EDI sistema ogledaju se u uštedi vremena (vreme pripreme i distribucije podataka su rapidno smanjeni), brzini prenosa podataka (nekoliko sekundi, za razliku od nekoliko dana kod papirnih dokumenata), efikasnosti obrade podataka, tačnosti podataka, prevazilaženju jezičkih barijera, povećanju konkurentnosti na tržištu.

Da bi se zadovoljili uslovi za funkcionisanje EDI tehnologije potrebni su neophodni elementi za primenu sistema su:

- Odgovarajući standard koji će biti korišćen za transport poruke od pošiljaoca do primaoca, u današnjoj praksi različita preduzeća imaju različite računarske sisteme i programe tako da je direktna razmena nemoguća,
- Odgovarajući softver koji će vršiti konverziju poruka,
- Odgovarajući komunikacioni „kanal“ kojim će se poruka transportovati (izbor javne ili privatne mreže)

Na početku primene EDI tehnologije najveći deo komunikacije se odvijao u direktnom kontaktu računarskih sistema poslovnih organizacija, što je zahtevalo da oba sistema koriste iste komunikacione protokole, brzinu prenosa podataka, da imaju kompatibilan harver i istovremeno raspoložive telefonske linije u trenutku potrebe za komunikacijom koja je vrlo važna za poslovanje organizacija.

Ova ograničenja su kasnije prevaziđena korišćenjem VAN (Value-added network) mreža specijalizovanih firmi za pružanje podrške u implementaciji EDI sistema[6]. Ovaj sistem pripada u privatne zatvorene mreže koje kao takve predstavljaju efikasan, pouzdan i siguran kanal za prenos poverljivih poslovnih informacija. Prednosti primene razmene podataka za organizaciju su:

- Organizacija očekuje bržu dostavu dokumenata bez gubljenja ili oštećenja,
- uštede u vremenu potrebnom za obradu dokumentacije
- nepotrebno prekucavanje dokumenata,
- povećanje produktivnosti i efikasnosti,
- veliko smanjenje troškova prilikom obrade papirne dokumentacije koja podrazumeva veliki broj zaposlenih koji učestvuju,
- maksimalno smanjenje obima grešaka u obradi podataka,
- lakše upravljanje transportom, zalihama...,
- smanjuje se troškovi nabavke potrošnog materijala.

Pored svih navedenih prednosti EDI tehnologije u ovom obliku nikada nije doživeo masovnu primenu, zbog skupe, komplikovane i dugotrajne implementacije koje nije navikla organizacija, nedostatka fleksibilnosti u odnosu na brzinu promena u okruženju gde je potrebno da organizacije pokažu ineresovanje za nove tehnologije poslovanja, kao i visokih troškova održavanja koje su sebi mogle da priušte samo velike organizacije.

Konkurentnost železnice značajno je uslovljena sposobnostima neposredne, odnosno trenutne komunikacije što je konkretno i predmet EDI tehnologije[6]. EDIFACT odnosno UN/EDIFACT jesu pravila Ujedinjenih nacija za elektronsku razmenu podataka u oblasti administracije, trgovine i transporta[7].

Primenom računarskih informacionih sistema u cilju praćenja i upravljanja putničkim kolima stvoreni su preduslovi za dobijanje aktuelnih informacija o izvršenju putničkog saobraćaja. Operater na terminalu ima uvid o sastavu voza, broju mesta, broju slobodnih mesta i eventualno u slučaju veće potražnje može da zahteva uvrštavanje dodatnih kola. Na taj način se daljim sofisticiranim iskorišćavanjem tih informacija postiže povećanje efikasnosti u svim fazama eksploatacije i planiranja putničkog saobraćaja.

Popis vozova vrši se pomoću PS računara. Uneti podaci snimaju se na disketnu jedinicu i prosleđuju nadležnim službama ili se posredstvom računarskih mreža prenose u centralni računar. Uočavamo da se pojavljuju novi zahtevi u pogledu tehnologije prikupljanja podataka o vozovima, načinu njihovog prenosa do mesta obrade, odnosno potreba za novim znanjima i o posebno obučanim radnicima.

Informacioni sistem za praćenje i upravljanje putničkim kolima obezbeđuje pravovremene i potpune informacije kako poslovodnim tako i operativnim strukturama, što u krajnjoj konsekvenci rezultira povećanjem racionalnosti poslovanja. Zaposleni koji učestvuju u kreiranju i obradi informacija vezanih za saobraćaj vozova imaju posebnu ulogu, jer validnost i pravovremenost u obavljanju zadataka primenom računarskih tehnologija, ima nemerljivu ulogu za funkcionalnost sistema u celini.

Zaposleni moraju da budu stručno obučeni, da poznaju informacione tehnologije da bi mogli da proslede dalju informaciju koja je jedna karika u lancu transportnih usluga.

Rezervisanje mesta predstavlja sve popularniju pojavu u procesu prodaje usluga u železničkom putničkom saobraćaju. Korisnici usluge imaju mogućnost da rezervišu sedište, ležaj ili postelju, mesto praćenog automobila i time povećaju kvalitet svog putovanja.

Osobe sa posebnim potrebama imaju predviđena mesta koja samo oni mogu da rezervišu. Pod ovom vrstom rezervacije podrazumeva se i parkig mesto za automobil, pristupna rampa za ulazak na peron, dizalica za podizanje hendikep lica u kolicima i odgovarajuće mesto[2].

Rezervisanje mesta u međunarodnom putničkom saobraćaju se realizuje na dva načina, kontingeniranjem mesta i zahtevu koji je poslat elektronskom poštom. Kontingeniranje je neznatno zastupljeno jer se strane železničke uprave nerado odriču prodaje jednog dela kapaciteta zbog dodatnih troškova oko izveštavanja o izvršenom rezervisanju i mogućeg neažurnog izveštavanja. U većoj meri je zastupljena rezervacija putem elektronske pošte gde su umreženi računari.

Ekonomski pokazatelji ukazuju na neophodnost uključivanja u ovaj sistem kako bi se sprečilo dalje tehničko i tehnološko zaostajanje za ostalim železničkim upravama.

Postojeći rezervacioni i tarifski sistemi, kao i sistemi za izdavanje saobraćajnih dokumenata, razvijaju se u pravcu uvođenja sve "inteligentnijih" računarskih sistema. Povećanjem mogućnosti malih računarskih sistema, pre svega PC računara, moguća je dalja integracija funkcija prodaje u putničkom saobraćaju na relaciji centralni računar - lokalni računari čime se otvaraju horizonti ka kompleksnim informacionim sistemima sa upravljanje uslugama u putničkom saobraćaju.

2.ULOGA INTERNETA U ELEKTRONSKOJ TRGOVINI

Primenom internet tehnologija organizacija može da ima velike poslovne mogućnosti. Sa razvojem interneta otvorene su i nove finansijske potrebe koje u velikom broju slučajeva nisu mogle biti zadovoljene kroz postojeći sistem plaćanja. Tako je došlo do razvoja elektronske trgovine. Elektronska trgovina dovodi uvođenja novih sistema naplate.

Ovim se postiže efikasna i sigurna naplata i pokazuje se uspešnost poslovanja organizacije. Sistem elektronskog plaćanja zahteva i tehnološke promene koje mora da prati kako pojedinac tako i organizacija.

Sam pojam elektronskog plaćanja, elektronske trgovine podrazumeva razmenu materijalnih dobara putem informacionih tehnologija, gde je omogućena trenutna transakcija kako na lokalnom, tako i na internacionalnom

nivou. Primenom elektronskog sistema plaćanja omogućuje se brže obavljanje transakcija, povećava se produktivnost, manje utrošenog vremena u obradi potrebne dokumentacije, povećava efikasnost i smanjuje mogućnost za eventualne greške koje mogu nastati prilikom same razmene. Mora se reći da dolazi do smanjenja troškova, povećanja obima poslovanja, povećanja transfera novčanih sredstava plaćanja u poslovanju organizacije.

Da bi ovaj sistem nesmetano funkcionisao mora se voditi računa o sledećim karakteristikama:

- Prihvatljivost koja se ogleda primenu novih informatičkih tehnologija, spremnosti i obrazovanosti zaposlenih,
- Internoj bazi korisnika usluga u organizaciji da bi uvođenje nove tehnologike kroz ponudu opravdalo sistem elektronske trgovine, što više potencijalnih korisnika usluge opravdanost je veća,
- Brzi pristup korisnika usluge koji se ogleda „prvi imao potrebu prvi zadovoljio potrebu“

Elektronskom trgovinom nastao je i elektronski novac koji se u literaturi susreće i pod nazivima: digitalni novac (digital cash), e-novac (e-money) i sl. Plaćanje usluga elektronskim novcem se vrši prenosom određenih brojeva (iznosa novca) sa jednog računa na drugi. Elektronsko plaćanje nudi proširenje baze kupaca i uštede po osnovu papirnih transakcija. Uz banke koje sve više imaju on-line usluge prisutne su i virtualne banke koje u potpunosti svoje poslovanje podređuju Internet transakcijama[1].

Dolaskom interneta elektronsko poslovanje je postalo dostupno svim organizacijama. Organizacije sada mogu elektronskim putem komunicirati, i to preko javne mreže (internet), preko mreža namenjenih samo organizacijama (intranet), tj. mreža namenjenih organizacijama i njihovim poslovnim partnerima (ekstranet) i preko privatnih mreža. Razvojem poslovanja između organizacija, organizacija i krajnjih kupaca povećava se i sam prihod organizacija.

Primenom interneta organizacija pored navedenog postiže i sledeće:

- Predstavljanje same organizacije na mreži gde su zastupljene i druge organizacije,
- Tekstualni i slikovni kataloški prikaz usluga koje može da ponudi organizacija za transakciju,
- Prikupljanje zahteva korisnika usluga (primedbem, sugestije isl.),
- Prodaju usluge pojedincima i ostalom zainteresovanom stanovništvu,
- Efikasno poslovanje između različitih privrednih subjekata

Primenom informaciono-komunikacionih tehnologija organizacijama se omogućava automatizaciju procesa. Implementacijom novih sistema elektronskog poslovanja, organizacije mogu ostvariti konkurentsku pretnost na tržištu transportnih usluga konkretno na primeru železnice.

3. IZDAVANJE VOZNIH ISPRAVA PUTEM INTERNETA

Razvijenost računarskih mreža i interneta, železnici pruža mogućnost da zadovolji potrebe korisnika usluge, tako da oni mogu da kupe voznu ispravu bez odlaska na putničku blagajnu ili ovlašćenu agenciju za izdavanje iz svog domaćinstva ili sa bilo kog drugog mesta koje ima rakunar i prateću opremu. Elektronsko poslovanje omogućava kupovinu i komunikaciju sa prodavcima usluge na efikasan način bez obzira na mesto, vreme i daljinu[1]. Železnica kao lider masovnog prevoza ima svoju ponudu i mogućnost kupovine voznih isprava putem interneta uz primenu osnovnih načela elektronske trgovine. Za putovanja putnika na teritoriji naše železnice, omogućena je kupovina vozničkih isprava putem interneta. Železnica mora da zadovolji opšte uslove koji su predviđeni putničkom tarifom i Zakonom o železnici. Kupovina putem interneta omogućena je za pojedinačne putnike i za grupe do šest odraslih putnika.

Kako železnica prati napredak informacionih tehnologija i mogućnosti tako i korisnik usluge mora da prati i sam razvija svoju svest. Da bi zadovoljio svoje potrebe i kupio prevozne isprave korisnik usluge mora da poseduje[4]:

- računar sa pristupom internetu,
- validnu e-mail adresu i
- validnu Visa ili MasterCard kreditnu karticu.

Kada su zadovoljeni tehnički uslovi železnica korisnicima usluge nudi mogućnost da kupe i rezervišu:

- voznu kartu,
- potvrdu o rezervisanom mestu (sedište, ležaj ili postelju) i
- prevoznicu za praćeni automobil.

Vozne isprave se kupuju za putovanja u jednom smeru i za putovanja u odlasku i povratku. Kod kupovine vozne karte na plagajni ili putničkoj agenciji, povratna putovanja se izdaju na jednom prevoznom dokumentu. Kod kupovine vozničkih isprava putem interneta za povratna putovanja ispostavljaju se dve posebne vozne karte, jedna za odlazak i druga za povratak.

Pored vozne karte u aplikaciji korisnik usluge može da zahteva i rezervaciju mesta. Korisnik usluge ako već poseduje voznu kartu, može da kupi rezervaciju u kolima sa sedištima, ležajima i posteljama unošenjem broja karte. U suprotnom mora prvo da kupi voznu kartu. Osnovno pravilo u uslovima prevoza železnicom je zadovoljeno, korisnik usluge ne može kupiti rezervaciju mesta ako predhodno ne poseduje voznu kartu ili kupi u aplikaciji pre rezervisanja mesta.

Na dužim relacijama u svom asortimanu železnica ima i posebnu ponudu na relacijama gde je veća frekventnost korisnika usluge. To je najčešće u sezoni godišnjih odmora i državnih praznika. U sastavu voza najčešće na noćnim relacijama železnica koristi specijalna kola za prevoz putničkih automobila, prikolica, čamaca, motora i sl. Saobraćaj specijalnih kola predviđen je važećim redom

vožnje, tako da korisnik unapred može da ima informaciju dali da zahteva i tu ponudu putem svog personalnog računara. Korisnik usluge može kupiti prevoznicu za praćeni automobil, na osnovu vozne karte i potvrde o rezervisanom mestu. Korisnik usluge u roku od 24 časa mora da kupi rezervaciju mesta, na blagajni stanice ili ovlašćene putničke agencije koja je uključena i umrežena u elektronski sistem za izdavanje voznih karata putem interneta. Posle isteka 24 časa korisnik usluge ne kupi rezervaciju mesta sistem automatski oslobanja rezervisano mesto.

Kada je korisnik usluge rezervisao i kupio voznu kartu, na svom računaru štampa sadržaj e-mail poruke, pod nazivom „Potvrda o internet plaćanju“ koja sadrži[4]:

- datum putovanja,
- broj voza i relaciju saobraćaja,
- ulaznu stanicu i vreme polaska,
- izlaznu stanicu i vreme dolaska,
- vrstu rezervacije,
- broj putnika,
- broj kola i broj mesta u kolima,
- cenu rezervacije,
- naznaku da li je vozna karta za pojedinačne putnike ili za grupu od 6 putnika ,
- vrstu povlastice ako je primenjena,
- cenu vozne isprave ,
- ime i prezime putnika,
- e-mail adresu putnika,
- internet broj pod kojim je zavedena transakcija,
- podatke o izvršenoj transakciji i
- upozorenje putniku o načinu preuzimanja vozne isprave.

Kada je korisnik usluge dobio sve potrebne informacije i potvrde pristupa se načinu preuzimanja prevoznih isprava. Korisnik usluge na osnovu odštampane potvrde može da preuzme vozne isprave od:

- putničke blagajne u polaznoj stanici voza ako korisnik usluge započinje putovanje u polaznoj stanici voza, ako mora da utovari automobil na utovarnoj rampi koja je postavljena u polaznoj stanici ili
- konduktera voza za koji je kupljena vozna isprava za putnike koji ulaze u usputnim stanicama i koji su kupili voznu kartu i rezervaciju mesta.

Pored ostalih dužnosti zaposleni u putničkoj agenciji ili putničkoj blagajni mora posebno da prati ovu ponudu izdavanja prevoznih isprava. Putnički blagajnik dužan je da povremeno proveri na računaru u aplikaciji za izdavanje da li postoje vozne isprave realizovane internet prodajom. Ukoliko postoje, vozne isprave treba odštampati odmah ako je to prvi dan putovanja ili do kraja smene da korisnik usluge može da podigne blagovremeno. Vozne karte se štampaju na obrascu K-7el. Putnički blagajnik treba da odštampa i „Izveštaj o izdavanju“, na kome putnik ili odgovorni zaposleni svojim potpisom potvrđuje da je preuzeo voznu ispravu. „Izveštaj o izdavanju“ služi putničkoj blagajni za oduženje.

Odštampane vozne isprave upisuju se u „Pregledu nepreuzetih internet voznih isprava“. Prilikom uručivanja voznih isprava kondukeru, uručuje se i „Spisak internet voznih isprava“. Putnik je dužan, prilikom preuzimanja vozne karte, da preda kondukeru „ Potvrdu o internet plaćanju“ i svojim potpisom da potvrdi. Oduzete potvrde služe kao oduženje kondukeru i predaju se doplatnoj blagajni putem posebnog spiska K-52.

4.ELEKTRONSKO IZDAVANJE PREVOZNIH ISPRAVA U VOZU POMOĆU MOBILNIH TERMINALA

U vremenu kada je „ novac u novčaniku“ zamenjen platnim karticama, sve ozbiljne organizacije moraju da usavršavaju svoj način poslovanja[1]. U ovom slučaju usavršavanje se svodi na uvođenje novih informatičkih tehnologija. Železnica mora da iskoristi svoju postojeću računarsku mrežu i da korisnicima usluge omogući i plaćanje vozne isprave u u vozu prilikom putovanja. Uvođenje uređaja za izdavanje prevoznih isprava u vozu može da bude jedan od prvih koraka ka približavanju železnice kao ponuđača usluge i sa druge strane pojedinca ili neke druge organizacije koja zadovoljava svoje potrebe kroz ponudenu uslugu. Da bi se ispunili sve različiti zahtevi korisnika prevoza, ali i težnja ka efikasnijem poslovanju, morali su da se uvode uređaji za elektronsko izdavanje prevoznih isprava u vozu. Prodaja voznih karata u vozu na našim železnicama, već decenijama se svodi na ispisivanje doplatnih belica K-6 i izdavanje lisnih voznih karata koje se koriste u posebnim ponudama i za promociju. Algoritam za ispostavljanje vozne karte u vozu predviđa tačno vreme koje je potrebno za izdavanje. Brzina izdavanja bi bila dosta veća i veći broj korisnika usluga bi se opslužio.

Nedostaci ovog načina rada su brojni, kako u oblasti izdavanja (nejasno unošenje osnovnih podataka, nepotpuni podaci, zloupotrebe), tako i u poslovima obrade ispostavljenih doplatnih belica (tarifska kontrola, raspodela prihoda u unutrašnjem zajedničkom saobraćaju, dostavljanje podataka o ukupnom prihodu i broj otpremljenih putnika). Ozbiljna organizacija kao što je železnica sve ove podatke može uz pomoć statistike da obradi i koristi u svojoj internoj arhivi kako bi sagledala potrebe korisnika usluge u različitim vremenskih periodima, strukturu putnika, njihove zahteve takođe i primedbe kao bi unapredila i proširila ponudu ponudu i sistem za elektronsko izdavanje voznih isprava mobilnim terminalima u vozu.

Iskustva stranih železničkih uprava u uvođenju mobilnih terminala ukazuju na povećanje kvaliteta prevozne usluge, produktivnost rada konduktera u vozu, lakše, tačnije i pouzdanije utvrđivanje prihoda od prodatih karata u vozu kao i smanjenje mogućnosti za manipulaciju. Time se obezbeđuje uspešnije planiranje i organizacija rada u procesu prevoza putnika železnicom. Pored navedenog planiranja i usavršavanja sistema vrlo je važan segment kontrole. Pod kontrolom rada sistema za izdavanje voznih isprava pomoću mobilnih terminala

podrazumeva se pouzdanost terminala kao uređaja - hardverski i softverski sistem.

Sistem za elektronsko izdavanje karata u vozu čine dva osnovna podsistema[5]:

1. Hardverski:
 - mobilni terminal čiji su osnovni delovi: alfanumerička tastatura, displej, štampač, medijum za smeštanje podataka, uređaj za napajanje, ostali komunikacioni delovi,
 - uređaj za čitanje podataka i njegovo "prenošenje" na PC,
 - uređaj za povezivanje sa PS računarom,
 - uređaj za punjenje baterija i
 - PS konfiguracija.
2. Softverski:
 - sistemski softver koji omogućava rad mobilnih terminala,
 - aplikativni softver (programi za elektronsko izdavanje karata),
 - softver za očitavanje podataka i njihovu obradu na PS računaru.

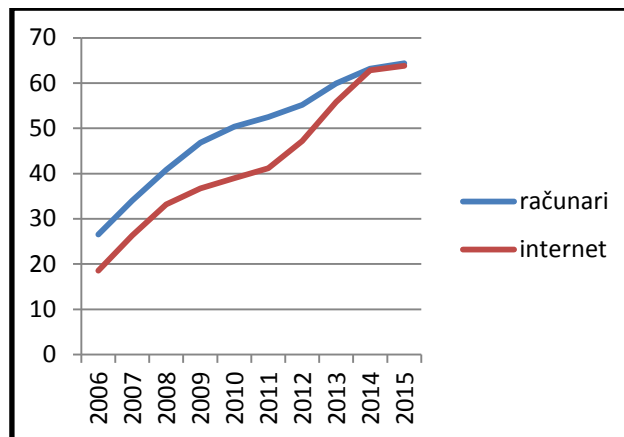
Pored napred navedenog potrebno je i zaposlene osposobiti za upotrebu novog načina izdavanja vozničkih karata. Poslodavac je dužan da blagovremeno stručno obučava zaposlene putem redovnog školovanja, vanrednog kada su značajne promene u komercijalnoj politici organizacije ili prilikom uvođenja nove tehnologije koja će se koristiti. Naravno zaposleni moraju da poseduju predznanje o informaciono komunikacionim tehnologijama. Ovlašćeni zaposleni koji je stručno obučeni mora da prati rad sistema i eventualne primedbe prenese svojim predpostavljenim kako bi unapredili uređaj i olakšali upotrebu. Uzimajući u obzir da se mobilnim terminalima postiže potpuna tačnost pri izračunavanju vozne cene, povećava brzina izdavanja karata, eliminišu zloupotrebe, postiže smanjenje troškova obrazaca, računa i olakšava obradu podataka, očigledna je potreba uvođenja ovih uređaja.

5 . ZNAČAJ UVOĐENJA NOVIH TEHNOLOGIJA I DISCIPLINA

Već danas je teško zamisliti život bez Internet-a, kako pojedincima tako i svakom preduzeću, a kakav će uticaj globalnog računarskog povezivanja na život u svim njegovim oblicima biti "sutra", to je već tema koja intrigira dobar deo čovečanstva. Razvijene železničke uprave uvidele su značaj i potrebu korišćenja Internet-a za popularisanje železnice, ali i prevashodno kao mogućnost povećanja efikasnosti i ekonomičnosti poslovanja.

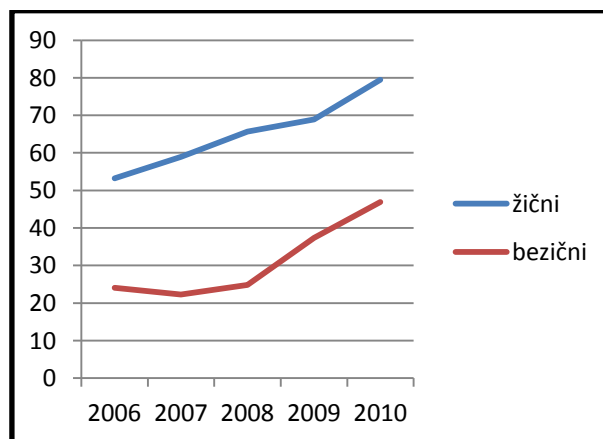
Računar je već odavno koristi mnogo ljudi, potencijalnog putnika i oni sve više zavise od njegovih usluga. Danas skoro da nema usluge koja nije dostupna preko interneta. Prednosti koje donosi internet tehnologija, a koje su bitne za poslovanje železnice se pre svega ogledaju u mogućnosti povećanja ugleda železnice, privlačenja novih i zadržavanja postojećih putnika, proširivanjima oblika saradnje između pojedinih železničkih uprava,

bržim i kvalitetnijim komunikacijama koje donose nove kvalitete u različitim sferama saradnje. Posebno su aktuelne mogućnosti rezervacije i kupovine vozničkih isprava za odgovarajuća mesta (sedišta, ležaja, postelje, praćenog automobila), uz izbor prevoznog puta.



Slika 1. Grafički prikaz korišćenja računara i interneta u domaćinstvima u Republici Srbiji u periodu od 2006 do 2015 godine

Na slici 1. grafički je prikazano korišćenje računara i interneta u domaćinstvima u periodu od 2006 do 2015. godine. Može se zaključiti velika zainteresovanost potencijalnih korisnika usluge za informaciono komunikacione tehnologije. 2006 godine 26,5% domaćinstva je posedovalo računar a od toga 18,5% je imalo mogućnosti da koristilo internet. 2015 godine statistika pokazuje 64,4% domaćinstva poseduje računar a 63,8% koristi internet. Za prošlih deset godina u domaćinstvima se razvila velika potreba za informaciono komunikacionim tehnologijama. Može se reći da je zainteresovanost porasla oko tri puta. 2006 godine razlika između upotrebe računara i računara sa internetom je bila oko 8%. U sadašnjem dobu ta razlika je smanjena na 0,7%. Ovo su osnovni pokazatelji upotrebe informacionih tehnologija iz kojih se može zaključiti veliki razvoj našeg društva[5].



Slika 2. Grafički prikaz korišćenja interneta u organizacijama u Republici Srbiji u periodu od 2006 do 2010 godine

Poslovne organizacije među kojima je i železnica već koriste internet mogućnosti. Na slici broj 2 prikazana je upotreba interneta u organizacijama u periodu od 2006 do 2010 godine. Uglavnom je zastupljen žični internet, koji je 2006 godine bio zastupljen oko 53% a 2010 godine čak 80% a danas je još više zastupljen. Prenos podataka bežičnim internetom je u velikom porastu 2010 godine kada je imao zastupljenost čak 47% dok 2006 godine samo 24%. U današnjem vremenu računari su zastupljeni u svim organizacijama[5].

Savremeno poslovanje zahteva i upotrebu informacionih tehnologija. Komunikacija među ljudima naročito u organizacijama vezana je za internet. U današnjem vremenu internet je glavni komunikacioni kanal između pojedinca a u većem obimu je zastupljen u organizacijama. Organizacije mogućnosti interneta koriste za elektronske novčane transakcije sa platnim karticama, za prenos elektronske pošte, video komunikacije prilikom održavanja sastanaka i konferencija.

6. ZAKLJUČAK

Prezentiranjem asortimana ponude u putničkom železničkom saobraćaju, usluge železničkih organizacija postaju dostupne svim potencijalnim korisnicima njenih usluga.

Efekti koji se mogu očekivati uključivanjem železnica u globalnu računarsku mrežu su:

- povećanje prodaje proizvoda, odnosno usluga,
- povećanje ugleda organizacije kako na unutrašnjem tako i na međunarodnom planu,
- mogućnost ponude aktuelnih informacija, što kod tradicionalnih medija nije izvodljivo bez povećanih troškova,
- mogućnost sistematskog istraživanja tržišta i praćenja ponašanja korisnika u zavisnosti od mera koje sprovodi železnička organizacija (kroz e-mail, mailling liste, diskusione grupe),
- upoznavanje korisnika usluga sa raspoloživim potencijalima kao i planovima u pogledu podizanja kvaliteta usluga,
- proširivanje interaktivnosti odnosno svih formi komuniciranja sa putnicima (objašnjenja, ankete, upitnici),
- privlačenje kadrova potrebnih železnici za rad primenom novih tehnologija,
- smanjenje troškova, jer je internet ubedljivo najjeftiniji medijum komuniciranja kako između organizacija tako i sa pojedincima.

Korišćenje interneta u sprovođenju marketinga preduslov je uspešnog poslovanja pa se internet marketing aktivnosti moraju kreirati na sistematizovan i sveobuhvatan naučni način.

Primena informacione i komunikacionih tehnologija u društvu dovela je do velikih promena mnogih segmenata u poslovanjima organizacija, čije dejstvo tek treba analizirati. Informaciona tehnologija u elektronskoj trgovini obezbeđuju veću efikasnost poslovanja, fleksibilniji nastup organizacije na transportnom tržištu, jaču povezanost ponuđača i korisnika usluge.

U poslednjih nekoliko godina uvedene su ogromne izmene u načinu poslovanja organizacija, prodaji roba i usluga i u komuniciranju sa dobavljačima i korisnicima usluge. Elektronska trgovina ima veliku ulogu za ograničavanje pri ostvarivanju transportnog prihoda i širenja poslovnih mreža u konkurentskom okruženju. Korišćenjem elektronskog poslovanja brže se obavljaju novčane transakcije, velika ušteda radnog vremena koje se gubilo prilikom obrade dokumentacije na klasičan način, povećava se produktivnost, zaposleni imaju veliku motivaciju za rad i greške se svode na minimum.

LITERATURA

- [1] Bozidar Radenkovic et al , e-business , FON Belgrade 2015,
- [2]Pavlović,Z.: Actions taken on railways in stimulating of transport of passengers with special needs, XVI international scientific-expert conference railkon '14, October 09-10, 2014, Niš, Serbia, pp 221-224,
- [3]Pavlović,Z.: Definition of marketing strategy of serbian railways in a competitive environment, IV International Symposium Engineering Management and Competitiveness 2014(EMC 2014), June 20-21, 2014, Zrenjanin, Serbia, pp 264-269,
- [4]Železnice Srbije, Uputstvo za izdavanje voznih isprava rezervisanih i kupljenih putem interneta,Beograd 2008,
- [5]Danimir P. Mandić, Informatika u obrazovanju, Učiteljski fakultet Beograd 1994
- [5]www.stat.gov.rs/WebSite/public/ReportView.aspx
- [6] <http://ilicv.on.neobee.net/EDI.htm>
- [7] <http://www.unece.org/cefact/edifact/welcome.html>

AUTOMATIZACIJA IZRADA TEMATSKIH I IZVEŠTAJNIH KARATA U ŠUMARSTVU KORIŠĆENJEM ArcObjects ZA ArcGIS RAZVOJNE PLATFORME

AUTOMATED FORESTRY THEMATIC MAP CREATION USING ArcObjects for ArcGIS DEVELOPEMENT PLATFORM

Nenad Marković¹, Dejan Mitrović¹
JP Srbijašume¹

Sadržaj – U ovom radu je prikazano programsko rešenje za automatizaciju izrade tematskih i izveštajnih karata i prikaza za potrebe rada Odeljenja za planiranje gazdovanja šumama i Odeljenja za korišćenje šuma Javnog preduzeća „Srbijašume“. Rešenje se oslanja na programiranje u okviru ArcObjects platforme za ArcGIS, softverski paket za upravljanje geografskim informacionim sistemima (GIS).

Abstract - This paper presents the solution for automated development of thematic maps and visual reports needed in an everyday work of Department of Forest Management and Planning and the Department of Forest Utilization in PE "Srbijašume". The solution relies on ArcObject development platform for ArcGIS, a software package for managing geographic information systems (GIS).

1. UVOD

ArcObjects, kreiran od strane Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI), je razvojna platforma za ArcGIS, softverski paket za upravljanje geografskim informacionim sistemima (GIS) [1]. Iako se skoro svi poslovi, pa tako i izrada tematskih karata, mogu obaviti i preko standardnog interfejsa ArcGIS aplikacije, programiranje na ArcObject platformi zapravo omogućuje automatizaciju rada, definisanje workflow-a i u mnogome smanjuje vreme potrebno za obavljanje nekog posla.

U JP Srbijašume, posle obavljene vektorizacije 2008-2009. godine, formirana je geobaza podataka prostorne podele u šumarstvu. Vektorizovane su sve gazdinske jedinice državnih šuma kojima gazduje Javno preduzeće i formirana tri osnovna poligona sloja geobaze: sloj odseka, odeljenja i sloj granice gazdinskih jedinica. Ovi grafički podaci za sada su organizovani u personalnoj geobazi (Personal Geodatabase) vektorskih podataka u mdb formatu. Odgovarajući – pripadajući alfanumerički podaci nalaze se u bazama podataka na MS SQL Server-u i u MS Access-u.

Poligoni sloj odseka predstavlja na terenu izdvojene šumske sastojine. Pri izradi osnova gazdovanja šumama, za odseke se obavlja premer i prikuplja niz ostalih podataka koji su pohranjeni u posebnim bazama podataka na MS SQL Server-u i u MS Access-u.

Povezivanjem sloja odseka sa odgovarajućim tabelama baze alfanumeričkih podataka, moguće je izraditi tematske karte koje su obavezan prilog Osnovi gazdovanja šumama – zakonom propisanom planskom

dokumentu koji se svakih deset godina izrađuje za svaku gazdinsku jedinicu.

Takođe, povezivanjem sloja odseka i (ili) odeljenja sa poslovnom bazom podataka, mogu se dobiti trenutni prikazi plana i izvršenja proizvodnje drvnih sortimenata za tekuću godinu u prostoru.

Automatizacija ovih postupaka od ključne je važnosti za pravilno i ažurno obavljanje ovih poslova.

2. PRETHODNE PRETPOSTAVKE ZA AUTOMATIZACIJU IZRADA TEMATSKIH KARATA

Tematske karte koje se obavezno prilažu uz Osnovu gazdovanja šumama za svaku gazdinsku jedinicu su:

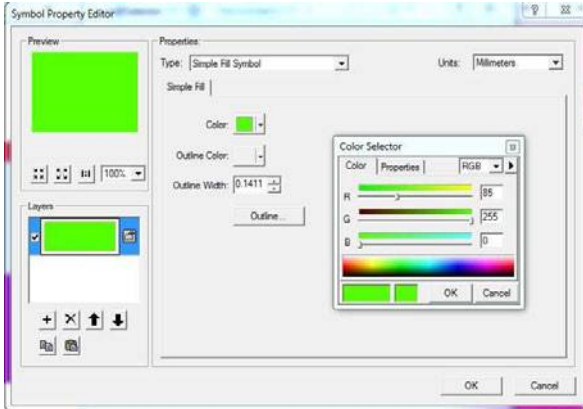
- Karta namenskih celina
- Karta sastojinskih celina
- Privredna karta i
- Karta gazdinskih klasa

Za svaku od ovih karata potrebno je povezati sloj odseka odgovarajuće gazdinske jedinice sa odgovarajućom tabelom u odvojenoj bazi podataka i simbolički prikazati odgovarajuću kolonu po kategorijama.

Za potrebe automatizacije ovog postupka bilo je potrebno ne samo tačno definisati simbologiju (stil prikaza) za svaku šifru (što je do sada bilo samo okvirno definisano), već se ispostavilo da je mnogo ekonomičnije grupisati pojedine šifre i tako grupisanim šiframa dodeliti odgovarajuću simbologiju. Na ovaj način ništa se ne gubi na kvalitetu prikaza tematskih karata, a posao pojednostavljuje i omogućuje automatizaciju. U tom smislu, u saradnji sa Upravom za šume Ministarstva za poljoprivredu i zaštitu životne sredine, Šumarskim fakultetom Univerziteta u Beogradu i JP „Vojvodinašume“, u toku je i izrada odgovarajućeg, obavezujućeg pravilnika koji će se bazirati na ovako definisanoj simbologiji.

Tako su recimo osnovene namene „Proizvodnja tehničkog drveta“ i „Proizvodnja drveta za celulozu“ [2] grupisane u namensku celinu „Proizvodnja drveta“ i dodeljena im je odgovarajuća simbologija sa tačno definisanom RGB kombinacijom (slika 1) i definisan odgovarajući stil u biblioteci stilova *OsnovneNamene.style*.

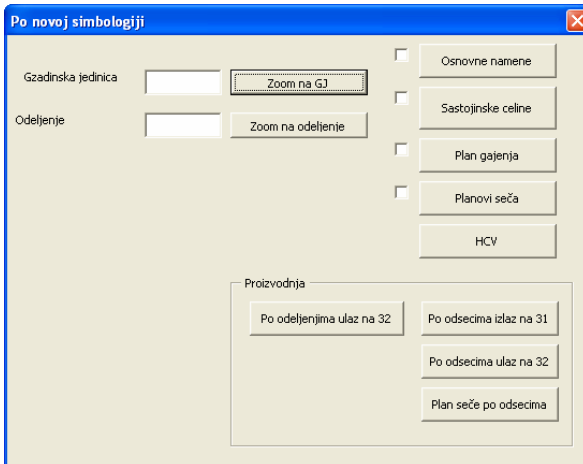
Grupisanje stilova, definisanje simbologije za grupisane stilove i izrada odgovarajućih biblioteka stilova urađeno je i za potrebe ostalih tematskih karata.



Slika 1: Definicija simbologije za namensku celinu „Proizvodnja drveta“

3. PROCEDURE I FUNKCIJE ZA UPRAVLJANJE I KRIŠĆENJE ArcObject PLATFORME

Celim postupkom izrade tematskih karata upravlja se preko početne forme (slika 2).



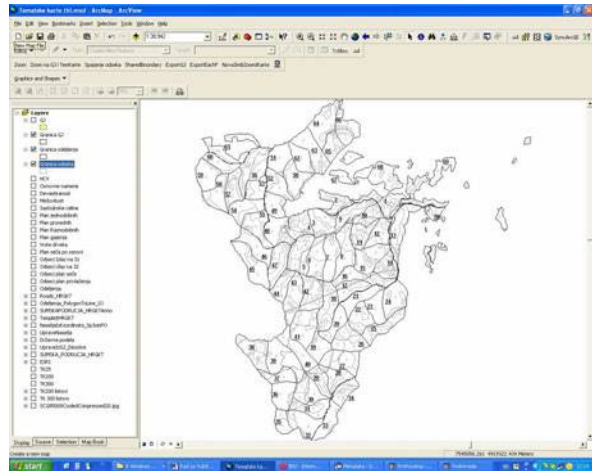
Slika 2: Izgled početne forme

Pošto se tematske karte izrađuju za svaku gazdinsku jedinicu posebno, zamišljeno je da se pre automatskog dodeljivanja odgovarajućih simbologija zumira na željenu gazdinsku jedinicu unosom njene šifre i aktiviranjem procedure *ZoomToGJ* pritiskom na odgovarajuće dugme. Ova procedura, korišćenjem većeg broja ArcObject interfejsa (*IMxDocument*, *IMap*, *IActiveView*, *IFeatureLayer*, *IFeatureSelection*, *IFeatureLayerDefinition* i *IQueryFilter* [3] [4]), postavlja *DefinitionQuery* na *GJ = ŠifraGJ* čime se za već učitane slojeve dokumenta postavlja filter na šifru gazdinske jedinice i time samo ona postaje vidljiva, a zatim zumira na tu gazdinsku jedinicu.

Takođe, pritiskom na ovo dugme pokreće se i procedura *Cisti*, kojom se eventualno ranije postavljena simbologija za slojeve tematskih karatapotpuno uklanja korišćenjem interfejsa *IMxDocument*, *IGeoFeatureLayer*, *IDataStatistics*, *ICursor* i *IDisplayTable*.

Posle ovoga, korisnik na ekranu vidi zumiranu željenu gazdinsku jedinicu sa aktivnim slojevima *Granica*

gazdinske jedinice, *Granice odeljenja* i *Granice odseka* – slojeve kojima se i inače ne dodeljuje simbologija već samo služe za prikaz granica unutrašnje prostorne podele gazdinske jedinice, dok su slojevi koji služe za prikaz temaskih karata bez ikakve simbologije (slika 3).



Slika 3: Zumirana gazdinska jedinica sa prikazom granica unutrašnje podele

U daljem postupku, pritiskom na odgovarajuće dugme separatno se dodeljuje simbologija slojevima i izrađuju tematske karte.

Pritiskom na dugme „Namenske celine“ poziva se procedura *Namena* koja bira lejer koji će se obrađivati, definiše kolonu u povezanoj tabeli koja će se koristiti za izradu simbologije, definiše vrstu simbologije koja će se koristiti (*UniqueValues*), a zatim za svaku vrednost u koloni poziva funkciju *GetSymbolNamena* koja definiše biblioteku simbola i zadaje odgovarajući simbol odgovarajućoj vrednosti. U istoj petlji se poziva i funkcija *VrsteNamene* koja odgovarajućoj vrednosti u koloni zadaje vrednost naziva simbologije (ovo zato što su vrednosti u koloni povezane tabele zapravo šifre namenskih celina, a ne namenske celine).

Isti postupak se ponavlja i za druge tematske karte – pritiskom na odgovarajuće dugme poziva se procedura koja u petlji poziva odgovarajuće funkcije, čime se zadaju simbologije i za ostale tematske karte, s tim što se stvar usložnjava kod karte sastojinskih celina i privredne karte.

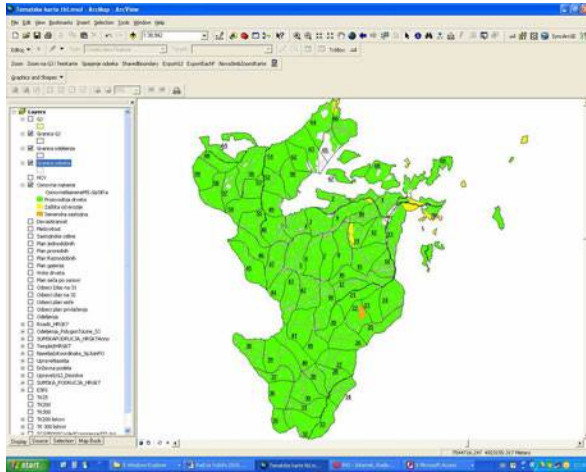
Kod karte sastojinskih celina, pritiskom na dugme, pored osnovne procedure *Sastojinska*, pozivaju se i procedure *Degradiranost* i *Mesovitost* koje zadaju simbologiju slojevima koji prikazuju šrafure za mešovite i degradirane sastojine. Dakle, ovde je tematska karta prikazana pomoću tri preklapajuća sloja.

Kod privredne karte situacija je još složenija jer privrednu kartu predstavljaju četiri preklapajuća sloja: plan gajenja, plan jednodobnih, plan prorednih i plan raznodobnih seča. Zbog toga na početnoj formi imamo i dva dugmeta koji pozivaju ove procedure: „Plan gajenja“ i „Planovi seča“, s obzirom da je nekada, za potrebe analize i prikaza potrebno izraditi ove simbologije odvojeno.

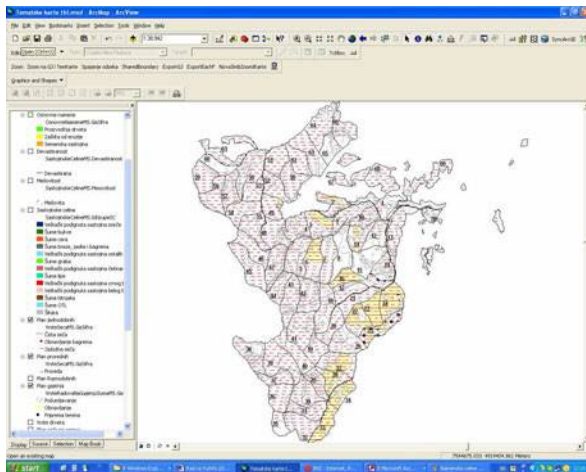
Interfejsi koji se koriste u ostalim procedurama i funkcijama su isti. Ovde treba još jednom napomenuti da

se ovi planovi odnose na destogodišnje planove koji su projektovani Osnovom gazdovanja šumama i na osnovu kojih se kasnije izrađuju godišnji planovi proizvodnje.

Na sledećim slikama (slika 4 i slika 5) prikazane su tematske karte namenskih celina i privredna karta za gazdinsku jedinicu „Majdan-Kučajna“.



Slika 4: Tematska karta namenskih celina



Slika 5: Privredna karta

4. AUTOMATIZACIJA IZRADJE PRIKAZA PLANA I IZVRŠENJA PROIZVODNJE DRVNIH SORTIMENATA

Pored izrade tematskih karata, odnosno prostornih prikaza za potrebe planskih dokumenata, prikazivanje plana i izvršenja proizvodnje za tekuću godinu u prostornom prikazu je takođe veoma značajno i predstavlja značajno olakšanje pregleda plana i izvršenja proizvodnje i omogućuje različite analize.

Poslovanje Javnog preduzeća vodi se u posebnoj FIPO bazi podataka na MS SQL Server platformi. U ovoj bazi podataka takođe se vrši i planiranje poslovanja za tekuću godinu.

S obzirom da se i plan i izvršenje proizvodnje drvnih sortimenata za tekuću godinu prati preko plana i realizacije u okviru svakog pojedinačnog odseka kao

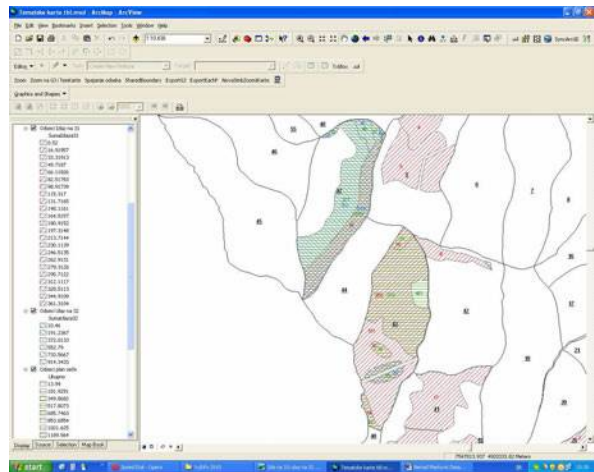
najmanje jedinice prostorne podele u šumarsvu, moguće je povezati prostorne podatke sa alfanumeričkim podacima, kao i vršiti prostorne analize pri planiranju proizvodnje drvnih sortimenata.

Kao što se i na početnoj formi vidi izvršenje proizvodnje drvnih sortimenata moguće je pratiti preko izvršenja na nivou odeljenja odeljenja i po odsecima. Takođe izvršenje na nivou odseka je moguće pratiti i odvojeno: kao maloprodaju – prodaju na panju (izlaz na 31) i sortimente u redovnoj proizvodnji (ulaz na 32).

I na kraju, moguće je dobiti i prostorni prikaz planirane proizvodnje na nivou odseka za tekuću godinu.

Od izuzetnog značaja je upoređivanje planirane proizvodnje za tekuću godinu sa realizacijom, analiza vanrednog prinosa (nepaniranih seča zbog požara, vetrolom, ledoloma i sl...) u prostoru itd.

Pritiskom na odgovarajuće dugme, procedura definiše kolonu u povezanoj tabeli koja će se koristiti za izradu simbologije, definiše vrstu simbologije koja će se koristiti (*DataFrequencies* s obzirom da se radi o kontinualnim kvantitativnim vrednostima proizvodnje ili plana), definiše se broj klasa i granice klasa za prikaz, i na kraju definiše kolor rampa i boja kolor rampe. Broj klasa se za sada postavlja tako da je jednak broju vrednosti, pri čemu su granice klasa same te vrednosti. Kolor rampa se za sada definiše tako da su sve klase iste boje. To rezultira time da se sve vrednosti ostvarene proizvodnje u maloprodaji prikazuju jednom bojom (crvenom), sve vrednosti redovne proizvodnje drugom (plava) a sve vrednosti planirane proizvodnje trećom bojom (zeleno), za svaki odsek pojedinačno, uz prikaz same vrednosti kao labela (slika 6).



Slika 6: Prikaz ostvarene proizvodnje – maloprodaje, redovne proizvodnje i plana, po odsecima

Kao što se na slici vidi proizvodnja drvnih sortimenata prikazana je šrafurama, zbog preklapanja – u istom odseku može biti ostvarena i maloprodaja i redovna proizvodnja.

Programski se postavlja i lejbelig vrednosti proizvodnje u m^3 na samom grafičkom prikazu, pozivanjem odgovarajućih funkcija *LabelFeaturesSumaIzlaza3x* i *LabelFeaturesSecaPlanPoOdsecima*.

5. ZAKLJUČAK

Automatizacija postupaka kreiranja tematskih karata i izveštajnih prikaza u radu JP „Srbijašume“ programiranjem na ArcObject platformi ne samo da u mnogome olakšava i ubrzava rad već i smanjuje mogućnosti greške pri radu.

Za prikaze izveštaja plana i izvršenja proizvodnje drvnih sortimenata, od izuzetne je važnosti pojednostavljenje i ubrzavanje prikaza brzim prelaženjem sa lokacije na lokaciju u prostoru, a povezanost grafičkih podataka sa MS SQL Server poslovnom bazom podataka koja se dnevno ažurira, omogućuje brz i efikasan prikaz izvršenja proizvodnje po odeljenjima i odsecima i upoređivanje relacijacije sa godišnjim planom proizvodnje.

LITERATURA

- [1] Chang, Kang-Tsung (2008): „Programing ArcObjects with VBA – A Task-Oriented Approach“, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, London – New York. p 342
- [2] Banković, S., Medarević, M. (2009): Kodni priručnik za Informacioni sistem o šumama Republike Srbije. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [3] Bruke, Robert (2003): “Getting to Know ArcObjects – Programing ArcGIS With VBA”, ESRI Press, Redlands, California. p 422.
- [4] ArcGisResources: <http://resources.arcgis.com/>

EFIKASNOST I KVALITET PROCESA REVIZIJE U BPMS OKRUŽENJU

EFFICIENCY AND QUALITY OF AUDIT PROCESS IN BPMS ENVIRONMENT

Kristina Mijić¹

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet¹

Sadržaj – U cilju opstanka i razvoja na tržištu revizijske firme su suočene sa konstantnom potrebom unapređenja efikasnosti i kvaliteta realizacije revizije finansijskih izveštaja kao ključnog poslovnog procesa. Kao rešenje ističe se implementacija implementaciju softvera za upravljanje poslovnim procesima (Business Process Management Software - BPMS) u reviziji finansijskih izveštaja. U radu su prezentovane osnovne pretpostavke implementacije BPMS u proces revizije. Kako bi se ispitalo da li se u okruženju BPMS performanse procesa revizije unapređuju, u radu je sprovedena statistička analiza performansi procesa revizije realizovanih sa i bez primene BPMS. Rezultati istraživanja ukazuju na značajno unapređenje efikasnosti i kvaliteta procesa revizije u okruženju BPMS.

Ključne reči: proces revizije, BPMS, kvalitet, efikasnost

Abstract - In order to develop in the market, audit firms are faced with a constant need to improve the efficiency and quality of the financial statements audit as a key business process. A possible solution is the implementation of the Business Process Management Software - BPMS in the financial statements audit. This paper presents the basic preconditions for the implementation of BPMS in the audit process. In order to examine whether the performances of audit process are better in BPMS environment, in this paper was conducted a statistical analysis of the performances of audit processes realized with and without BPMS. The research results indicate to significant improvements in efficiency and quality of the audit process in BPMS environment.

Key words: audit process, BPMS, quality, efficiency.

1. UVOD

Revizija finansijskih izveštaja predstavlja veoma značajnu uslugu koju pružaju revizijske firme, kako sa aspekta korisnika usluge, tako i iz ugla vlasnika revizijske firme. Korisnici usluge revizije očekuju da se revizija sprovede na kvalitetan način i da krajnji produkt revizije, odnosno revizijski izveštaj pruži razumno uveravanje o istinitosti finansijskih izveštaja kako bi doneli pouzdane poslovne odluke. Posmatrajući aspekt vlasnika revizijske firme, može se zaključiti da su vlasnici revizijske firme pre svega profitno orijentisani, kao i vlasnici svih drugih preduzeća. Dakle, vlasnici revizijske firme suočavaju se sa izazovom kako da unaprede performanse revizije. Sa jedne strane treba da se obezbedi revizija određenog kvaliteta u skladu sa zahtevima regulative, a sa druge strane teži se unapređenju efikasnosti u realizaciji revizije. Unapređenje efikasnosti revizije, kroz smanjenje vremena i troškova u sprovođenju revizije, ne može biti nikako na štetu kvaliteta revizije. Narušavanje kvaliteta revizije može imati značajne posledice za vlasnike revizijske

firme, kao što su novčane kazne, oduzimanje licence za obavljanje poslova revizije, pa sve do krivične odgovornosti.

Kako bi odgovorili zahtevima stroge regulative revizije u pogledu sprovođenja velikog broja zadataka, kako bi se obezbedio kvalitet revizije, a takođe i ostvarili što veći profit, u današnje vreme sprovođenje revizije ne može se zamisliti bez primene informacionih tehnologija. U današnje vreme u reviziji se koriste različiti softveri koji automatizuju realizaciju revizijskih zadataka (revizorski softveri) kao što su ekstrakcija podataka, sprovođenje analitičkih procedura, utvrđivanje duplikata i gepova i sl. Pored softvera za automatizaciju revizijskih testova, revizori koriste i programe opšte namene kao što su programi za obradu teksta, programi za rad sa tabelama i dr. Upotreba različitih softvera koji nisu integrisani zahteva od revizora poznavanje rada sa većem broju softvera i može uticati na narušavanje integriteta u funkcionisanju softvera i integriteta podataka. Dalje, primena različitih softvera u reviziji ne prati reviziju od početka do kraja kao poslovni proces nego samo potpomaže rad revizora u pojedinim revizorskim aktivnostima. U takvim uslovima ne postoji mogućnost uvida u celinu revizijskog angažmana i prisutan je visok rizik narušavanja kvaliteta revizije, budući da postoji mogućnost da se revizija sprovede ne uvažavajući sve aktivnosti definisane regulativom revizije. Kako bi se omogućilo adekvatno upravljanje revizijom uz uvažavanje i zahteva efikasnosti i zahteva kvaliteta, moguće je implementirati softversko rešenje koje će omogućiti da se sve revizijske aktivnosti sprovedu i dokumentuju u skladu sa regulativom revizije. U radu su prezentovane pretpostavke implementacije softverskog rešenja za upravljanje poslovnim procesom revizije. Za potrebe revizijske firme "X" iz Republike Srbije razvijen je model BPMS za upravljanje revizijom finansijskih izveštaja. Dalje, u radu su prezentovani rezultati testiranja unapređenja performansi procesa revizije u okruženju BPMS.

2. PREDNOSTI PRIMENE SOFTVERA ZA UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA

Kompleksnost radnih aktivnosti, potreba za poboljšanjem performansi poslovanja u pogledu unapređenja efektivnosti, efikasnosti i kvaliteta realizacije radnih zadataka, uslovlila je razvoj i primenu informacionih sistema kao podrške u upravljanju poslovnim aktivnostima. U današnje vreme upravljanje poslovnim procesima u organizacijama se zasniva na upotrebi integrisanih softverskih rešenja koja podržavaju celokupan postupak upravljanja poslovnim procesima. Ovakvi sistemi nazivaju se softverska rešenja (sistemi) za

upravljanje poslovnim procesima (Business Process Management Software - BPMS).

Brojni autori pružaju različite definicije termina softverskog rešenja za upravljanje poslovnim procesima. Weske [15] definiše softver za upravljanje poslovnim procesima kao "softversko rešenje koje koordiniše realizacijom poslovnih procesa na bazi definisanih modela procesa". Chang definiše softver za upravljanje poslovnim procesima kao "novu generaciju softverskih rešenja koje pruža mogućnost organizacijama da realizuju koncept upravljanja poslovnim procesima primenom informacionih tehnologija. Softverska rešenja za upravljanje poslovnim procesima integrišu ljude, informacione tehnologije i podatke u realizaciji poslovnih procesa" [3]. Autor van der Aalst navodi da je "softver za upravljanje poslovnim procesima softversko rešenje koje obezbeđuje realizaciju i upravljanje poslovnim procesom, a na osnovu prethodno dizajniranog procesa" [14].

Upravljanje poslovnim procesima primenom softverskog rešenja pruža značajne prednosti za organizaciju. Pre svega, značaj upotrebe softvera za upravljanje poslovnim procesima ogleda se u eliminisanju varijacija i obezbeđivanju standardizacije poslovnih procesa. Standardizacija i automatizacija poslovnih procesa primenom softverskih rešenja obezbeđuje povećavanje kvaliteta i smanjenje troškove sprovođenja poslovnog procesa, a takođe utiče i na smanjenje rizika od nastanka grešaka izazvanih delovanjem zaposlenih [2].

Primena koncepta upravljanja poslovnim procesima u organizaciji treba da rezultira unapređenju performansi. Procesni pristup doprinosi unapređenju performansama organizacije kroz [5]:

- smanjenje troškova,
- vremenskog perioda realizacije aktivnosti,
- poboljšanje kvaliteta proizvoda ili usluga i
- unapređenje profitabilnosti organizacije.

Schmelzer i Sesselmann [13] ističu da procesni pristup doprinosi:

- povećanju satisfakcije kupca,
- smanjenju vremenskog perioda realizacije aktivnosti,
- unapređenju kvaliteta proizvoda ili usluge,
- smanjenju troškova,
- povećanju prodaje i
- ostvarivanju boljeg rezultata poslovanja organizacije.

Osnovna uloga softvera za upravljanje poslovnim procesima je da obezbedi ostvarivanje postavljenih organizacionih ciljeva. Detaljnije posmatrano uloga softverskih rešenja za upravljanje poslovnim procesima u realizaciji ciljeva ostvaruje se kroz realizaciju pojedinačnih ciljeva, odnosno ostvarivanjem [17]:

- efikasnost procesa,
- efikasnosti resursa,
- tržišne efikasnosti,
- segregacije dužnosti,

- motivacije zaposlenih.

Tabela 1. Uloga BPMS u ostvarivanju ciljeva organizacije [17]

Opis cilja	Uloga softvera za upravljanje poslovnim procesima
Efikasnost procesa - Optimizacija (minimiziranje) vremena potrebnog za realizaciju poslovnog procesa	Koordinacija aktivnostima poslovnog procesa, kontrola tokova aktivnosti, signalizacija probijanja predviđenog vremena.
Efikasnost resursa - Ostvariti efikasnu upotrebu raspoloživih resursa (ljudski resursi, resursi informacionog sistema)	Automatsko dodeljivanje potrebnih resursa prema definisanom modelu procesa.
Tržišna efikasnost - Ostvarivanje adekvatne odnosa organizacije sa poslovnim partnerima (pouzdanost predviđanje vremena isporuke, transparentna komunikacija sa dobavljačima i kupcima, optimizacija nabavke)	Primenom internet servisa uspostavlja se efikasna komunikacija sa poslovnim partnerima.
Segregacija dužnosti - Radni zadaci treba da se realizuju od strane zaposlenih koji su kompetentni za obavljanje zadatih radnih aktivnosti.	Dodeljivanje radnih zadataka na izvršenje zaposlenima koji poseduju adekvatno znanje i kompetencija prema definisanim ulogama u poslovnom procesu.
Motivacija - Motivisati zaposlene da deluju i rade u pravcu ostvarivanja organizacionih ciljeva.	Prezentovanje opisa radnog zadatka uz uputstvo za realizaciju, monitoring realizacije procesa i izveštavanje o realizovanim aktivnostima.

3. PRETPOSTAVKE IMPLEMENTACIJE SOFTVERA ZA UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESOM (BPMS) U REVIZIJI

Polazna pretpostavka implementacije softvera za upravljanje poslovnim procesom u reviziji jeste da revizija predstavlja poslovni proces. Obzirom na specifične karakteristike revizije finansijskih izveštaja u pogledu postojanja velikog broja jasno definisanih aktivnosti, segregacije dužnosti, jednoobrazne dokumentacije i slično, može se zaključiti da revizija finansijskih izveštaja ispunjava definiciju i kriterijume poslovnog procesa. Poslovni proces bilo koje organizacije se definiše kao skup aktivnosti pri kojima se iskorišćavaju ulazi (inputi) i stvaraju izlazi (output) donoseći vrednost potrošaču [6]. U reviziji finansijskih izveštaja, revizijskim aktivnostima se obrađuju informacije o klijentu revizije i dobijaju revizijski dokazi koji služe za formiranje revizijskog mišljenja kao krajnjeg produkta procesa revizije. Revizijsko mišljenje u formi revizijskog izveštaja stvara vrednost za donosiocce poslovnih odluka kroz povećanje pouzdanosti finansijskih informacija za poslovno odlučivanje.

Revizija finansijskih izveštaja kao poslovni proces ispunjava kriterijume (obeležja) poslovnog procesa, prema kojima svaki poslovni proces mora da ima [10]:

- Svrhu - revizija finansijskih izveštaja ima svrhu u vidu izražavanju revizijskog mišljenja i

zadovoljavanja informacionih potreba donosioca poslovnih odluka.

- Vlasnika procesa - ovlašćeni revizor snosi krajnju odgovornost za reviziju finansijskih izveštaja i identifikuje se kao vlasnik procesa revizije finansijskih izveštaja.
- Početak i kraj procesa - revizija finansijskih izveštaja ima jasno definisan početak i kraj, odnosno započinje aktivnostima prihvatanja klijenta, a završava se izdavanjem i arhiviranjem revizorskog izveštaja.
- Ulaze i izlaze procesa - kao ulazi u procesu revizije finansijskih izveštaja javljaju se informacije o klijentu, a obradom se dobijaju revizijski dokazi kao izlazi, koji služe za formiranje krajnjeg izlaza revizijskog mišljenja.
- Definisan redosled realizacije aktivnosti - proces revizije finansijskih izveštaja sastoji se od redosleda aktivnosti definisanog profesionalnom i zakonskom regulativom.
- Mogućnost merenja uspešnosti realizacije procesa - revizija finansijskih izveštaja je uspešno završena ako je izdato odgovarajuće mišljenje u predviđenom vremenskom periodu koje će služiti za poslovno odlučivanje.
- Učesnike i korisnike procesa - revizija finansijskih izveštaja kao poslovni proces ima definisane unutrašnje učesnike procesa u vidu revizijskog tima i spoljne učesnike kao što su klijent revizije, njegovi poslovni partneri. Korisnike procesa predstavljaju naručioci revizijskog angažmana i drugi korisnici revizijskog izveštaja.

Kako bi revizorske firme ostvarile navedene prednosti upravljanja procesom revizije finansijskih izveštaja primenom softverskog rešenja za upravljanje poslovnim procesima, nije dovoljno samo da se na nivou revizijske firme donese odluka o uvođenju softverskog rešenja. Postupak implementacije i upravljanja procesom revizije finansijskih izveštaja primenom softverskog rešenja podrazumeva investiranje, koje će predstavljati samo trošak za revizijsku firmu ako se ne izvrši uspešna implementacija. Uspešno upravljanje procesom revizije finansijskih izveštaja primenom BPMS zasniva se na sledećim metodološkim koracima (opširnije videti [8]):

- 1) Specifikacija procesa revizije finansijskih izveštaja
- 2) Rešavanje problema adekvatnosti softvera za upravljanje procesom revizije finansijskih izveštaja
- 3) Dizajn modela za realizaciju procesa revizije finansijskih izveštaja
- 4) Uvođenje softverskog rešenja u revizorsku firmu
- 5) Realizacija, monitoring i administriranje procesa revizije finansijskih izveštaja

4. RAZVOJ MODELA UPRAVLJANJA PROCESOM REVIZIJE U BPMS OKRUŽENJU

Period realizacije procesa revizije finansijskih izveštaja obično obuhvata period od septembra do kraja juna

meseca naredne godine. Vremensko trajanje revizije zavisi od veličine preduzeća klijenta revizije, obima i kompleksnosti poslovnih promena i sl. Bez obzira na vremenski okvir svaka revizija ima isti životni ciklus koji obuhvata četiri faze [7]:

- Ugovaranje
- Planiranje
- Predrevizija
- Završna revizija

Poslovni model revizije finansijskih izveštaja može se razviti primenom različitih jezika za modelovanje procesa (BPMN, BPEL i sl.). U proteklih nekoliko godina sve više zastupljeniji je BPMN jezik za modelovanje procesa koji je razvijen od strane Object Management Group. BPMN definiše objekte aktivnosti i događaja, veze i odnose između aktivnosti i događaja, tokove podataka i poruka, kao i razgraničenja uloga učesnika u procesu [12]. Za uspešan razvoj i implementaciju modela neophodno je sagledati nekoliko perspektiva (opširnije videti [16]):

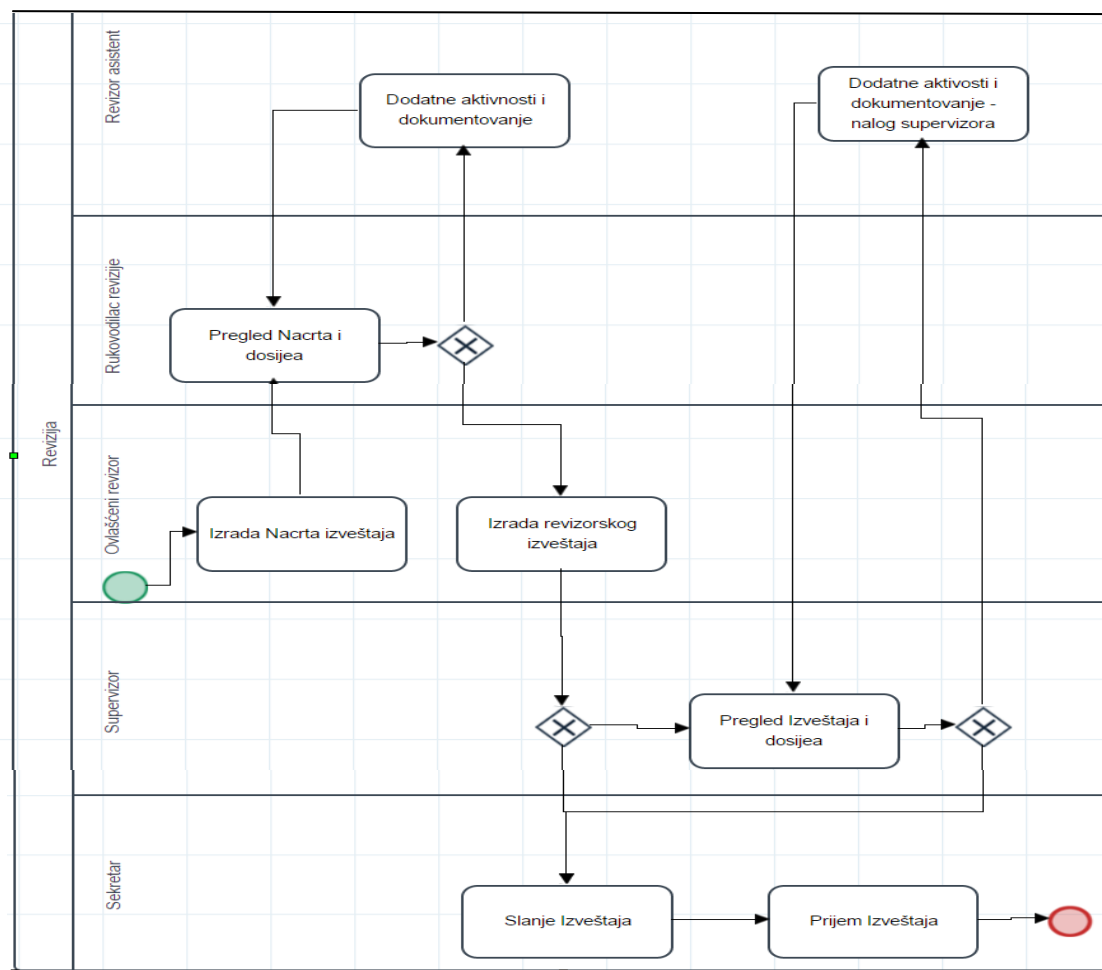
- Funkcionalne karakteristike procesa - šta treba da bude urađeno, odnosno koje aktivnosti i zadatke treba sprovesti.
- Organizaciona perspektiva procesa - definiše učesnike koji sprovode zadatke i obično se modeluje kroz korisnike i grupe.
- Informaciona perspektiva procesa - određuje koje informacije (ulazni i izlazni dokumenti) su neophodne u procesu.
- IT perspektiva - koja definiše strukturu informacionog sistema.

Za potrebe revizijske firme "X" iz Republike Srbije razvijen je i implementiran poslovni model revizije finansijskih izveštaja primenom open source ProcessMaker BPSM rešenja. Dizajn modela procesa revizije finansijskih izveštaja zasnovan je na primeni BPMN 2.0. Celokupan poslovni proces revizije obuhvata ukupno 142 aktivnosti koje se mogu sprovesti u zavisnosti od karaktera klijenta revizije. Svi učesnici u procesu revizije posmatraju se kroz šest uloga: sekretar, asistent revizije, rukovodilac revizije, ovlašćeni revizor, supervizor i direktor firme. U zavisnosti od uloge definisana su ovlašćena za pristup određenim segmentima, gde npr. direktor firme ima jedini pristup pregledu i analizi ključnih indikatora performansi procesa revizije. Sva dokumenta koja kreira revizijska firma definisana su kao output dokumenta koja se automatski kreiraju u formatu .doc ili .pdf u zavisnosti od vrste dokumenta. Dokumenta koja se dobijaju od klijenta u elektronskoj formi se unose u aplikaciju kao input dokumenta. Sva dokumenta se automatski arhiviraju u revizijski dosije, tako da se celokupni revizijski dosije nalazi u elektronskoj formi, za razliku od prethodnog načina rada gde je revizijski dosije sadržao i papirnu i elektronsku dokumentaciju. Kreiranje obaveznih polja za unos i kreiranje dokumentacije uz automatski sistem dokumentovanja u velikoj meri smanjuje rizik narušavanja kvaliteta revizije na način da se revizija sprovede ne uvažavajući aktivnosti definisane regulativom. Aplikacija je zasnovana na web-u što

omogućuje rad revizorima na terenu i značajno smanjuje vreme angažovanja revizora. Na slici 1 prikazan je tok aktivnosti iz segmenta završne revizije modela upravljanja procesom revizije finansijskih izveštaja. Nakon izrade Nacrta izveštaja sledi obavezna aktivnost pregleda, odnosno odobravanja Nacrta i dokumentacije od strane rukovodioca revizije. Ukoliko je Nacrt izveštaja adekvatan i dokumentacija potpuna onda sledi aktivnost izrade revizorskog izveštaja, u suprotnom rukovodilac revizije nalaže revizoru asistentu dodatne aktivnosti, koje će ponovo biti predmet ocene rukovodioca revizije. Nakon izrade revizorskog izveštaja u zavisnosti od karaktera preduzeća sledi aktivnost slanja,

vreme angažovanja revizora.

a potom i arhiviranja izveštaja, ili aktivnost pregleda izveštaja i dokumentacije od strane supervizora. Kada supervizor da pozitivnu ocenu za revizorski izveštaj i dokumentaciju, sledi završna aktivnost slanja izveštaja. U suprotnom supervizor može dati nalog revizoru asistentu da sprovede dodatne aktivnosti kako bi kompletirao izveštaj i dokumentaciju, što će naravno biti predmet ponovnog pregleda supervizora. Proces revizije se završava aktivnošću arhiviranja revizorskog izveštaja koji je potpisan od strane klijenta revizije, odnosno naručioca.



Slika 1. Model toka aktivnosti u završnom segmentu procesa revizije

5. PERFORMANSE PROCESA REVIZIJE U BPMS OKRUŽENJU

Performanse predstavljaju meru uspeha organizacije u ostvarivanju postavljenih ciljeva. Postoje veoma različiti indikatori performansi u zavisnosti od specifičnosti poslovnog procesa i činjenice da isti poslovni proces može se značajno razlikovati između organizacija. Tako i u reviziji finansijski izveštaja ne postoji jedinstven set indikatora performansi. Najbolji indikatori performansi su oni koji ukazuju kako i u kojoj meri realizacija procesa revizije obezbeđuje ostvarivanje ciljeva organizacije i doprinosi stvaranju vrednosti za revizijsku firmu. Različita profesionalna udruženja revizora na relativno sličan način

definiše odnosno preporučuje indikatore performansi procesa revizije. Prema Revizorskoj Komisiji iz Londona [1] indikatori procesa revizije finansijskih izveštaja treba da uključuje:

- kvalitet, odnosno usaglašenost realizacije procesa sa regulativom
- vreme realizacije procesa
- kvalitet revizijskog tima

Phil Cowperthwaite, član Međunarodne federacije ovlašćenih računovođa, navodi da unapređenjem efikasnosti i kvaliteta revizije kao ključnih performansi procesa revizije, ostvaruje se značajno sniženje troškova i povećanje profitabilnosti [4].

U cilju ispitivanja da li se performanse procesa revizije unapređuju prilikom realizacije revizije u okruženju BPMS, definisane su sledeći indikatori performansi:

- efikasnost je izražena vremenskim trajanjem procesa revizije i
- kvalitet je meren na osnovu kompletnosti revizijskog dosijea.

Navedeni indikatori performansi mereni su za 34 procesa revizija sprovedenih u BPMS okruženju i 34 procesa revizije sprovedenih bez primene razvijene aplikacije. U okruženju BPMS razvijen je sistem za automatsko merenje performansi po principu ODBC arhitekture na osnovu MySQL baze podataka i MS Excel programa (opširnije videti [9]). Revizijska firma X je za potrebe revizije koristila prvenstveno korisničku aplikaciju razvijenu u programu MS Excel, koja se koristi samo pri realizaciji određenih revizijskih aktivnosti. U narednoj tabeli predstavljene su prosečne vrednosti pokazatelja performansi procesa revizije.

Tabela 2. Performanse realizacije procesa revizije

	Sa primenom BPMS	Bez primene BPMS	Promena	
			Apsolutni iznos	%
Efikasnost				
Kreiranje Nacrta	29,46	33,55	4,09	13,88%
Pregled izveštaja i dokum.	33,05	66,30	33,25	100,61%
Kreiranje Revizijskog izveš.	28,25	29,53	1,28	4,53%
Kontrola kvaliteta - supervizor	32,51	67,52	35,01	107,69%
Slanje izveštaja	25,34	25,46	0,12	0,47%
Prijem izveštaja	24,54	25,58	1,04	4,24%
Revizija - ukupno	34.678,17	44.167,07	9.488,9	27,36%
Kvalitet				
Broj nedostajuće dokumentacije	0,56	2,67	2,11	376,79%

Na osnovu dobijenih vrednosti pokazatelja performansi procesa revizije, uočava se da se skraćuje vreme potrebno za sprovođenje revizije u BPMS okruženju i da se kvalitet revizije unapređuje. Prosečno vreme potrebno za realizaciju procesa revizije u BPMS okruženju iznosi 34.678 minuta i 17 sekundi, dok je prosečno vreme procesa revizije bez primene BPMS rešenja 44.167 minuta i 7 minuta. Takođe se uočava da se vreme za realizaciju pojedinačnih aktivnosti revizora skraćuje u većoj ili manjoj meri u BPMS okruženju, pre svega usled automatizacije u sprovođenju revizijskih aktivnosti. Posmatrajući kvalitet procesa revizije pokazatelji performansi ukazuju na unapređenje kvaliteta budući da se broj nedostajuće dokumentacije po procesu revizije smanjuje sa 2,67 na 0,56. Kako bi ispitali da li je unapređenje efikasnosti i kvaliteta statistički značajno što bi uticalo na opravdanost prelaska na upravljanje

procesom revizije u BPMS okruženju, postavljene su sledeće hipoteze:

H_1 : Ne postoji statistički značajna razlika u aritmetičkoj sredini vremenskog perioda realizacije revizije kod revizijskih angažmana sprovedenih bez i primenom BPMS. ($H_1: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$)

H_2 : Ne postoji statistički značajna razlika u aritmetičkoj sredini broja *nedostajuće dokumentacije* revizijskih angažmana sprovedenih bez i primenom BPMS. ($H_2: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$)

Testiranje hipoteza vršeno je primenom parametarskog Studentov t-testa kojim se utvrđuju razlike između aritmetičkih sredina dva nezavisna uzorka (prema [11]). Nakon sprovedenog testiranja dobijeni su sledeći rezultati.

Tabela 3. Rezultati Studentov t-test

	Levinov test		t test		
	F	p	T	Br. stepeni slobode	p
Kreiranje nacrta izveštaj	10,712	0,002	3,557	66	0,001
Pregled izveštaja i dokumentacije	30,658	0,000	9,675	66	0,000
Kreiranje revizijskog izveštaja	0,817	0,369	1,610	66	0,112
Kontrola kvaliteta - supervizor	30,525	0,000	10,489	66	0,000
Slanje izveštaja	2,985	0,089	2,510	66	0,015
Prijem izveštaja	24,495	0,000	19,311	66	0,000
Revizija - ukupno	2,752	0,102	38,327	66	0,000
Broj nedostajuće dokumentacije	27,495	0,000	4,806	66	0,000

Budući da je dobijena vrednost od $p=0,000$ manja od granične vrednosti od 0,050 posmatrajući ukupno vreme realizacije procesa revizije hipoteza H_1 se odbacuje i prihvata se alternativna hipoteza. Prema tome, može se zaključiti da se ukupno vreme realizacije procesa revizije u BPMS okruženju statistički značajno smanjuje. Analizirajući efikasnosti procesa revizije na nivou pojedinačnih aktivnosti uočava se da se vreme realizacije kod većeg broja aktivnosti značajno smanjuje (kod 82% aktivnosti skraćenje vremena realizacije je statistički značajno).

Posmatrajući rezultate analize razlika u kvalitetu revizije dobijena vrednost $p=0,000$ je manja od granične vrednosti 0,050 i prema tome hipoteza H_2 se odbacuje i prihvata se alternativna hipoteza. Prema tome, zaključuje se da je kvalitet procesa revizije u BPMS okruženju statistički na značajno višem nivou.

6. ZAKLJUČAK

U današnje vreme oštra konkurencija nameće potrebu da revizijske firme unaprede kvalitet revizije i efikasnost

realizacije. Pri tome, posebna pažnja se mora posvetiti pitanju kvaliteta revizije, jer sprovođenje revizije na efikasan način uz čak minimalno narušavanje kvaliteta može imati značajne posledice za revizorsku firmu i njene vlasnike. Adekvatnom primenom BPMS u reviziji finansijskih izveštaja ostvaruju se značajni pozitivni efekti u oba domena. Pre svega efikasnost procesa revizije posmatrana kroz vreme realizacije se značajno smanjuje. Prosečno vreme realizacije revizijskog angažmana se u okruženju BPMS smanjuje za 27,36%. Značajno smanjenje vremena trajanja procesa revizije ostvaruje se na osnovu automatizacije velikog broja direktnih revizijskih aktivnosti, „kao što su revizijski testovi, analitičke procedure. Veliki doprinos u smanjenju vremenskog trajanja revizije ostvaren je zahvaljujući integraciji automatskog sistema dokumentovanja, što značajno skraćuje vreme revizora potrebno za arhiviranje ulazne i izlazne dokumentacije u revizijski dosije. Smanjenje vremenskog trajanja revizije praćeno je smanjenjem vremenskog trajanja većeg broja revizijskih aktivnosti ali ne i svih budući da su određene revizijske aktivnosti (npr. formiranje mišljenja-kreiranje izveštaja) aktivnosti intelektualnog karaktera.

Pored efikasnosti revizije, u okruženju BPMS značajno se unapređuje i kvalitet procesa revizije. Implementacija internih kontrola u IT okruženju smanjuje rizik u značajnoj meri da se realizuje revizija bez sprovođenja svih aktivnosti definisanih regulativom i planom revizije. Naravno da se implementacijom internih kontrola rizik ne može eliminisati, jer je uvek prisutan ljudski faktor što potvrđuje i dalje postojanje nedostajuće dokumentacije (nesprovođenje revizijskih procedura). Međutim, broj nedostajuće dokumentacije u okruženju BPMS se smanjuje sa 2,67 na 0,56. Dakle u okruženju BPMS se u proseku u skoro svakom drugom revizijskom angažmanu ne sprovede samo jedna aktivnost definisana regulativom i planom. Pored trenutnog unapređenja efikasnosti i kvaliteta revizije, BPMS okruženje pruža mogućnost kontinuirane analize i kontinuiranog unapređenja performansi revizije.

LITERATURA

- [1] Audit Commission, *Assessing the Effectiveness of External Audit*. AC, London, 2011.
- [2] Bucu, M., Jamjoom, H., Parsons, T., Schorno, S., "Managing Process Assets in a Global IT Service Delivery Environment", *Business Process Management Workshops*, Springer, Hoboken, 2010.
- [3] Chang, J., *Business Process Management Systems*, Auerbach Publication, Boca Raton, 2006.
- [4] Cowperthwaite, P. "Boosting the Quality and Efficiency of Smaller Entity Audits", IFAC, 2013, <https://www.ifac.org/news-events/2013-07/boosting-quality-and-efficiency-smaller-entity-audits>
- [5] Hammer, M., "The Process Audit", *Harvard Business Review*, Vol. 85, No. 4, pp. 112, 2007.
- [6] Hammer, M., Champy, J., *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*, Harper Collins, London, 1993.
- [7] Hayes, R., Dassen, R., Schilder, A., Wallage, P., *Principles of Auditing: an Introduction to International Standards on Auditing*. Prentice Hall, Harlow, 2005.
- [8] Jaksić, D., Mijić, K., "The determination of selection factors of BPMS for the financial statements audit process," *Proceedings of III International Symposium Engineering Management and Competitiveness*, Zrenjanin, pp. 329-333, 2013.
- [9] Mijić, K. "Process performance measurement system for financial statements audit process in BPMS environment", *Proceedings - ICIST 2015 5th International Conference on Information Society and Technology*, Society for Information Systems and Computer Networks, Belgrade, pp. 256-260.
- [10] Mijić, K. *Integrirano upravljanje poslovnim procesom revizije finansijskih izveštaja - doktorska disertacija*, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2015.
- [11] Newbold, P., Carlson, L., W., Thorne, B. *Statistics for Business and Economics*. Pearson Education Inc, New Jersey, 2010.
- [12] Object Management Group, *Business Process Model and Notation*, OMG, USA, 2011.
- [13] Schmelzer, H. J., Sesselmann, W. (2006). *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis*, Hanser, Munich, 2006.
- [14] van der Aalst, "Business Process Management - A Personal View", *Business Process Management Journal*, Vol. 10 No. 2, pp. 135, 2004.
- [15] Weske, M., *Business Process Management*, Springer, Berlin, 2007.
- [16] Zarić, M., Miškov, Z., Sladić, G. "A Flexible, Process-Aware Contract Management System", *Proceedings - ICIST 2015 5th International Conference on Information Society and Technology*, Society for Information Systems and Computer Networks, Belgrade, pp. 285-290.
- [17] zur Muehlen, M., *Workflow-Based Process Controlling*, Logos Verlag, Berlin, 2002.

ANALIZA MODEL-BAZIRANIH METODA PROCENE TRAJANJA SOFTVERSKOG PROJEKTA ANALYSIS OF MODEL-BASED METHODS FOR ESTIMATION OF SOFTWARE PROJECT DURATION

Ljubica Kazi¹, Zoltan Kazi¹, Vesna Makitan¹

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin¹

Sadržaj – Model-bazirani pristupi proceni trajanja softverskog projekta zasnivaju se na izdvajanju elemenata modela, vrednovanju njihovih kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika i primeni odgovarajuće formule za izračunavanje procenjenog trajanja softverskog projekta. U ovom radu će biti analizirane metode koje se odnose na procenu trajanja softverskog projekta koji se realizuje u okviru razvoja informacionog sistema. U tom kontekstu, model-bazirane metode za procenu trajanja softverskog projekta uključuju analizu modela procesa, modela softverskih funkcija (slučajeva korišćenja) i modela podataka (konceptualnog, relacionog, objektnog modela podataka).

Abstract - Model-based approaches to estimation of software project duration are based on extraction of the model elements, evaluation of their qualitative and quantitative characteristics and application of appropriate equation for calculation of estimated software project duration. In this paper, methods for estimation of software project duration within information system development will be analyzed. In that context, model based methods for software project duration estimation include analysis of process model, software functions model (use cases) and data model (conceptual, relational, object data model).

1. UVOD

Savremeni razvoj softvera, iako agilno orijentisan, svakako je usmeren ka bliskoj povezanosti sa tehnikama i metodama projektnog menadžmenta u cilju upravljanja realizacijom zadataka, usmeravanja ka kvalitetu i ekonomičnosti razvoja. „Fundamentalni zadatak projektnog menadžmenta je učiniti da posao bude urađen, odnosno da se realizuju zadaci u okviru predviđenog vremena, troškova i performansi. Ove tri varijable su kritične dimenzije projekta koje zahtevaju kontinualnu pažnju projektnog menadžmenta. U poslednje vreme, menadžeri su dodali i četvrtu dimenziju – zadovoljstvo klijenata.“ [1]

U okviru upravljanja softverskim projektima svakako je relevantno koristiti odgovarajuće metrike kako bi se, u okviru monitoringa, uspeh realizacije projekta mogao kvantitativno i vizualno predstaviti. U kontekstu upravljanja softverskim projektom mogu se koristiti softverske metrike za merenje atributa elemenata i artefakta softverskog proizvoda, kao i karakteristike procesa razvoja [2]. Prema [3], pravci istraživanja u oblasti primene softverskih metrika generalno mogu se predstaviti na sledeći način:

1. Osmišljavanje modela koji daju opise i objašnjenja karakteristika softverskih sistema sa statistički značajnim uticajem
2. Razvoj modela za predikciju grešaka („fault prediction models“) [4]
3. Problemi ljudske procene u primeni softverskih metrika [5]
4. Softverske metrike za različite vrste grešaka [6]
5. Razvoj radnih okvira (frameworks) koji olakšavaju primenu i razumevanje metrika
6. Problem distribucije metrika i različitih nivoa složenosti, dovodi do potrebe za agregacijom metrika u hijerarhijskom uređenju [7], odnosno primeni metrika na nivou softverskih paketa, u okviru agilnog pristupa razvoju [8]

Jedan od ključnih aktivnosti u primeni metrika svakako predstavlja izbor atributa koji će biti vrednovani i načina merenja. Svakako prilikom izbora atributa treba uzeti u obzir i realne mogućnosti za tehničku izvodivost merenja. Takođe je neophodno uzeti u obzir da prevelika pojednostavljanja merenja mogu biti štetna [5]. Dva su pristupa koja mogu dovesti do problema:

1. Pojednostavljanje se svodi na izbor manjeg broja mernih veličina koje se prikazuju i to onih za koje je lakše prikupiti podatke i lakše ih je prikazati. Pojednostavljanjem se često postiže efekat da učesnici projekta dobiju pogrešnu sliku o ciljevima i napretku projekta, često previše optimističnu.
2. U upravljanju projektima se često javlja tendencija razvoja ili korišćenja i prilagođavanja gotovih okvirnih metričkih sistema (framework-a), ponekad formiranih za druge primene, koji definišu skupove metrika u skladu sa određenim modelom. Primena okvirnih metričkih sistema koji nisu prvenstveno namenjeni monitoringu performansi i oceni kvaliteta rezultata softverskih projekata može pomeriti fokus na aspekte koji nisu relevantni.

U okviru upravljanja softverskim projektom, pored praćenja procesa realizacije i merenja kvaliteta rezultata, izuzetno je važno na početku i u toku realizacije projekta proceniti trajanje projekta, radi procene potrebnog angažovanja učesnika i utroška sredstava. Savremeni pristupi proceni veličine („size“), angažovanja („effort“) i trajanja („duration“) softverskog projekta uključuju metode za procenu trajanja projekta na osnovu bazičnih modela koji predstavljaju osnov za implementaciju aplikativnog rešenja.

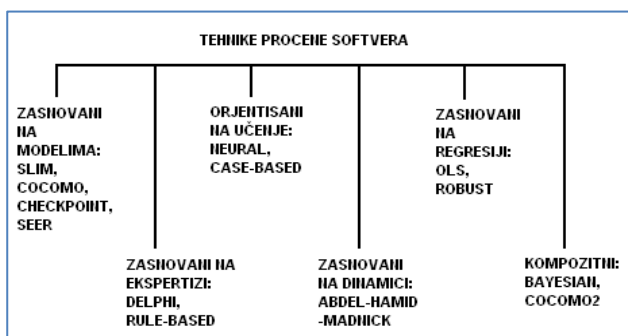
Cilj ovog rada je prikaz i analiza metoda za procenu trajanja softverskog projekta u okviru razvoja informacionog sistema neke organizacije. U okviru razvoja softvera za potrebe informacionog sistema,

osnovni modeli su: model poslovnih procesa, model softverskih funkcija i model podataka. U okviru ovog rada posebno će biti prikazane metode za procenu trajanja softverskog projekta zasnovane na analizi navedenih modela. Ovaj rad predstavlja rezultate istraživanja iz [9], kao i nastavak istraživanja iz [10] i [11].

2. PROCENA TRAJANJA, ANGAŽOVANJA I TROŠKOVA SOFTVERSKOG PROJEKTA

Trajanje, odnosno angažovanje (effort) na projektu izražava se u jedinici: čovek-mesec [12]. U izračunavanju vrednosti trajanja projekta, koriste se različiti pristupi.

U radovima [13] i [14] dat je pregled metoda (Slika 1) za procenu trajanja projekta: metode mrežnog planiranja i tehnike procene trajanja projekta, procena eksperata (bazirana na analogiji ili simulaciji), upravljanje stečenom vrednosti, Monte Karlo simulacija, primena Klarkovih jednačina [10].



Slika 1. Tehnike procene softvera prema Boehm-u [14]

U radu [15] opisane su suštinske razlike između drugih projekata i softverskih projekata, koje se sastoje u tome da softverski projekat rezultuje neopipljivim rezultatima, čije se karakteristike menjaju u toku razvoja u skladu sa promenama zahteva korisnika. U okviru navedenog rada prikazane su metode za procenu trajanja softverskog projekta:

1. ALGORITAMSKI PRISTUPI:

1.1. Ulazni podaci – broj linija koda

- Algoritamski pristup manuelne procene, 1950-tih godina
- Metode bazirane na linearnim jednačinama i regresionim tehnikama, 1965. godine
- Prvi automatizovani alat (Interactive productivity and Quality (IPQ) [16], [17]) razvijen u IBM 1973. godine
- COCOMO metod (takođe nazvan i COCOMO 81 [12]), autora Barry Boehm-a [18]
- Software Lifecycle Management (SLIM) [19] ili Putnam model, prezentovan 1978. godine [12]
- Software Evaluation and Estimation of Resources – Software Estimating Model (SEERSEM)

1.2. Ulazni podaci – Funkcionalni poeni – uvodi Albrecht [20] 1979. godine [12]:

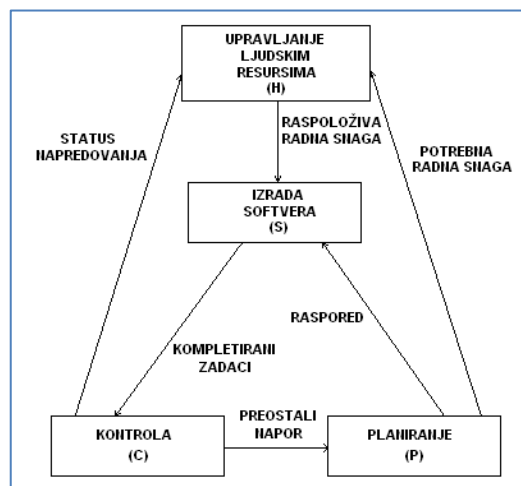
- COCOMO II [21], uzima u obzir promenljivost zahteva [9], koristi logičke umesto fizičkih linija koda kao merilo [12] i podržava različite metodologije razvoja softvera [15]

2. NEALGORITAMSKI PRISTUPI:

- Ekspertska procena, 1963. godine [22], sa različitim metodama:
- Classification and Regression Tree (CART) 1984. godine [23]
- Analogy Based Estimation (ABE) 1997. godine [24]
- Primena neuronskih mreža i fazi sistema.

U radu [13], za potrebe procene procene angažovanja (trajanja) u okviru softverskog projekta, predložen je pristup analizi karakteristika projekta pre nego što se pristupi proceni trajanja projekta. Procena trajanja softverskog projekta zasniva se na kategorizaciji softverskog projekta u odnosu na metodologiju razvoja i tip softvera koji se razvija.

U radu [25] razmatran je problem preciznosti izračunavanja u procesu procene veličine, angažovanja i trajanja projekta, kao i problem primene istih modela procene u različitim organizacijama (portabilnosti na slične projekte). Kao osnov poboljšanja portabilnosti, predložen je model koji u okviru procene uzima i elemente i karakteristike iz oblasti upravljanja projektima, a ne samo inženjerski zasnovane metrike. U navedenom istraživanju, kvantifikovana su navedena 4 faktora (ljudski faktor, proces razvoja softvera, kontrolisanje, planiranje) i empirijski verifikovan njihov uticaj na troškove realizacije softvera.



Slika 2. Model za podršku proceni softverskog projekta prema Abdel-Hamid & Madnick-u [25]

U radu [26] izvršena je komparacija tradicionalnog i razvoja Web aplikacija u smislu elemenata upravljanja projektima i procene trajanja projekta. Predložen je model koji uključuje metrike i jednačine za izračunavanje procene angažovanja („effort“) i trajanja („duration“) realizacije projekta razvoja Web aplikacije. U okviru odgovarajućih jednačina koriste se podaci o broju

elemenata i procenjenoj složenosti odgovarajućih elemenata rešenja.

3. PROCENA TRAJANJA SOFTVERSKOG PROJEKTA ANALIZOM SLUČAJEVA KORIŠĆENJA IZVEDENIH IZ MODELA POSLOVNIH PROCESA

U radu [27] prikazan je pristup pripreme modela poslovnih procesa za potrebe procene funkcionalne veličine softvera, u skladu sa međunarodno priznatim standardom COSMIC - Common Software Measurement International Consortium). U okviru navedenog pristupa, definisan je niz pravila koja omogućavaju izradu modela poslovnih procesa u odgovarajuću formu pogodnu za procenu veličine softvera.

U radu [28] opisani su osnovni elementi primene metode COSMIC kao univerzalni metod (baziran na standardu ISO/IEC 14143) za merenje funkcionalne veličine softvera koji je jednako primenjiv za razne vrste softvera, kao i specifičnu modifikaciju COSMIC-FFP. Metod COSMIC se zasniva na pristupu dekompozicije funkcionalnih zahteva korisnika. Specifikacija funkcionalnih zahteva korisnika se deli na elementarne akcije koje softver treba da izvrši, odnosno atomarne akcije „pokretanja podataka“ („data movement“ sa podvrstama: entry – ulaz podataka od strane korisnika, write - snimanje, read - čitanje, exit – prikaz podataka korisniku) i „manipulacije podacima“ („data manipulations“). Svaka aktivnost pokretanja podataka dobija vrednost 1 Cfsu (COSMIC functional sizing unit). U okviru primene COSMIC, može se izračunati procenjeno vreme isporuke, kao i troškovi (koji uzimaju u obzir direktne troškove developera i troškove podrške – kontrole kvaliteta, projektnog menadžmenta itd.)

U nastavku je prikazana formula (1) za izračunavanje vremenskog trajanja projekta (prema [27]), s tim da se faktori 0.2 i 0.37 mogu promeniti, ali predstavljaju vrednosti koje su dobijene na osnovu prethodnih empirijskih istraživanja.

$$Vreme_{isporuka} = \frac{Veličina^{Stepen}}{PL} \quad (1)$$

gde je:

Vreme – vreme isporuke procesnog niza („process chain“) izražen u mesecima

Veličina – Funkcionalna veličina izražena u broju Cfsu

Stepen – 0,20 za jednu produkcionu liniju i 0.37 za dve produkzione linije

PL – broj postavljenih produkcionih linija (1 ili 2)

U radu [28] opisana je metoda COSMIC-FFP primenjena u okviru razvoja ERP sistema, gde se javlja specifična situacija nizova povezanih aktivnosti („process-chain“) za koje se razvija softverska podrška. S obzirom da se radi o specifičnoj vrsti softverskih projekata, predložena je dodatna parametrizacija metode zbog specifičnih elemenata koji mogu da utiču na konačan rezultat primene.

U nastavku je opisana analiza prednosti i nedostataka rada [28]:

- „Pozitivni aspekti rada: Formula za izračunavanje vremena potrebnog da se izvrši isporuka softvera, formula za izračunavanje troškova
- Negativni aspekti rada: Ne odvaja jasno funkcionalno-zavisne i tehnološko-implementationo zavisne elemente i uticaje u formuli za procenu trajanja, Vrednosti parametara u formulama su fiksne i dobijene su na osnovu prethodnih iskustava (Stepen = 0.2 za jednu produkcionu liniju ili 0.37 za dve), samo 2 produkzione linije, ne uzima tehničke i projektne uslove za izračunavanje, već samo funkcionalni aspekt i broj proizvodnih linija, pojednostavljena formula za izračunavanje troškova na osnovu fiksnog dela i dela koji zavisi od broja funkcija softvera. Nije jasna uloga i veličina Cfsu za deo manipulacije podacima – obradu podataka.“ [9]

Iako su modeli poslovnih procesa u naslovu tematike prethodno opisanih radova, ipak nisu jasno razgraničeni koncepti poslovnog modeliranja nezavisnog od softverske automatizovane podrške, odnosno odgovarajućih slučajeva korišćenja. Naime, u osnovi definicije slučaja korišćenja jeste specifikacija zahteva korisnika u okviru poslovnog konteksta primene budućeg softverskog rešenja (dakle bliska povezanost poslovnih procesa i softverskih funkcija) [29].

U radu [30] jasno se naglašava potreba da se procesima iz modela poslovnih procesa (koji je tehnološki nezavisan i predstavlja organizacione poslove) izvode odgovarajući slučajevi korišćenja koji se odnose na automatizovanu podršku odgovarajućim poslovnim procesima. U navedenom radu opisan je pristup kreiranju modela poslovnih procesa korišćenjem posebne RAD (Role Activity Diagram) notacije, izdvajanje poslovnih procesa koji se mogu automatizovati i na osnovu njih izdvajanje slučaja korišćenja, izračunavanje potrebnog angažovanja zaposlenih („effort“) na osnovu broja slučajeva korišćenja i uključivanje drugih parametara projekta radi kreiranja studije izvodljivosti. Na osnovu izdvajanja poslovnih procesa dobijamo kandidate za slučajeve korišćenja (koji zavise od zahteva korisnika koja često mogu biti i neprecizna). Ukupno angažovanje („effort“ – izražen u čovek-mesecima) može se dobiti, prema [30], na osnovu formule (2). Kao prosečno angažovanje po slučaju korišćenja može računati 0.67 čovek-meseci [30].

Angažovanje

$$= \text{Ukupan broj kandidata za slučajeve korišćenja} \times \text{Prosečno angažovanje po jednom slučaju korišćenja} \quad (2)$$

U nastavku je opisana analiza prednosti i nedostataka rada [30]:

- „Pozitivni aspekti rada: pristup zasnovanosti na poslovnim procesima, pristup izvođenju slučaja korišćenja na osnovu mogućnosti automatizacije, formule za izračunavanje ukupnog angažovanja na osnovu broja slučajeva korišćenja;

- Nedostaci rada: nedovoljna preciznost formule za izračunavanje angažovanja – nema razlikovanja složenosti realizacije slučaja korišćenja, nije definisan način preslikavanja poslovnih procesa u slučajeve korišćenja (poistovećuju se u izvesnoj meri), nisu jasno izdvojene softverske funkcije (koristi se koncept slučaja korišćenja).“ [9]

Rad [27] opisuje:

- BPMN (Business Process Modeling Notation) – standardnu notaciju OMG,
- Qualigram notaciju koja povezuje strateški nivo, procesni i radni nivo aktivnosti,
- COSMIC pristup funkcionalnom merenju veličine aplikacije.

U navedenom radu opisana su pravila i uputstva pravilnog modelovanja u navedenim notacijama, izvršena je komparacija pravila i izdvajanje pravila koja su nezavisna od tipa notacije i predložen pristup prilagođavanju notacija modelovanja poslovnih procesa kako bi bile pogodnije za COSMIC merenje.

U nastavku je opisana analiza prednosti i nedostataka rada [27]:

- „Prednosti rada: detaljna heuristička uputstva za pravilno modelovanje poslovnih procesa i uopštenje pravila nezavisna od notacije, primer primene merenja korišćenjem COSMIC pristupa;
- Nedostaci rada: prikaz primera merenja sa jednostavnim softverskim operacijama koje se odnose samo na „pomeranja“ podataka, ali ne i na manipulaciju (procesiranje).“ [9]

4. PROCENA TRAJANJA SOFTVERSKOG PROJEKTA ANALIZOM DIJAGRAMA SLUČAJA KORIŠĆENJA

U prethodnom odeljku opisani su pristupi procene trajanja softverskog projekta na osnovu slučajeva korišćenja koji su izvedeni iz modela poslovnih procesa. U ovom odeljku prikazani su pristupi analizi karakteristika modela softverskih funkcija direktno predstavljenih dijagramom slučajeva korišćenja. „Korišćenje analize slučajeva korišćenja omogućava preliminarnu procenu veličine i trajanja projekta u ranoj fazi kada nije poznat broj tabela u bazi podataka ili broj entiteta ili klasa koji učestvuju u realizaciji svakog slučaja korišćenja. Tek poznavanjem strukture podataka i dodelom odgovarajućeg broja tabela baze podataka slučajevima korišćenja, moguće je preciznije odrediti veličinu, trajanje i troškove realizacije softverskog projekta.“ [9]

U doktorskoj disertaciji [12] predložen je pristup proceni veličine softvera i potrebnog angažovanja u realizaciji na osnovu UML USE-CASE dijagrama, primenom regresije i modela mekog računarstva.

U radu [29] opisan je pristup primeni Use Case Points (UCP) metode, koja omogućava procenu angažovanja (čovek-sati) koje realizacija softverskog projekta zahteva, na osnovu analize slučajeva korišćenja, profila korisnika (actors) scenarija, ali i tehničkih faktora (tehnička

kompleksnost) i faktora kompleksnosti razvojnog okruženja. Formula (3) opisuje način izračunavanja UCP.

$$UCP = UUCP \times TCF \times ECF \times PF \quad (3)$$

U navedenoj formuli:

- UUCP („Unadjusted Use Case Points“) – Izračunava se na osnovu UUCW („Unadjusted Use Case Weight“) – ukupan broj aktivnosti ili koraka u okviru scenarija slučaja korišćenja i UAW („Unadjusted Actor Weight“) – kompleksnost svih učesnika (actor) u svim slučajevima korišćenja (tip actora: jednostavan - drugi softverski sistem kojem se pristupa koristeći API, srednje složen – pristup drugom softveru koristeći protokole, kompleksan – pristup korisnika koristeći grafički korisnički interfejs)
- TCF („Technical Complexity Factor“)– tehnički faktor kompleksnosti – tip softvera (distribuirani ili ne), tehničke karakteristike softvera...
- ECF („Environment Complexity factor“) – faktor razvojnog okruženja, koji se odnosi npr. na prethodna znanja i iskustva developera, sposobnost, motivaciju, složenost tehnologije izrade, stabilnost zahteva
- PF („Productivity Factor“) - faktor produktivnosti računa se na osnovu ranijih iskustava – odnos broja sati sa brojem poena slučajeva korišćenja i dobijemo faktor produktivnosti u čovek-satima.

Analizom elemenata dijagrama slučaja korišćenja u cilju procene trajanja softverskog projekta [12], kojim se specificira funkcionalni aspekt softvera, kao i u kombinaciji tih podataka sa podacima karakteristika tehničko-implementacionog razvojnog okruženja, definisani su tzv. USE CASE Points u okviru [29].

U nastavku je opisana analiza prednosti i nedostataka rada [29]:

- „Pozitivni aspekt rada: definisanje formule za izračunavanje USE CASE Points na osnovu složenosti slučaja korišćenja (broja akcija u okviru svih scenarija i broja klasa koje se koriste u implementaciji navedenog slučaja korišćenja) i složenosti actora (tipa – drugi softverski sistem ili korisnik), a takođe i na osnovu faktora tehničke kompleksnosti i kompleksnosti razvojnog okruženja (zapravo elemenata upravljanja projektom – resursi itd).
- Nedostaci rada: u okviru faktora tehničke kompleksnosti i kompleksnosti razvojnog okruženja, nisu jasno definisane podgrupe faktora. Tipovi slučajeva korišćenja podeljeni su u 3 grupe prema složenosti i težinski faktori za odgovarajuće grupe imaju fiksne vrednosti.“ [9]

5. PROCENA TRAJANJA SOFTVERSKOG PROJEKTA ANALIZOM MODELA PODATAKA

Modeli podataka predstavljaju osnov implementacije softverskog aplikativnog rešenja. Najčešći modeli podataka u kontekstu razvoja softvera u oblasti informacionih sistema predstavljaju: konceptualni model

(ER dijagram nezavisan od DBMS), fizički model (relaciona shema + karakteristike ciljnog DBMS) i objektni model (dijagram klasa). Konceptualni model suštinski izražava dizajn modela podataka, a može, koristeći CASE („Computer Aided Software Engineering“) alat biti automatski transformisan u druge tipove modela:

- Fizički (relacioni) model, na osnovu kojeg se može u okviru CASE alata generisati SQL skript za kreiranje relacione baze podataka,
- Objektni model, tj. Dijagram klasa, na osnovu kojeg se može u CASE alatu generisati programski kod biblioteke klasa softverskog aplikativnog rešenja.

Očigledno, konceptualni model podataka je osnov dalje implementacije softverskog aplikativnog rešenja i treba ga smatrati referentnim i u proceni trajanja softverskog projekta. Veličina i trajanje projekta može se izračunati i samo na osnovu analize elemenata modela podataka. U radu [31] dat je predlog procene moguće veličine softverskog projekta (izražene u KLOC – broj hiljada linija koda) na osnovu analize broja elemenata konceptualnog modela podataka. U radu [31] opisan je stav da veličina izvornog koda softvera informacionog sistema zavisi od baze podataka, a koja zavisi od odgovarajućeg konceptualnog modela podataka. U navedenom radu određena je formula za određivanje broja linija koda (veličina softvera) na osnovu broja entiteta, poveznika i atributa ER dijagrama (koji predstavlja konceptualni model podataka). Za različita implementaciona okruženja koriste se slične formule, gde su parametri isti (broj elemenata ER dijagrama), a faktori značaja (težinski faktori) su različiti. Prema [31], formula (4) opisuje predlog načina računanja veličine aplikativnog programa izraženog u KLOC za osnovne sisteme, dok formula (5) opisuje predlog za Java-bazirane sisteme, gde su vrednosti težinskih faktora izvedeni iz statistike prethodnih iskustava razvoja softvera odgovarajuće tehnologije.

Osnovni sistemi:

$$Veličina = 6.788 - 0.062 \times E + 2,169 \times R - 0.007 \times A \quad (4)$$

Java bazirani sistemi:

$$Veličina = 4.678 + 1.218 \times E + 0,028 \times R + 0.023 \times A \quad (5)$$

gde je:

E – broj entiteta

R – broj relacija (poveznika)

A – broj atributa

U radu [32] razmatraju se metrike za procenu angažovanja („effort“) na osnovu strukture relacione baze podataka. U navedenom radu prikazan je pristup proceni veličini (izraženo u broju linija koda) i angažovanja u razvoju softvera bazirano na veličini i kompleksnosti relacione baze podataka, odnosno broju tabela, broj atributa u tabelama, broja tipova podataka i ograničenja, broj trigera, broj ulaznih formi, broj pogleda. U radu [33] opisana je komparacija pristupa proceni FPA(Functional

Point Analysis) veličine projekta na osnovu elemenata objektno-orjentisanih modela.

6. ZAKLJUČAK

U razvoju softvera modeli predstavljaju osnov kasnije implementacije softverskog aplikativnog rešenja i zbog toga mogu predstavljati osnov za procenu trajanja softverskog projekta. Cilj procene trajanja softverskog projekta je da na samom početku, ali i u toku realizacije projekta omogući procenu potrebnog angažovanja učesnika i sredstava-troškova.

U ovom radu dat je prikaz i analiza radova u kojima su opisani pristupi proceni trajanja softverskih projekata na osnovu:

- Analize karakteristika modela softverskih funkcija izraženih slučajevima korišćenja (izvedenih iz modela poslovnih procesa ili direktnim modelovanjem dijagramima slučaja korišćenja),
- Analize karakteristika modela podataka, pri čemu konceptualni modeli podataka predstavljaju osnov dizajna i zbog toga se mogu smatrati najreferentnijim za procenu trajanja projekta.

Očigledno, potrebno je u što ranijim fazama razvoja proceniti troškove sa što većom preciznošću. Naravno da modeli poslovnih procesa predstavljaju najranije modele i mogu dati nešto grublju sliku o trajanju projekta, dok modeli softverskih funkcija, a posebno konceptualni model podataka mogu dati precizniju procenu. Svakako, pored karakteristika samih modela, koje se preslikavaju u kasnije realizovano aplikativno rešenje, treba uzeti u obzir i uslove razvojnog okruženja, karakteristike učesnika i specifičnosti procesa u kojem se razvoj odvija.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva obrazovanja i nauke Republike Srbije u okviru projekta TR32044 “Razvoj softverskih alata za analizu i poboljšanje poslovnih procesa”, 2011-2014.

LITERATURA

- [1] Jurison J: “Software Project Management: The Manager’s view”, Communications of the Association for Information Systems, Volume 2, Article 17, September 1999.
- [2] Frakes W.B, Kang K: “Software Reuse Research: Status and Future”, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 31, No. 7, July 2005.
- [3] Vasilescu, B., Srebrenik, A., van den Brand, M. (2011). By No Means: A Study on Aggregating Software Metrics. WETSoM’11 (May 24, 2011), Waikiki, Honolulu, HI, USA.
- [4] Nagappan, N., Ball, T. (2007) Using Software Dependencies and Churn Metrics to Predict Field Failures: An Empirical Case Study. IEEE First International Symposium on Empirical Software Engineering Measurement.

- [5] Human Judgement and Software Metrics: Vision for the Future. WETSoM'11 (May 24, 2011), Waikiki, Honolulu, HI USA.
- [6] Misirli, A., Caglayan, B., Miransky, A., Bener, A., Ruffolo, N. (2011). Different Strokes for Different Folks: A Case Study on Software Metrics for Different Defect Categories. WETSoM'11 (May 24, 2011), Waikiki, Honolulu, HI USA.
- [7] Herbsleb J, Zubrow D, Goldenson D, Hayes W, Paulk M, "Software Quality and Capability Maturity Model", Communications of the ACM, June 1997/Vol. 40, No. 6
- [8] Martin R.C.: "Agile Software Development: Principles, Patterns and Practices." Pearson Education. (2002)
- [9] Kazi Lj: „Razvoj adaptibilnog distribuiranog informacionog sistema za podršku upravljanju realizacijom softverskih projekata“, doktorska disertacija, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, na javnom uvidu 30.10. – 29.11. 2015. <http://www.cris.uns.ac.rs/publicTheses.jsf>
- [10] Jevtic V: „Razvoj modela za određivanje trajanja projekta na osnovu Klarkovih jednačina“, doktorska disertacija, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2010.
- [11] Kazi Z: „Ontološki zasnovana analiza semantičke korektnosti modela podataka primenom sistema automatskog rezonovanja“, doktorska disertacija, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2014.
- [12] Nassif A.B: "Software Size and Effort Estimation from Use Case Diagrams Using Regression and Soft Computing Models" (2012). University of Western Ontario, PhD Thesis
- [13] Jevtić V, Letić D: "Postojeće metode i prikaz razvijenog modela za određivanje trajanja projekta", Konferencija YUINFO, 2011.
- [14] Boehm B, Chris Abts C, Chulani S: Software development cost estimation approaches – A survey, Annals of Software Engineering 10 (2000) 177–205
- [15] Khatibi V. B, Jawawi D.N.A., "An Analytical Model for Software Development Effort Estimation Based on Investigation of Project Characteristics", The 3rd Software Engineering Postgraduate Workshop (SEPoW), 2011, pp. 34-40.
- [16] Khatibi B. V, Dayang N. A, Jawawi D.N.A., Khatibi E: "Investigating the Effect of Using Methodology on Development Effort in Software Projects", International Journal of Software Engineering and Its Applications Vol. 6, No. 2, April, 2012
- [17] Jones C., "Estimating software costs: Bringing realism to estimating", 2nd ed. New York: NY: McGraw-Hill, (2007).
- [18] Boehm B. W., "Software Engineering Economics", Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1981.
- [19] Putnam L. H., "A general empirical solution to the macrossoftware sizing and estimating problem," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 4, pp. 345-361, 1987.
- [20] Albrecht A. J., Gaffney J. A., "Software function, source lines of codes, and development effort prediction: a software science validation," IEEE Trans Software Eng. SE, vol. 9, pp. 639-648, 1983
- [21] Boehm B, Clark B, Horowitz E, Westland C, Madachy R, Selby R: Cost models for future software life cycle process: COCOMO II, Annals of Software Engineering, Vol 1, 1995, pp. 57-94.
- [22] Dalkey N., Helmer O., "An experimental application of the Delphi method to the use of experts," Management Science, vol. 9, pp. 458-467, 1963.
- [23] Breiman L, Friedman L, Friedman J, Stone C.J, Olshen R.A: "Classification and Regression Trees", Pacific Grove, CA: Wadsworth, 1984.
- [24] Shepperd M., Schofield C., "Estimating Software Project Effort Using Analogies," IEEE Transaction on software engineering, vol. 23, pp. 736-743, 1997.
- [25] Abdel-Hamid T.K, Madnick S.E: On the Portability of Quantitative Software Estimation Models, Elsevier, Information & Management 13 (1987) 1-10
- [26] Reifer D.J: Web Development: Estimating Quick-to-Market Software, IEEE SOFTWARE, November/December 2000.
- [27] Monsalve C, Abran A, April A: "Measuring Software Functional Size from Business Process Models", International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, World Scientific Publishing Company, June 10, 2011
- [28] Vogelzang, F: "Using COSMIC-FFP for sizing, estimating and planning in an ERP environment", Software measurement conference, IWSM/MetriKon 2006, pp. 327-342
- [29] Clemmons R.K: "Project Estimation with Use Case Points", CrossTalk, The Journal of Defense Software Engineering, February 2006
- [30] Issa A.A, Rub F.A.A: "Performing Early Feasibility Studies of Software Development Projects Using Business Process Models", Proceedings of the World Congress on Engineering 2007, Vol I, WCE 2007, July 2-4, 2007, London, U.K.
- [31] Tan H.B.K, Zhao Y, Zhang H: "Conceptual data model-based software size estimation for information systems", Journal ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, Vol 19, Issue 2, October 2009
- [32] Mishra S, Tripathy K.C, Mishra M.K: "Effort Estimation Based on Complexity and Size of Relational Database System", International Journal of Computer Science and Communication, Vol. 1, No. 2, July-December 2010, pp. 419-422
- [33] Živković A, Heričko M, Brumen B, Beloglavec S, Rozman I: "The Impact of Details in the class diagram on software size estimation", Informatica, 2005, Vol. 16, No 2, 295-312, Institute of Mathematics and Informatics, Vilnius

ILUSTRACIJA PLANIRANJA LIKVIDNOSTI PROJEKTA SA DATIM TERMINIMA PRILIVA NOVCA ZA FORMIRANJE BUDŽETA TOKOM IZVOĐENJA PROJEKTA

AN ILLUSTRATION OF THE PROJECT LIQUIDITY PLANNING WHEN THE TERMS OF CASH INFLOWS TO BUDGET FORMING DURING THE REALIZATION OF PROJECT ARE GIVEN

Zvonimir Božilović¹, Nenad Nikolić²

¹Graditelj-inženjering d.o.o., Visoka 28, Beograd, zvonimir.bozilovic@graditelj-inzenjering.co.rs

²Eurotrans AML d.o.o., Ljubiše Miodragovića 59, Beograd, nenad.nikolic@yandex.ru

Sadržaj – Radom se izlaže planiranje rasporeda aktivnosti u vremenu i minimizacija trajanja projekta, kada su zadatati termini formiranja budžeta u toku izvođenja projekta. Pri tome se uvažavaju raspoloživi ljudski resursi i mehanizacija. Potrebno je nenegativno stanje novčanih sredstava u terminima koji se planiraju za isplate troškova. Daje se matematička formulacija problema i algoritam rešavanja. Ilustruje se planiranje hipotetičkog projekta stanogradnje.

Abstract – This paper expose the time schedule of activities and minimization of the project duration, when the budget allocation terms during the project execution are given. In doing so, the available human resources and working mechanization are taken into consideration. The mathematical formulation of the problem and solving algorithm are given. The planning of hypothetical housing construction project is illustrated.

1. UVOD

Problematiku upravljanja pojedinačnim projektima i programom više projekata, kao izuzetno značajnih naučnih oblasti sa stanovišta menadžmenta, izlažu mnogi poznati strani i domaći autori. Izdvajaju se razni građevinski projekti koji podstiču razvoj drugih privrednih grana. U prisutnoj složenosti planiranja odgovarajućih aspekata takvih projekata mogu se izdvojiti razmatranja raznih vidova resursa i odgovarajućih troškova. Videti, napr: [1] – [4], [7], [9] i [11].

Standardni softver za Project Management (PM) podržava adekvatno modeliranje elemenata projekta sa nivelisanjem resursa tipa radne snage i mehanizacije, odnosno svođenjem njihovih potreba u zadate raspoložive granice (Primavera, MS Project i drugi). Pri tome, podrazumeva se da budžet odgovara nastalim troškovima i da se resursi tipa materijala mogu obezbediti u potrebnim količinama. Među dostupnim softverskim paketima kod nas, samo je CA Super Project je još 1990. godine omogućavao da se istovremeno vrši i „nivelisanje materijala“ (obuhvata nabavke, proračunava zalihe na osnovu utrošaka na aktivnostima i na zahtev analitičara sprovodi nivelisanje materijala kada nastupe negativne zalihe). Videti, napr. [3]. Do sada nisu ostvarena očekikavanja korisnika da i najpopularniji softver za PM,

Primavera i MS Project, omoguće planiranje zaliha materijala. U [8] je ilustrovana interaktivna primena softvera za PM u cilju nivelisanja resursa tipa radne snage i mehanizacije sa planiranjem zaliha materijala.

Navedeni softver za PM omogućava razmatranje odgovarajućih vidova troškova i formiranje zahtevanih izveštaja. Međutim, ne podržava planiranje priliva novca, proračun stanja novca na osnovu odliva novca za isplate troškova i „nivelisanje novca“ kada nastupe negativna stanja novca. Radom [10] je predloženo proširenje standardne metodologije za PM sa planiranjem i kontrolom toka novca. U [5] je ilustrovano interaktivno korišćenje softvera za PM pri razmatranju likvidnosti sa planiranom dinamikom priliva novca na projektu, dok je u [6] razmatrana i ostvarena dinamika pri realizaciji projekta.

U nastavku se ukazuje na moguće varijante problema planiranja likvidnosti i ilustruje rešavanje jednog slučaja.

2. PROBLEM LIKVIDNOSTI NA PROJEKTU

Ima mišljenja da je potrebno ostvariti likvidnost u svakom danu projekta. Međutim, opravdano je zahtevati likvidnost samo u terminima kada se vrše isplate troškova. Na primeru građevinskih projekata je prisutno da se najveći deo troškova odnosi na radove i njihova isplata se vrši na kraju meseca, saglasno stvarno izvedenim radovima. Isplate drugih vrsta troškova, kao što su troškovi nabavke materijala, mogu se vršiti u toku meseca njihovog nastanka (npr., na kraju odgovarajućih sedmica).

2.1. Osnovne varijante problema

Sa stanovišta termina i iznosa priliva novca, kada su dati termini za isplate troškova, mogu se razmatrati četiri osnovna problema i njihova kombinacija:

- 1) planiranje termina i visina priliva bez posebnih uslova,
- 2) dati su termini priliva i određuju se iznosi,
- 3) dati su iznosi i određuju su termini, i
- 4) dati su termini i iznosi, te se određuju rasporedi aktivnosti u vremenu sa ciljem da se ostvari likvidnost i minimalno trajanje projekta.

Prve tri varijante problema zadržavaju polazno minimalno trajanje projekta koje određuju raspoloživi resursi tipa radne snage i mehanizacije. Poslednja varijanta može da produži navedeno trajanje projekta. U svim varijantama se smatra da je materijale moguće nabaviti u potrebnim količinama.

2.2. Problem sa datim terminima priliva novca

Rešavanje problema određivanja likvidnosti projekta sa datim termina priliva novca je izuzetno jednostavno. U svakom terminu priliva je potrebno odrediti iznos novca koji je dovoljan za isplate troškova u svim terminima njihovih isplata do narednog termina priliva novca. Može se posmatrati kumulativ troškova iz odgovarajućeg izveštaja pri korišćenju softvera za PM i zatim vršiti proračun neophodnih iznosa za prilive novca.

Strožija matematička definicija problema i algoritma rešavanja zahteva korišćenje odgovarajućih parametara. Neka se razmatra projekat sa projekat koji čine m aktivnosti $A_i, i \in I = \{1, \dots, m\}$. Za njihovo izvođenje je potrebno angažovati n_1 kategorija ranika B_j, n_2 tipova radnih mašina D_k i n_3 vrsta materijala $M_s, j \in J_1 = \{1, \dots, n_1\}, k \in J_2 = \{1, \dots, n_2\}, s \in J_3 = \{1, \dots, n_3\}$. Smatrajući da se materijali mogu obezbediti u potrebnim količinama, može se formulisati opšti matematički model (1)-(7) kojim se vrši minimizacija vremena trajanja projekta sa raspoloživim radnicima i mehanizacijom, uz zahtev da se obezbedi likvidnost na projektu. Korišćeni parametri imaju naredna značenja: t vremenska jedinica (v.j.) na projektu data sa [dan], T skup (v.j) na projektu, $t \in T = \{1, \dots, T_p\}, T_p$ trajanje projekta, $u_{ij}(t)$ broj radnika B_j za aktivnost A_i u $t, u_{j0}(t)$ raspoloživi broj B_j u $t, u_{ik}(t)$ broj radnih mašina D_k za A_i u $t, u_{k0}(t)$ raspoloživi broj D_k u t, t_α^+ termini priliva novca iz skupa $T^+, t_\alpha^+ \in T^+ \subset T, c_\alpha^+ = c^+(t_\alpha^+)$ iznos priliva u terminu $t_\alpha^+ \in T^+, t_\beta^-$ termini isplata troškova iz skupa $T^-, t_\beta^- \in T^- \subset T, c_i(t_\beta^-)$ troškovi aktivnosti A_i koje je potrebno isplatiti u $t_\beta^-, i \in I, t_\beta^- \in T^-, C^{cum}(t_\beta^-)$ kumulativ troškova od početka projekta zaključno sa $t_\beta^-, C^{+,cum}(t_\beta^-)$ kumulativ priliva novca od početka projekta zaključno sa $t_\beta^-, L(t_\beta^-)$ stanje novca ili likvidnost u t_β^- .

$$\underset{MD}{(\min)} T_p \dots\dots\dots (1)$$

pri ograničenjima:

$$\sum_{i \in I} u_{ij}(t) \leq u_{j0}(t), j \in J_1, t \in T \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_{i \in I} u_{ik}(t) \leq u_{k0}(t), k \in J_2, t \in T \dots\dots\dots (3)$$

$$L(t_\beta^-) = C^{+,cum}(t_\beta^-) - C^{cum}(t_\beta^-) \geq 0, t_\beta^- \in T^- \dots\dots (4)$$

dati parametri:

$$t_\alpha^+, t_\alpha^+ \in T^+ \dots\dots\dots (5)$$

$$t_\beta^-, t_\beta^- \in T^- \dots\dots\dots (6)$$

nepoznati parametri:

$$c_\alpha^+ = c^+(t_\alpha^+), t_\alpha^+ \in T^+ \dots\dots\dots (7)$$

gde:

$$C^{+,cum}(t_\beta^-) = \sum_{t_\alpha^+ \leq t_\beta^-} c^+(t_\alpha^+), t_\beta^- \in T^- \dots\dots (8)$$

$$C^{cum}(t_\beta^-) = \sum_{i \in I} \sum_{t_\beta^- \leq t_\beta^-} c_i(t_\beta^-), t_\beta^- \in T^- \dots\dots (9)$$

Definisani model pripada klasi linearnog programiranja. Funkcija kriterijuma (1) minimizira trajanje projekta imajući na umu mrežni dijagram – MD, što se ukazuje oznakom "min" (kao zamenom za matematičke relacije MD iz analize vremena na projektu). Ograničenja (2) uslovljavaju da ukupne potrebe za radnicima u t ne prelaze njihov raspoloživi broj, (3) obezbeđuje da potrebna mehanizacija u t bude u raspoloživim granicama, i sa (4) se zahteva da nenegativna u likvidnost u t_β^- .

Stav 1. Likvidnost u posmatranoj v.j. $t_\beta^-, L(t_\beta^-)$ u (4), jednaka je razlici kumulativa priliva novca i kumulativa troškova od početka projekta zaključno sa tom v.j.

Algoritam rešavanja problema

Proračun stanja novca $L(t_\beta^-)$ i utvrđivanje potrebnih iznosa c_α^+ u datim terminima t_α^+ , za određivanje nenegativne likvidnosti $L(t_\beta^-) \geq 0$ u terminima t_β^- , efikasno je vršiti primenom podesno definisanog radnog šablona sa softverom MS Excel. Moguća su dva postupka:

- (a) izvršiti eksport podataka iz softvera za PM, ako softver to podržava, u MS Excel i dalje ugraditi proračun likvidnosti.
- (b) neposredno kopirati podatke za troškove iz softvera za PM u MS Excel (ako to podržava softver za PM) ili upisati podatke za troškove i dalje definisati navedeni radni šablon.

3. ILUSTRATIVNI PRIMER

Neka se razmatra projekat sa $m = 9$ aktivnosti $A_i, i \in I = \{1, \dots, 9\}$, koje imaju zavisnosti tipa *Finish to Start* (šika 1). Koriste se $n_1 = 2$ kategorije radnika $B_j, j \in J_1 = \{1, 2\}, n_2 = 1$ tip mehanizacije $D_k, k \in J_2 = \{1\}, i n_3 = 2$ vrste materijala $M_s, s \in J_3 = \{1, 2\}$. Određeni su potrebni podaci za resurse na aktivnosti (tabela 1.1, 1.2 i 1.3).

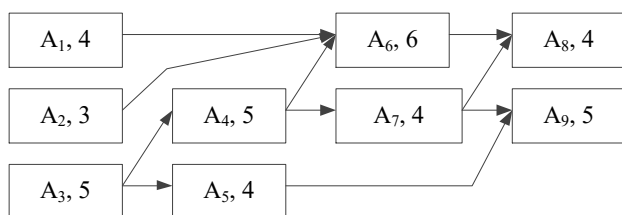
Slika 1. Mrežni dijagram projekta sa vremenima t_i

Tabela 1.1. Polazni podaci (Deo 1)

A_i	t_i	W_i	B_1	B_2	D_1
			W_{i1}	W_{i2}	\underline{W}_{i1}
A_1	4	960	960	-	-
A_2	3	576	-	576	-
A_3	5	3.120	1.680	1440	-
A_4	5	960	960	-	-
A_5	4	1.152	-	-	1.152
A_6	6	1.440	-	1.440	-
A_7	4	2.112	768	1.152	192
A_8	4	1.344	768	-	476
A_9	5	1.200	-	-	1.200
Σ	40	12.864	5.136	4.608	3.120

Tabela 1.2. Polazni podaci (Deo 2)

A_i	B_1	B_2	D_1	M_1	M_2	c_i
	u_{i1}	u_{i2}	\underline{u}_{i1}	M_{i1}	M_{i2}	
A_1	5	-	-	80	-	343,60
A_2	-	4	-	30	-	215,80
A_3	7	6	-	50	120	1.075,80
A_4	4	-	-	120	-	385,80
A_5	-	-	-	-	48	431,77
A_6	-	5	6	-	120	626,28
A_7	-	6	1	160	-	793,01
A_8	4	-	3	-	60	476,05
A_9	-	-	5	-	50	457,72
Σ	20	21	15	440	398	4.789,99

Tabela 1.3. Polazni podaci (Deo 3)

B_1	B_2	D_1	M_1	M_2
$c_1^B = 0,25$	$c_1^B = 0,30$	$c_1^D = 0,30$	$c_1^M = 1,00$	$c_2^M = 1,25$
$u_{10} = 10$	$u_{20} = 8$	$\underline{u}_1 = 6$	-	-

Trajanje aktivnosti t_i dato je sedmicama. Dnevne potrebe radnika i mehanizacije (u_{ij} i \underline{u}_{ik}) za aktivnosti proračunate su na osnovu zadatih brojeva časova angažovanja (W_{ij} i \underline{W}_{ik}). Za materijale su definisane ukupne količine M_{is} na odgovarajućim aktivnostima. Jedinični troškovi resursa (c_j^B , c_k^D i c_s^M) su iskazani novčanim jedinicama (n.j.) za 1 čas. normalnog radnog

vremena radnika B_j i mehanizacije D_k , odnosno za jedinicu materijala M_s . Ovi troškovi su poznati na početku 2015. godine. U cilju ilustracije promenljivih troškova u vremenu, neka sve vrste troškova imaju rast 3% u mesecu juli 2015. godine i novih 2% u mesecu oktobar 2015. godine.

Usvojen je početak projekta 01-06-2015. godine i proračunati su troškovi c_i za aktivnosti koji određuju

minimalne troškove projekta $C^{\min} = 4.789,99$ n.j. za najranije početke aktivnosti u planu bez razmatranja ograničenja za radnike i mehanizaciju. Alokacija troškova u vremenu svake aktivnosti vrši se metodom „Prorate“ (proporcionalno izvedenim radovima). Softver MS Project određuje minimalno trajanje projekta $T_p^{\min} = 120$ dana i završetak projekta 13-11-2015. Koristi se „standardni kalendar“: 8 čas. dnevno normalno radno vreme i 5 radnih dana u sedmici.

Potrebno je sačiniti plan projekta sa $u_{10} = 10$ i $u_{20} = 8$ radnika, i $\underline{u}_1 = 6$ identičnih radnih mašina. Uslovi za isplate troškova, prilive novca i likvidnost su sledeći:

- Isplata troškova vrši se u poslednjem radnom danu svakog meseca, odnosno na kraju projekta za poslednji mesec,
- Nenegativna likvidnost je potrebna u terminima za isplate troškova, dok ostali termini mogu imati negativne likvidnosti,
- Novac iz svakog priliva mora biti raspoloživ najmanje dva radna dana pre isplate troškova, t.j. termin svakog priliva mora biti dva radna dana pre isplate troškova u mesecu razmatranog priliva,
- Prvi priliv je na kraju početnog meseca projekta,
- Naredni prilivi su svakog drugog meseca i na kraju projekta.

Proizilazi da svaki termin priliva mora biti dva radna dana pre isplate troškova u mesecu secu sa tim prilivom. Dalje, svaki priliv mora obezbediti dovoljno novca za isplatu troškova koji se obračunavaju u najmanje dva meseca, ali se jednim prilivom može vršiti isplata troškova za duži vremenski period.

Nivelisanje radne snage i mehanizacije pomera aktivnosti $i = 1,2,6,8$. Projekat ima duže trajanje $T_p^* = 144$ dana, završetak 17-12-2015 i rast troškova na $C_p^* = 4.806,82$ (n.j.). Naime, aktivnosti $i = 1,2$ prelaze u periode sa većim troškovima resursa, te imaju $c_1^* = 343,60$ i $c_2^* = 222,46$ n.j. Aktivnosti $i = 6,8$ se pomeraju duž perioda bez promena troškova i one zadržavaju početne troškove. Primenom izloženog algoritma određuju se potrebni iznosi priliva novca i stanje novca u svakom mesecu (tabela 2). Troškovi i stanje novca mogu se posmatrati i po sedmicama (slika 2). Uočava se negativno stanje novca u sedmicama bez isplata troškova.

4. ZAKLJUČAK

Radom je ukazano na osnovne varijante problema planiranja priliva novca u toku projekta sa ciljem da se obezbedi likvidnost u terminima za isplate troškova. Data je opšta matematička formulacija kada su zadati termini priliva novca i algoritam određivanja potrebnih iznosa za svaki priliv. U praksi se model može proširiti novim zahtevima. Napr., obezbediti minimalne rezerve novca u terminima isplata. Ilustruje se uslov da rezerva novca bude najmanje 10% od troškova u mesecu (tabela 3).

Tabela 2. Rešenje problema (MS Excel radni šablon)

Mes.	t_{α}^{+}	c_{α}^{+}	$C^{+,cum}$	t_{β}^{-}	$C^{-,cum}$	L
Jun	26	1.939	1.939,00	30	782,47	1.156,53
Jul	-	-	1.939,00	31	1.938,69	0,31
Avg	27	1.442	3.381,00	28	2.657,68	723,32
Sep	-	-	3.381,00	30	3381	0,00
Okt	28	1.174	4.555,00	30	4.100,95	454,05
Nov	-	-	4.555,00	27	4.554,61	0,39
Dec	15	257,48	4.812,48	17	4.812,48	0,00

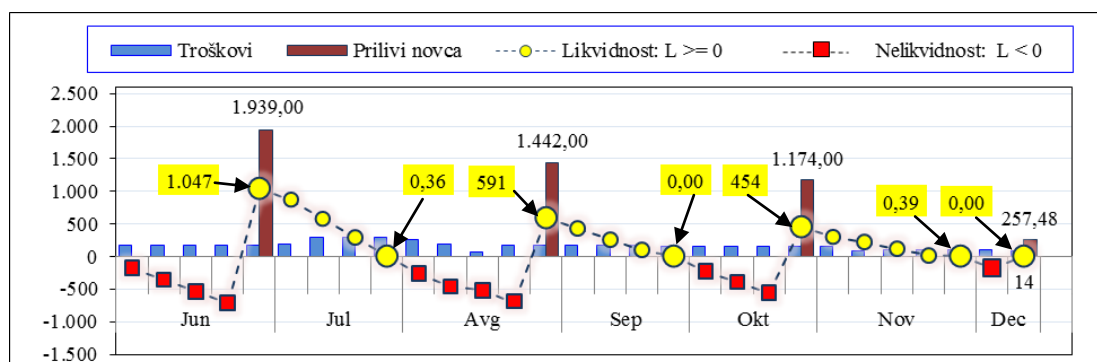
Navedeni problemi planiranja likvidnosti mogu nastati na bilo kom kompleksnom projektu sa visokim troškovima. Svakako, nije dovoljno samo sačiniti plan projekta. Potrebno je pratiti realizaciju aktivnosti i ostvareni priliv novca, uz što realnije previđanje elemenata za nastavak projekta. Analogno sugestijama u [6], neophodne su odgovarajuće izmene u planu, ako se ne ostvari planirani priliv novca i (ili) planirano izvođenje aktivnosti.

LITERETURA

[1] Hendrickson, C. (2008) *Project Management for Construction*, Department of Civil and

Environmental Engineering, Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

- [2] Meredith, J. R. et al., (2013) *Project Management in Practice*, 5th ed., Hoboken: John Wiley & Sons.
- [3] Nikolić I., Krčevinac S. i dr. (1998) *Upravljanje projektima i korišćenje CA-Super Project 2*, RTB Bor, Institut za bakar, Bor.
- [4] Tersine, R. J. (1982) *Principles of Inventory and Materials Management*, North Holland, New York
- [5] Božilović, Z., Nikolić, N. (1015) „Liquidity planning of construction project with given formation dynamics of budget and constraints for labor and mechanization“, *Annals of the Oradea University*, Volume XXIV (XIV), 2015/3, pp. 33-38, http://www.imtuoradea.ro/auo_fmte/
- [6] Nikolić, I., Božilović Z. and Nikolić N. (2012) „Project liquidity planning with the expected and achieved budget dynamics“, In: *Proceedings of the 3rd International Conference - Life Cycle Engineering and Management*, Belgrade, pp. 77-87.
- [7] Lester, A. (2007) *Project management, planning and control*, Amsterdam: Elsevier, pp. 165-175.
- [8] Nikolić, I. (2007) „Modeli nivelisanja resursa i planiranja nabavki sirovina na projektu“, *IIPP, Naučno-stručni časopis Istraživanja i projektovanja za privredu*, Beograd: Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, (18) 25-28.
- [9] Kähkönen, K. (1999) „Multi-character model of the construction project definition process.“ *Automation in Construction* 8 (6): 625–32.
- [10] Rajkov, M. i Nikolić I. (1999) „Proširenje standardne metodologije Project Managementa sa planiranjem i kontrolom toka novca“, *Zbornik radova, YUPMA '99, III Međunarodni simpozijum iz projektog menadžmenta*, Zlatibor, str. 142-146.
- [11] Stukhart, G. and L. C. Bell, (1987) „Costs and Benefits of Materials Management Systems“, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 113 (2): 222-234.



Slika 2. Troškovi projekta, priliv novca i stanje novca po sedmicama

Tabela 3. Ostvarivanje rezervi novca u iznosima najmanje 10% od isplata troškova po mesecima

Meseci 2015. g.	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Ukupno	Ostatak novca na kraju projekta $L(\text{Dec}) = 26,52$
Prilivi novca, c_{α}^{+}	2.055,00	-	1.400,00	-	1.145,00	-	239,00	4.838,62	
Likvidnost, L	1.272,53	116,31	797,32	74,00	499,04	45,38	26,52	-	

MOBILNO BANKARSTVO – PRIMENA I SIGURNOST MOBILE BANKING – APPLICATION AND SECURITY

Milos Ilić¹, Žaklina Spalević², Petar Spalević¹, Mladen Veinović²
Fakultet Tehničkih nauka Kosovska Mitrovica, Univerzitet u Prištini¹
Univerzitet Singidunum, Beograd²

Sadržaj – Pogodnosti prenosivih i pametnih uređaja kao što su mobilni telefoni i tableti dovele su do njihove primene u svim sferama društva. Upotreba ovakvih uređaja omogućila je razvoj i primenu različitih vidova elektronskog bankarstva. Jedan od servisa koji je sve više u upotrebi jeste i mobilno bankarstvo. Mobilno bankarstvo kao takvo ima karakteristike elektronskog bankarstva, ali nudi i dodatne mogućnosti. Kako ovakva primena zahteva upotrebu postojeće telekomunikacione infrastrukture i kako je stalno na meti zlonamernih korisnika postavlja se i pitanje stepena sigurnosti korisnika ovakvih aplikacija. U radu je opisana primena mobilnog bankarstva, dat je pregled tehnologija koje se mogu naći u upotrebi, sigurnosni mehanizmi koji se koriste u cilju zaštite korisnika, kao i zakonski aspekti zaštite svih učesnika u mobilnom elektronskom bankarstvu.

Abstract - Advantages of portable and smart devices such as mobile phones and tablets led to their application in all aspects of society. The use of such devices has enabled the development and usage of various forms of electronic banking. One of the services that are increasingly used is the mobile banking. Mobile banking has the characteristics of electronic banking, but offers additional possibilities. Usage of existing telecommunications infrastructure and the fact that these applications are constantly targeted by malicious users raises the question regarding level of their safety. This paper describes the use of mobile banking, gives an overview of technology and security mechanisms used to protect users, as well as the legal aspects of the protection of all participants in the mobile e-banking.

1. UVOD

Razvojem informacionih i telekomunikacionih tehnologija stvorili se se uslovi da se klijenti i tokovi informacija povežu što brže i jednostavnije. Svakodnevna pojava novih banaka i sve jača konkurencija između postojećih dovodi do toga da su finansijske organizacije pod stalnim pritiskom da zadrže korisnike svojih usluga. Pojam elektronskog bankarstva predstavlja upotrebu novih tehnoloških rešenja, kako bi se omogućilo da korisnici sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme obavljaju novčane transakcije korišćenjem računarskih mreža. Generalno postoje dva načina realizacije svih vidova elektronskog bankarstva. Prvi način je da banka koja poseduje fizičke filijale svojim korisnicima omogući korišćenje servisa elektronskog bankarstva putem računarskih mreža i pametnih uređaja [1]. Drugi način realizacije elektronskog poslovanja predstavljaju virtualne banke. Ovakve banke nude svojim korisnicima potpuni

pristup i kontrolu svojih računa i transakcija bez odlaska u filijalu putem elektronskih servisa. Mana ovakvog poslovanja javlja se kada korisnik ima zahtev da fizički preuzme svoj novac, što se rešava potpisivanjem ugovora banke o poslovno tehničkoj saradnji sa bankama koje imaju fizičke filijale. Jedan od servisa koji se nudi u okviru elektronskog bankarstva jeste i mobilno bankarstvo. Mobilno bankarstvo podrazumeva korišćenje mobilnih uređaja za pružanje usluga koje klijenti mogu da koriste, a koje se generalno svrstavaju u tri osnovne grupe. Prva grupa predstavlja servise uz pomoć kojih klijenti mogu da koriste usluge i proizvode vezane za račun koji poseduju kod banke. To znači da klijenti mogu da obavljaju transfere novca, izdaju trajne naloge za plaćanje računa, prenos novca na pod račune, prijavljivanje polise osiguranja i slično. Druga grupa predstavlja usluge koje se odnose na kupovinu ili prodaju hartija od vrednosti, akcija, itd. Jednom rečju ovde se mogu svrstati brokerske usluge. Treću grupu usluga predstavljaju informativne poruke. Pod ovim porukama se podrazumevaju informacije vezane za račune klijenata (upite stanja, poslednje transakcije, informacije o kreditnim karticama, lokacije bankomata i ekspozitura, kursne liste ...). Osnovna karakteristika mobilnih uređaja koji su u upotrebi jeste da su prenosivi i raspoloživi u bilo koje vreme na bilo kom mestu [2]. Mobilni servisi su dodali element mobilnosti konvencionalnim elektronskim bankarskim servisima koji se mogu realizovati preko fiksnih mreža. Učesnici u mobilnim plaćanjima su mobilni operateri, banke i druge finansijske institucije, trgovci i potrošači. Cilj ovog rada je napraviti pregled trendova primene mobilnog bankarstva na različitim platformama kao i implementirana softverska rešenja zaštite učesnika u komunikaciji. Kako svaki vid bankarstva mora da počiva na unapred definisanim pravima i obavezama svih učesnika u transakcijama jedan od ciljeva je i poredjenje važećih zakonskih regulativa u ovom domenu.

2. TEHNOLOGIJE MOBILNOG BANKARSTVA

Postojeći servisi mobilnog bankarstva koje banke nude svojim klijentima koriste različite komunikacione kanale i različite tehnologije. Govorna pošta pomoću IVR (Interactive Voice Response) omogućava interakciju klijenta i banke kroz pozivanje IVR broja [3]. Na ovaj način korisnik može dobiti pregled stanja, prometa i transakcija na svojim računima, ali i saznati više o uslovima poslovanja i ponudi banke. Takođe može dobiti i savet za rešavanje nekog tehničkog problema vezanog za korišćenje usluga mobilnog bankarstva. SMS, kao vrlo popularan mobilni servis, koristi se za obaveštavanje korisnika o stanju na računima ili o eventualnim prilivima.

Poslednjih godina uvedena je i usluga prenosa novca slanjem SMS poruke, pri čemu je potrebno da su oba računara otvorena kod iste banke ili da su korisnici istih platnih kartica [4]. Bežični pristup ili WAP (Wireless Access Protocol) limitira korisnika da za korišćenje mobilnih bankarskih servisa mora da bude u domenu mrežne pokrivenosti. WAP je klijent – server aplikacioni standard za mobilne uređaje i website severe. Mobilni WAP terminali koriste mikro pretraživače na kojima se nalaze potrebne aplikacije za sve mobilne transakcije. Da bi se osigurala kompatibilnost nad različitim strukturama bežične mreže, WAP obezbeđuje različite protokole tako da aplikacije mogu da rade nezavisno. Danas se ovaj protokol koristi za većinu sajtova za mobilne uređaje koji su poznati pod nazivom WAP sajtovi [5]. WAP mobilno internet bankarstvo nudi korisnicima slično iskustvo i pogodnosti kao i osnovno internet bankarstvo. Sistem sigurnosti i nadgledanja upotrebe ovakvih aplikacija je sličan kao kod internet bankarstva. Samostalne klijentske mobilne aplikacije (Standalone Mobile Application Clients) su aplikacije koje omogućavaju izvršenje složenih bankarskih transakcija, sa najvećim stepen zaštite klijentskih podataka. Veoma lako se mogu prilagoditi u zavisnosti od složenosti korisničkog interfejsa obezbeđenog mobilnim uređajem. Ovakve aplikacije omogućavaju implementaciju sigurnog i pouzdanog komunikacionog kanala [7]. Rad aplikacija zahteva da mobilni uređaj podržava neki od razvojnih okruženja kao što je recimo J2ME, koji je industrijski standard za primenu mobilnih aplikacija, i zahteva da mobilni uređaj podržava Javu kao razvojni alat [6]. Problem koji se javlja jesu različite platforme na kojima rade različiti uređaji. J2ME grupiše API-e za mobilne uređaje koji imaju sličnu funkcionalnost u takozvane profile. S druge strane brzi razvoj mobilnih uređaja različitih funkcionalnosti dovodi do postojanja velikog broja profila, što znatno povećava troškove razvoja.

3. SIGURNOST MOBILNIH APLIKACIJA

Pomenute tehnologije koje su u upotrebi kod realizacije mobilnog bankarstva moraju obezbediti adekvatnu sigurnost klijentskih podataka i transakcija. Kako različiti servisi koriste različite kanale komunikacije između klijentske aplikacije i banke različiti načini zaštite moraju biti obezbeđeni. Prvu grupu predstavljaju mehanizmi koji obezbeđuju sigurnost komunikacije ostvarene putem SIM kartice i GSM mreže. GSM mreže imaju sigurnosni mehanizam koji sprečava kloniranje SIM kartice i ilegalno korišćenje uređaja. Ovakva zaštita je obezbeđena je paralom autentifikacijom i enkripcijom podataka koji se prenose putem mreže. Autentifikacija SIM kartice se pokreće kada mobilna stanica pokušava da se konektuje na mrežu ili kada je terminal uključen. Autentifikacija SIM kartice zavisi od tajnog ključa koji je razmenjen između SIM kartice i AUC (Authentication Centers). Ovaj ključ je ugrađen na SIM karticu tokom proizvodnje od strane proizvođača, ali je takođe repliciran i u AUC. U cilju autentifikacije AUC generiše random broj koji se šalje pretpatniku. Tajni ključ sa SIM kartice i kreirani random broj se koriste za generisanje broja koji nosi naziv SRES (Signed RESponse) uz pomoć A3/A8 algoritma.

Ako se SIM SRES poklapa sa AUC SRES onda je autentifikacija uspešna. Problem sa A3 i A8 algoritmima je taj što oni zapravo nisu enkripcioni algoritmi već koriste COMP128 algoritam za enkripciju. Komunikacioni mehanizam koji se koristi kao zamena za ovaj algoritam i koji bi trebalo da reši ove probleme je GPRS. Problemi ovog tipa moraju biti otklonjeni kako bi se ovaj mehanizam masovno koristio za mobilno bankarstvo. Ukoliko se radi o servisima koji se zasnivaju na upotrebi sesije kao što je slučaj slanja SMS-a sa korisničkim menijem i komunikaciji između klijenta i operatera putem odabira opcije iz menija može se obezbediti dodatan tajni ključ. U ovom slučaju AUC i SIM izračunavaju tajni ključ pomoću istih polaznih vrednosti primenom A5 algoritma. Ovakvo generisani ključ će se koristiti kod enkripcije i dekripcije komunikacione sesije. Grupa A5 algoritama enkripcije se koristi da spreči slučajne upade tako što enkriptuje komunikaciju između klijentskog uređaja i bazne stanice. Nad A5/1 algoritmom koji se koristi u zapadnim zemljama i koji važi za algoritam koji obezbeđuje jaku enkripciju sproveden je obrnuti inženjering i došlo je do njegovog probijanja. Razbijanjem enkripcije koju obezbeđuje A5/2 došlo se do A5/0 algoritma koji uopšte ne vrši enkripciju podataka. Svi ovi nedostaci dovode do zaključka da je zlonamerno presretanje ili upad u komunikaciju između uređaja i bazne stanice uvek moguće. Kako se ovi algoritmi koriste i u GPRS tehnologiji koja se nalazi kao envelop oko GSM-a, njihovo probijanje pokazuje da je i ovakav pristup nesiguran za mobilno bankarstvo.

Drugu grupu sigurnosnih mehanizama predstavljaju mehanizmi koji se nalaze iza aplikacija koje koriste WAP servise i Internet za uspostavljanje komunikacije između klijentske aplikacije i banke. WAP model ima sličnu strukturu kao mrežni OSI model. Kako je realizovan kao OSI model enkripcija i autentifikacija je obezbeđena preko WTLS (Wireless Transport Layer Security) nivoa, dok je sigurnost bazirana na SSL (Secure Sockets Layer) protokolu. Generalno ovaj protokol je dizajniran za potrebe industrije i ima unapred zadatu namenu [8]. Ovaj protokol je dizajniran tako da zapravo predstavlja dva nivoa protokola. Osnovna uloga SSL protokola je da obezbedi sigurnosne servise protokolima višeg nivoa koji se nalaze iznad njega. U TCP/IP strukturi protokol steka SSL protokol se nalazi između protokola višeg nivoa i TCP protokola [9]. Handshake je protokol koji se nalazi u sklopu SSL protokola i može se slobodno reći da je ovo najkompleksniji deo SSL protokola. Handshake je našao primenu u domenu računarske komunikacije koji je uvek najranjiviji, a to je komunikacija između servera i klijenta. Ovaj deo SSL protokola obezbeđuje svu potrebnu enkripciju putem MAC algoritama. Pored toga obezbeđuje kriptografske ključeve koji su potrebni kako bi se zaštitili podaci koji se šalju putem SSL zapisa. Heš ključ kod za autentifikaciju poruke ili takozvani HMAC predstavlja jedan od načina kodovanja koji se mogu koristiti za proces u kome se ustanovljava da li je dobijena poruka autentična. On se dobija korišćenjem kriptografskih heš funkcija u kombinaciji sa tajnim ključem. Ovime se može istovremeno potvrditi integritet podataka i autentičnost poruke. U tu svrhu može se koristiti bilo koja

kriptografska heš funkcija kao što je na primer Tirger Hash, MD5 ili SHA-1. Kriptografska snaga HMAC-a zavisi od kriptografske snage heš funkcije koje čine njegovu osnovu, od veličine ključa kao i od dužine heš izlaza u bitovima. Drugi problem može predstavljati korišćenje dvofaktorske autentifikacije/autorizacije na pogrešan način. Nije redak slučaj da mobilne aplikacije koriste kao dodatnu proveru korisnika ili naloga za plaćanje SMS poruku, a kao glavnu PIN ili lozinku. Ukoliko je napadač uspeo da stekne kontrolu nad prvim faktorom (sazna PIN / lozinku) mobilne aplikacije, SMS koji će mu stići na ukradeni mobilni uređaj vlasnika potpuno gubi bezbedonosnu funkciju. Ovakve forme napada se mogu sprečiti vezivanjem aplikacije za neko svojstvo mobilnog uređaja, mada se taj sistem pokazao nepraktičnim za korisnika. Noviji koncept zaštite koji se pojavio jeste korišćenje biometrije kao dodatne kontrole pristupa mobilnoj aplikaciji. Savremeni mobilni uređaji sadrže biometrijske senzore koje je veoma teško prevariti. Naravno, potrebno je vreme da bi se takve tehnike afirmisale kao sigurne i dostupne prosečnom korisniku i navele autore aplikacija iz sfere mobilnog bankarstva da im veruju.

4. ZAKONSKE REGULATIVE M-BANKARSTVA

Uslovi poslovanja banaka, kao i prava i obaveze klijenata i davaoca usluga moraju biti regulisani zakonom, kako bi se svi učesnici zaštitili. U Srbiji, najvažniji elementi koje mora da poseduje sistem elektronskog bankarstva propisani su *Odlukom o minimalnim standardima upravljanja informacionim sistemom finansijske institucije*. Ovom odlukom utvrđuju se minimalni standardi i uslovi stabilnog i sigurnog poslovanja koji se odnose na upravljanje informacionim sistemima u bankama, društvima za osiguranje, davaocima finansijskog lizinga i društvima za upravljanje dobrovoljnim penzionim fondovima. U delu pod nazivom *Elektronsko bankarstvo* predviđeno je da je banka dužna da u poslovima elektronskog bankarstva primeni sigurne i efikasne metode za proveru i potvrdu identiteta i ovlašćenja lica, procesa i sistema, da obezbedi da autentifikacija korisnika uključi kombinaciju najmanje dva elementa za potvrđivanje korisničkog identiteta, kao i da obezbedi potvrdu svog identiteta kako bi korisnici mogli da provere autentičnost banke. Banka je dužna da obezbedi postojanje odgovarajućih operativnih i sistemskih zapisa kako bi se u odgovarajućoj meri obezbedila neporecivost i dokazivost radnji u vezi sa elektronskim bankarstvom [11]. Da bi se pristupilo korišćenju usluge mobilnog bankarstva, neophodno je da korisnik usluge potpiše *Ugovor o korišćenju usluge mobilno bankarstvo za fizička lica*. Radi sigurnosti obavljanja transakcija, banka korisniku usluge dodeljuje jednokratni kod za aktivaciju softverskog tokena koji je otvaranjem usluge instaliran na korisnikov mobilni uređaj. Korisnik usluge je dužan da koristi sigurnosni uređaj (mobilni uređaj) na način propisan uputstvima banke, da ga čuva od oštećenja i neovlašćenog korišćenja. Korisnik usluge je dužan da čuva sve lozinke koje koristi u radu sa uslugom koja mu se dodjeljuje nakon otvaranja usluge. Eventualnu štetu nastalu nepridržavanjem ovih

odredbi snosi korisnik usluge. Tajnost i zaštita elektronskog novca propisana je članom 74 i 75 *Zakona o platnim ulugama* [12]. Pomenutim članom 74. definisana je tajnost podataka o platnim uslugama. Ovim članom jasno su definisane odredbe po kojima obaveznik čuvanja poslovne tajne može trećim licima dostaviti podatke koji se smatraju poslovnom tajnom. Prema ovom članu poslovnom tajnom smatraju se podaci do kojih je u toku poslovanja došao pružalac platnih usluga, a odnose se na korisnika platnih usluga, uključujući i podatke o njegovoj ličnosti, kao i podaci o platnoj transakciji i stanju i promenama na platnom računu korisnika platnih usluga. Obaveza čuvanja poslovne tajne iz stava 1. ovog člana za obveznike čuvanja te tajne ne prestaje ni posle prestanka statusa na osnovu kog su ostvarili pristup podacima koji su predmet tajne. Veoma često korisnici mobilnog bankarstva i mobilne trgovine nisu dovoljno upućeni o svojim pravima i obavezama prema davaocu usluga. Ova uobičajena greška samih korisnika je posledica neposvećivanja dovoljno pažnje sadržaju ugovora koji potpisuju, kao i obaveštenjima koja dobijaju prilikom prvog pokretanja neke elektronske usluge. Banka zadržava pravo izmene opštih uslova poslovanja. Ukoliko pak banka izmeni uslove poslovanja, izmenjeni uslovi poslovanja moraju biti javno dostupni korisniku i on mora biti obavešten o nastalim izmenama. Zakonski i podzakonski akti jasno definišu prava i obaveze kako banaka, tako i njihovih korisnika kako kod nas tako i u svetu. Ukoliko dođe do neželjenog propusta, problem koji se može javiti jeste zataškavanje istih od strane banki radi čuvanja sopstvenog ugleda. Takođe, problem koji se javlja jesu institucije koje bi trebale nastale propuste i štetu nanetu korisnicima istražiti i pronaći odgovorne.

5. ZLOUPOTREBE MOBILNOG BANKARSTVA

Jedna od najpoznatijih prevara za koju je korišćeno elektronsko ili mobilno bankarstvo jeste unovčavanje najmanje trideset dva Western Union čeka. Svaki od čekova bio je na iznos između 195 i 500 dolara, prema zvaničnom izveštaju policije. Prema navodima policije prestupnik bi nakon kupovine u prodavnici deponovao uplatnicu na štedni račun *Bank of America* putem mobilnog depozita [13]. Kasnije bi se vratio i unovčio ček. Korišćena tehnologija u ovom slučaju poznata je kao mobilno daljinsko preuzimanje depozita (mRDC) koja omogućava koricima da bankarski ček deponuju, putem slike čeka poslate sa mobilnog telefona. Rizik za finansijske institucije koje omogućavaju mRDC je da kupac zadržava proveru papira, a potencijalno može da ga deponuje ponovo u drugim institucijama. U prevari koja se odigrala u Indiji, prevaranti su podigli veću svotu novca sa bankovnog računa lekara i prebacili novac na razne račune. Policija je registrovala slučaj i istragom je utvrđeno da je iznos povučen 30. i 31. Marta 2012. godine sa računa lekara u banci Axis i prebačen na raznim računima banaka van Kerala [15]. Prevaranti su uspeli da kreiraju duplikat SIM kartice dr Shabeer Khan R Rovthara, a zatim blokirali njegov broj, a duplikat kartice je korišćen kako bi se počinila prevara. Jedan od napada na sigurnosne mehanizme koji koriste SMS kao kanal za slanje sigurnosnih kodova registrovan je od strane

proizvođača antivirusa kompanije Kaspersky. Oni su pronašli na *Google Play* nekoliko malicioznih aplikacija za Android koje kradu mTAN brojeve (mobile transaction authentication) koje banke šalju svojim klijentima putem SMS poruka. Mnoge banke koriste mTAN brojeve kao zaštitni mehanizam za sprečavanje transfera novca sa kompromitovanih bankovnih računa. Kada otpočne proces transakcije novca sa online bankovnog računa, banka šalje jedinstveni kod nazvan mTAN putem SMS poruke na broj mobilnog telefona vlasnika računa. Vlasnik računa unosi poslani kod u za to određeno polje na web sajtu banke kako bi transakcija bila omogućena. Da bi savladali ovu prepreku, kriminalci su razvili zlonamerne mobilne aplikacije koje automatski sakrivaju SMS poruke koje su povezane sa brojevima napadnutih banaka i krišom šalju takve poruke na servere koji su pod njihovom kontrolom. Kako bi ubedili žrtve da preumu njihove aplikacije koristili su taktike slanja lažnih email-ova ili prikazivanje lažnih obaveštenja prilikom pristupa sajtu banke sa zaraženih računara. Ova obaveštenja su savetovala instaliranje ovih aplikacija u cilju zaštite korisnika. Aplikacije koje kradu SMS poruke su ranije najčešće bile povezane sa bankarskim Trojancima *Zeus-in-the-Mobile* (ZitMo) i *SpyEye-in-the-Mobile* (SpitMo). Ovo prvi slučaj da je mobilna komponenta specijalno razvijena za malver *Carberp*. Kako su ove aplikacije plasirane u najvećem broju slučajeva na teritoriji Rusije i primenjene nad korisnicima ruskih banki, Ruske vlasti su uhapsile odgovorne za tri najveće operacije malvera *Carberp*. Ipak, kriminalne grupe su nastavile da koriste *Carberp* i da prodaju malver na crnom tržištu po ceni koja se kreće od 5000 do 40000 dolara, zavisno od verzije malvera i njegovih funkcionalnosti. Navedeni primeri pokazuju da se korisnici mobilnih aplikacija nikada ne mogu potpuno zaštititi i da uvek postoji potencijalna opasnost od zloupotrebe ovih aplikacija.

6. ZAKLJUČAK

Različite usluge mobilnog bankarstva koje se nude korisnicima mobilnih uređaja dizajnirane su tako da olakšaju svakodnevni život i rad ljudi. Uvid u stanje na račun, plaćanje računa, prenos novca sa jednog na drugi račun preselili su se od čekanja u filijali banke na jedan klik od korisnika. S druge strane ovakve usluge moraju se zaštititi jer koriste tehnologije koje su veoma često na meti napadača. Kako smo u radu pokazali različite mehanizme zaštite korisnike u zavisnosti od različitih softverskih i tehničkih rešenja može se zaključiti da se na ovom polju neprestano mora raditi. Kriptografski algoritmi koji su trenutno u primeni daju dovoljan stepen sigurnosti ali takođe je pitanje vremena kada će biti probijeni. Zbog svega toga korisnici ovih usluga kao i banke sa svog aspekta odgovornosti kod svakog pristupa ili transakcije moraju biti oprezni. Takođe i jedni i drugi na pojavu bilo kakve sumnjive aktivnosti ili potencijalne pretnje moraju reagovati blagovremeno. Kako bi se zlonamerni korisnici sankcionisali institucije koje se bave ovim poslom trebaju sprovesti zakonske regulative onako kako je to predviđeno zakonom. Najveći stepen sigurnosti i uspešne primene mobilnog bankarstva može se ostvariti samo ukoliko svi učesnici daju svoj doprinos.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Vlade Republike Srbije u okviru projekta TR 32023 i TR 35026.

LITERATURA

- [1] Hadžić M., Mladenović V. "Mobilno bankarstvo u Srbiji, stanje i potencijal", Zbornik radova, Sinteza, str. 125-129, Beograd, 2014.
- [2] Board of Governors of the Federal Reserve System, "Consumers and Mobile Financial Services", Washington, DC 20551, 2014.
- [3] Sanader D. "Mobilno bankarstvo: Novi trend u savremenom bankarskom sektoru", Bankarstvo, vol 5, str. 86-109, 2014.
- [4] Petrova K. "Mobile banking: background, services and adoption", In Delener, N. & Chao, C.-N. (eds), "Beyond Boundaries". Proceedings of the 2002 GBATA International Conference, pp. 928-939, 2002.
- [5] Paro, D. "Wireless application protocol (WAP): What is it all about...How does it work", SANS Institute 2001.
- [6] Banerjee K., Rana M., Mahfuz M., Khan A. "Mobile Banking and Payment System Using Bluetooth Media", International Journal of Video & Image Processing and Network Security IJVIPNS-IJENS Vol: 11 No: 05, pp. 1-8, 2011.
- [7] Otair M., Tarawneh H. "Mobile Banking Based on Stand-alone Mobile Application Clients", Journal of Information & System Management, vol. 1, num. 2, pp. 47-59, 2011.
- [8] McNub C. Network Security Assessment, O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 2nd edition, 2007, pp. 102-196.
- [9] Veinović M., Jevremović A. Računarske mreže, Fakultet za informatiku i računarstvo, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2011.
- [10] Wagner D. "GSM Cloning", Smartcard Developer Association and ISAAC security research group.
- [11] Odluka o minimalnim standardima upravljanja informacionim sistemom finansijske institucije, Službeni glasnik RS, br. 23/2013 i 113/2013.
- [12] Zakon o platnim uslugama, Službeni glasnik RS, br. 139 /2014.
- [13] Krebs B. "Double Cashing With Mobile Banking", KrebsSecurity, 2012.
- [14] Maslennikov D. "Carberp-in-the-Mobile", SecureList, 2012.
- [15] NDTV, "Bank Fraud Case", <http://www.ndtv.com/topic/bank-fraud-case>, 2012.

INHARMONIČNOST VELIKE OKTAVE STEINWAY B KLAVIRA

INHARMONICITY OF GREAT OCTAVE OF THE PIANO STEINWAY B

Zoran Milivojević¹, Dejan Blagojević¹, Ivana Milošević², Darko Brodić²
Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija¹
ETŠ Mija Stanimirović, Niš, Srbija²
Tehnički fakultet, Bor, Srbija³

Sadržaj – U prvom prvom delu rada opisana je inharmoničnost kod žičanih muzičkih instrumenata. U drugom delu rada opisan je algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti. Nakon toga izvršena je procena inharmoničnosti velike oktave klavira Steinway model B. Rezultati su prikazani pomoću tabela i grafički. Na kraju je izvršena komparativna analiza inharmoničnosti sa drugim klavirima.

Ključne reči: Fundamentalna frekvencija. Harmonik. Inharmonik.

Abstract – In the first part of the paper describes inharmonicity of musical instruments with string. In the second part of the paper an algorithm for determination of coefficient of inharmonicity is described. After that, coefficient inharmonicity of great octave of Steinway piano model B is carried out. Results are shown in tables and graphs. Finally a comparative analysis of coefficient inharmonicity with other pianos are made.

Keywords: Fundamental frequency. Harmonic. Inharmonic.

1. UVOD

Žičani muzički instrumenti proizvode ton, odnosno generišu akustički talas oscilovanjem žice. Žica vibrira sa osnovnom frekvencijom koja zavisi od dimenzija žice (dužina i prečnik), materijala od koga je žica napravljena kao i od sile zatezanja. Pored osnovne frekvencije, zbog složenog oscilovanja žice (javljanje talasa na 1/2, 1/4, 1/8, ... dužini žice) javljaju se akustičke komponente talasa na frekvencijama koje predstavljaju celobrojne umnoške osnovne frekvencije. U tehnici se ove spektralne komponente nazivaju harmonicima. Teorija muzike složenu strukturu oscilovanja žice i generisani ton opisuje pomoću alikvota (**lat.** *aliquoties*, nekoliko puta), gde alikvoti predstavljaju harmonične komponente generisanog tona. Detaljna matematička analiza pokazuje da se u sastavu jednog tona preko alikvota sadrže svi tonovi (aliquoti raznih tonova se međusobno preklapaju). Različiti broj prisutnih alikvota i njihova različita relativna jačina u sklopu ukupnog zvučanja, određuju boju zvuka [1]. Alikvoti se nazivaju i parcijalnim tonovima, odnosno parcijalima (**engl.** *partials*).

Detaljnija analiza oscilovanja žice pokazuje da, usled parametara žice i sile zatezanja, frekvencije harmonika nisu sa celobrojn timer umnoškom osnovne frekvencije, od-

nosno pojavljuju se inharmoničnost. Inharmoničnost oscilovanja žice opisuje se posredstvom koeficijenta inharmoničnosti. Pojava inharmoničnosti nužno dovodi do narušavanja alikvotnosti. Sagledavajući prisustvo inharmoničnosti kod nekih instrumenata parcijali mogu biti sa frekvencijama koje su: a) celobrojni umnoški fundamentalne frekvencije (harmonici) i b) necelobrojni umnoški (inharmonici) [2].

Kvalitet žičanih muzičkih instrumenata moguće je, pored ostalih parametara, izražavati i pomoću stepena inharmoničnosti. Kod klavira žice su zategnute velikom silom tako da je njihova elastičnost smanjena. Posledica toga je da su frekvencijske pozicije parcijala na pozicijama necelobrojnih umnožaka fundamentalne frekvencije. Samim tim instrument sa ovakvim žicama nije harmoničan. Pored krutosti žice povećanju inharmoničnosti instrumenta doprinosi i karakter akustičke impedanse rezonatorske ploče kod klavira, odnosno rezonatorskog tela kod gitare [3].

Veliki broj radova bavi se fenomenom inharmoničnosti kod klavira [4-6]. Određivanjem koeficijenta inharmoničnosti žica posredstvom kojih se generiše ton, određuje se i stepen inharmoničnosti muzičkog instrumenta. U [7] je navedeno da je inharmoničnost bas opsega kod klavira i pijanina reda 50×10^{-6} do 600×10^{-6} . U [8] sprovedena su merenja i određen je faktor inharmoničnosti za žice iz bas opsega: sub-kontra oktave (A0), kontra-oktave (E1 i A1) i velike oktave (E2 i A2) kod Steinway D (koncertni klavir), Steinway C (polukoncertni klavir), Nordiska 1 (pijanino) i Straud (pijanino). Ovakav sistem obeležavanja tonova, poznat kao angloamerički način obeležavanja, koristi se u ovom radu radi lakšeg i preglednijeg upoređivanja sa rezultatima objavljenim u referentnim naučnim časopisima.

U ovom radu prikazani su rezultati izračunavanja inharmoničnosti tonova iz velike oktave koncertnog klavira **Steinway B**, svetski poznatog proizvođača klavira **Steinway & Sons**. Snimanje ovog klavira obavljeno je na Iowa Univerzitetu i deo je *RWC Music Database* [11]. Baza je dostupna na <http://theremin.music.uiowa.edu/MISpiano.html>. Algoritam za procenu inharmoničnosti kreiran je od strane autora i do sada je primenjivan za procenu inharmoničnosti bas opsega pijanina August Förster [10,12], električne gitare Fender Stratokaster [13], i kopije Antonius Stradivarius violine proizvedene krajem devetnaestog veka [14,15]. Rezultati prikazani u ovom radu predstavljaju inharmoničnost kompletnog opsega velike ok-

tave. Komparativna analiza sa drugim instrumentima, čiji su rezultati objavljeni u [8,11] je sprovedena. Međutim, analiza se odnosi samo na pojedine tonove iz kontra oktave jer rezultati analize svih tonova u opsegu nisu objavljene u literaturi. Pored toga izvršena je komparacija sa koeficijentima inharmoničnosti iz kontra oktave analiranog klavira [9].

Organizacija rada je sledeća. U Sekciji 2 opisana je inharmoničnost kod žičanih instrumenata. U Sekciji 3 prikazani su eksperimentalni rezultati i komparativna analiza. Sekcija 4 je zaključak.

2. INHARMONIČNOST

2.1 Koeficijent inharmoničnosti žice koja vibrira

Teorija muzike kod definisanja frekventijskog sastava tona podrazumeva harmoničnost, odnosno da su harmonici (parcijali) celobrojni umnošci fundamentalne frekvencije, što se matematički predstavlja kao:

$$f_k = k \cdot f_0, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

gde je f_0 fundamentalna frekvencija, k redni broj parcijala a f_k frekvencija parcijala.

Frekventijsko pomeranje parcijala od frekventijske pozicije harmonika predstavlja inharmoničnost tona. Inharmoničnost je definisana preko koeficijenta inharmoničnosti β :

$$f_k = k \cdot f_0 \sqrt{1 + \beta \cdot k^2}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (2)$$

Koeficijent inharmoničnosti β zavisi od vrste materijala žice i može da se izračuna na osnovu:

$$\beta = \frac{\pi^3 \cdot Q \cdot d^4}{64 \cdot l^2 \cdot F}, \quad (3)$$

gde je Q Jungov modul elastičnosti materijala od kojeg je napravljena žica, d prečnik žice, l dužina žice a F sila zatezanja.

2.2 Inharmoničnost muzičkih žičanih instrumenata

Inharmoničnost žice koja osciluje manifestuje se na generisani ton žičanog muzičkog instrumenta. Na primeru tona C2 kod klavira Steinway B (fundamentalna frekvencija $f_0=65.406$ Hz), koji pripada analiziranoj velikoj oktavi, biće prikazan efekat inharmoničnosti. Na sl.1 prikazan je kompletan signal tona C2. Za potrebe dalje analize signal se deli na blokove trajanja 32 ms (sl. 2). Na sl. 3 prikazana je amplitudska spektralna karakteristika sa frekventijskim opsegom koji obuhvata 20 harmonika fundamentalne frekvencije. Vertikalnim crvenim linijama i zelenim znakom 'o' prikazane su spektralne pozicije očekivanih harmonika (parcijala), dok su plavim '□' simbolima prikazane realne pozicije parcijala (inharmonika). Uočava se da se pozicije realnih harmonika (f_k) i oče-

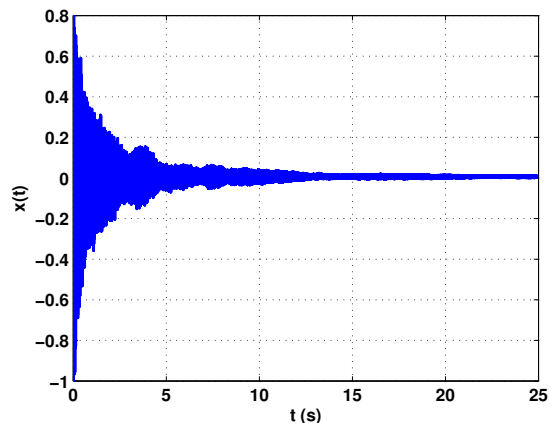
kivanih (kf_0) vrednosti razlikuju. Razlika njihovih frekvencija predstavlja grešku harmoničnosti koja je posledica inharmoničnog oscilovanja:

$$e(k) = f_k - kf_0, \quad (4)$$

gde je $k=1,2,3,\dots$. Greška za prvih 50 parcijala prikazana je na sl. 4. Na sl. 5 grafički je prikazan međusobni odnos prvih 50 harmonika i inharmonika. Uočava se drastično odstupanje od 20-og harmonika na dalje. Odstupanje, posmatrano u frekventijskom iznosu, ne daje dobar uvid u odnosu na muzički definisane tonove. Zbog toga je praktičnije umesto frekventijske koristiti centovsku razliku dva tona:

$$f_{AB} = 1200 \cdot \log_2 \left(\frac{f_A}{f_B} \right) \text{ [cent]}. \quad (5)$$

Centovski razmak između dva susedna tona uvek iznosi 100 centa bez obzira koja se oktava analizira. Na sl. 6 prikazana je centovska razlika pozicija harmonika i inharmonika. U cilju jasnijeg sagledavanja na sl. 7 prikazane su centovske razlike za 32-50 parcijala. Na dijagramu se jasno uočava da za svaki parcijal dolazi do odstupanja koje je znatno veće od 100 centa. To znači da će harmonične komponente, zbog odstupanja kao posledica inharmoničnosti, *zvučati* pogrešnim tonom. Ovakva greška dovodi do narušavanja alikvotnosti, prema kojoj se u harmonicima svakog tona sadrže osnovni tonovi ili neki harmonici svih preostalih tonova. Teorijski posmatrano, ovaj efekat dovodi do muzički nepravilnog zvučanja akorda [12].



Slika 1. Vremenski oblik signala tona C2.

2.2 Algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti

Algoritam za procenu inharmoničnosti sastoji se od sledećih koraka [9]:

Ulaz: signal x , dužina NFFT DFT-a.

Izlaz: koeficijent inharmoničnosti β .

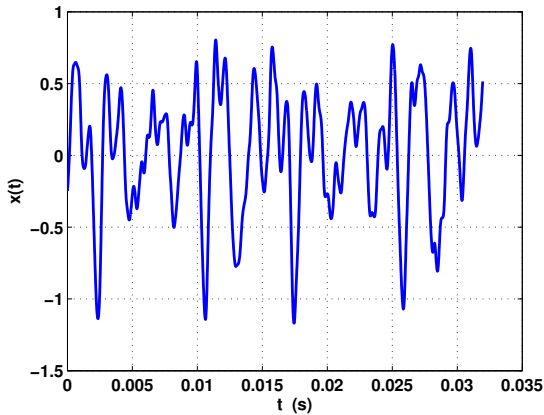
Korak 1: izdvajanje bloka signala dužine N odmeraka.

Korak 2: izračunavanje spektra primenom DFT dužine NFFT.

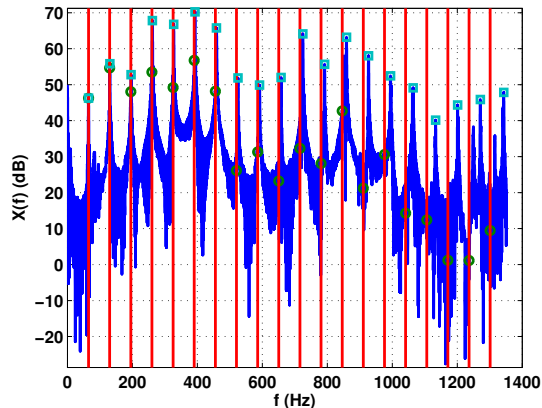
Korak 3: određivanje fundamentalne frekvencije f_0 , harmoničnih komponenta f_k i frekvencije parcijala f_p .

Korak 4: izračunavanje greške $e = f_p - f_k$.

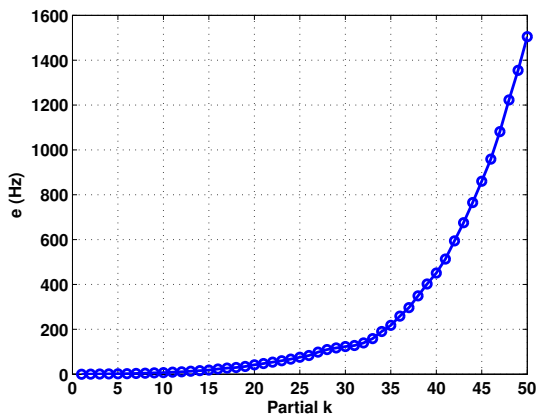
Korak 5: izračunavanje koeficijenta inharmoničnosti β .



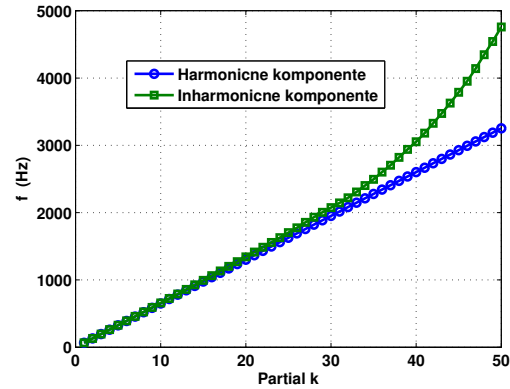
Slika 2. Vremenski blok trajanja 32 ms signala tona C2.



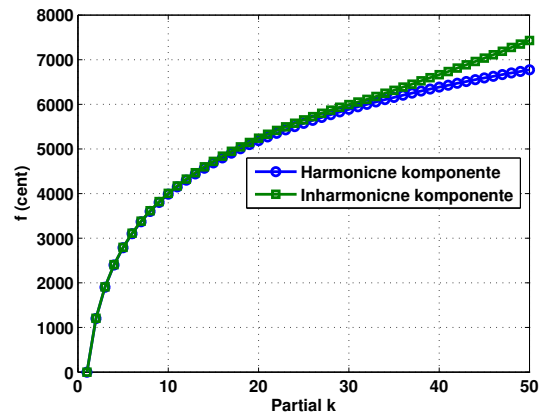
Slika 3. Amplitudska karakteristika tona C2 za prvih 20 harmonika.



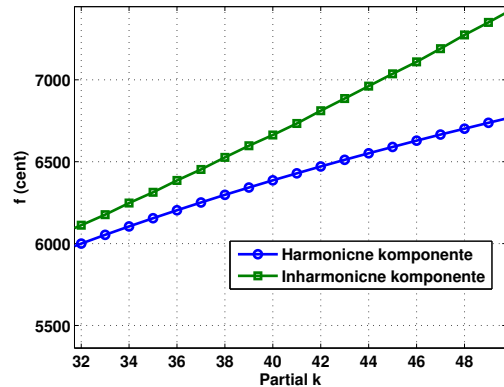
Slika 4. Greška frekvencije harmonika usled inharmoničnosti žice.



Slika 5. Frekvenzijska pozicija prvih 50 harmonika i inharmonika tona C2.



Slika 6. Centovska pozicija prvih 50 harmonika i inharmonika tona C2.



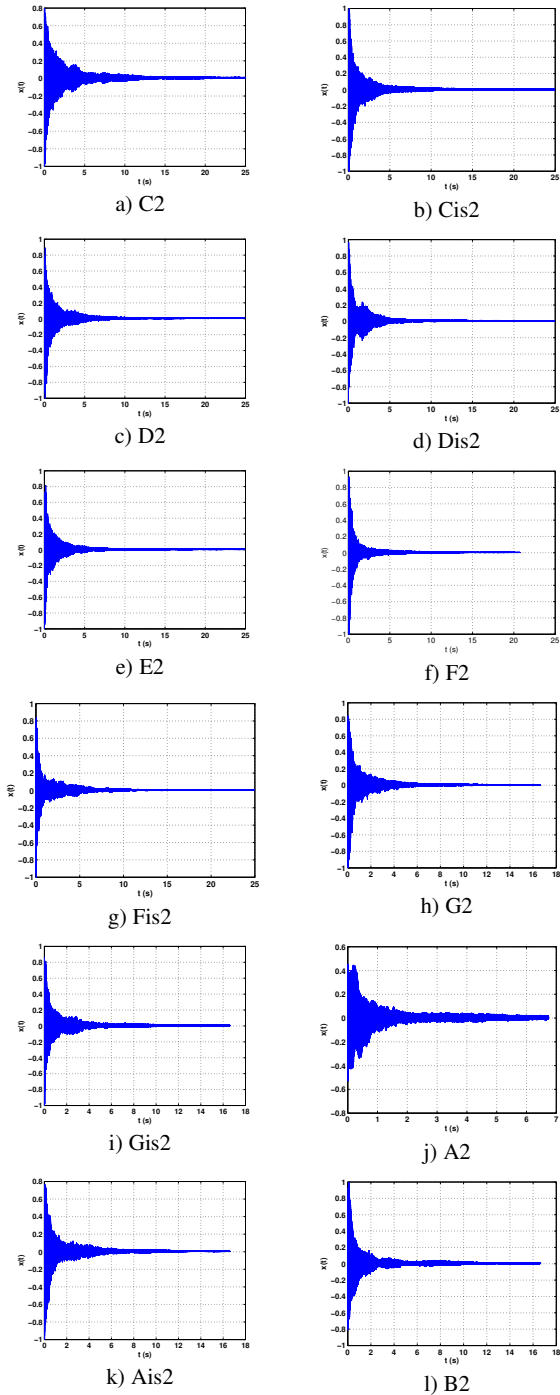
Slika 7. Centovska pozicija 32-50 harmonika i inharmonika tona C2.

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

U nastavku rada analizirani su koeficijenti inharmoničnosti u velikoj oktavi klavira Steinway B, svetski poznatog proizvođača Steinway & Sons. Koeficijenti su upoređeni sa koeficijentima inharmoničnosti kontra oktave Steinway B kao i nekim tonovima (E2 i A2) velike oktave klavira Steinway C, Steinway D, Nordiska 1 i Straud [8].

4.1 Baza

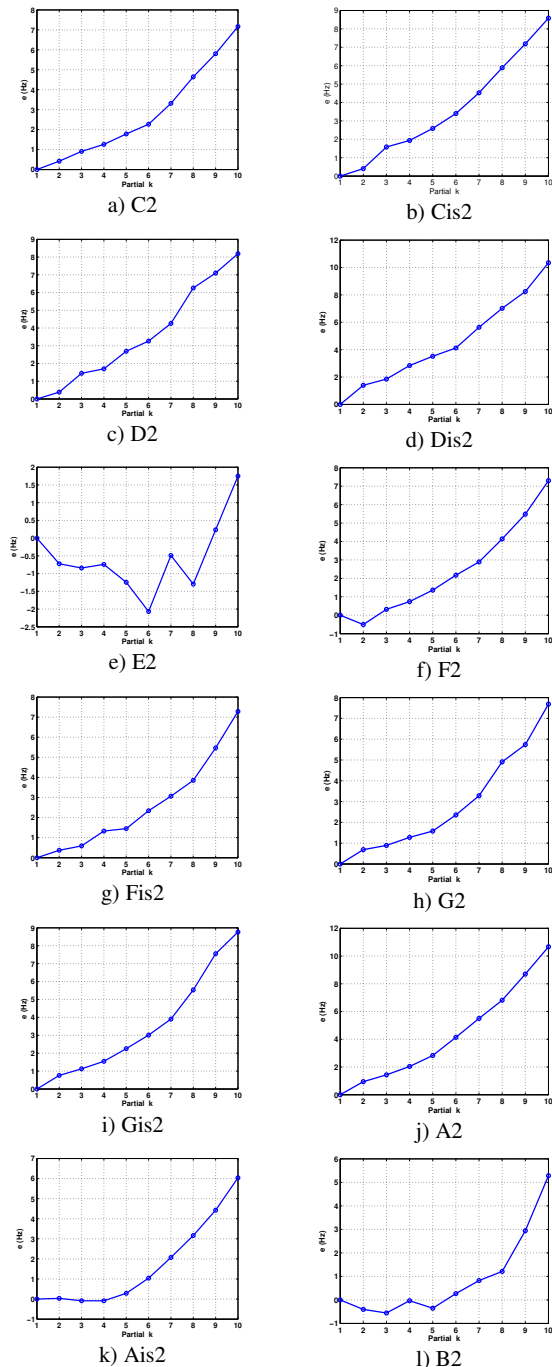
Bazu čine audio snimci klavira Steinway B. Snimanje ovog klavira obavljeno je na Iowa Univerzitetu i deo je *RWC Music Database* [11]. Snimanje je obavljeno sa $f_s=44.1$ kHz i 16 bps. Na sl. 8 prikazani su vremenski oblici audio signala tonova iz velike oktave (C2-B2).



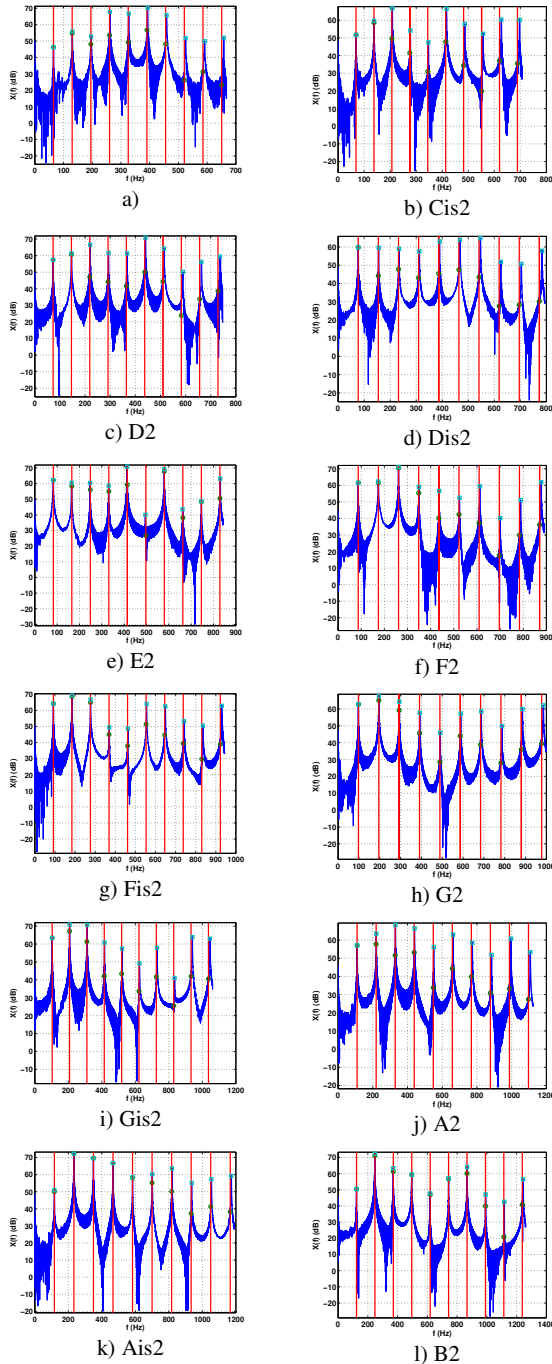
Slika 8. Vremenski oblici audio signala tonova iz velike oktave (C2-B2).

4.2 Rezultati

Vrednosti grešaka e usled inharmoničnosti tonova iz velike oktave (C2-B2) prikazani su na sl. 9. Na sl. 10 prikazane su amplitudske karakteristike signala tonova iz velike oktave U tabeli 1 prikazani je koeficijenti inharmoničnosti β svih tonova i polutonova iz kontra oktave [9]. U tabeli 2 prikazani je koeficijenti inharmoničnosti β svih tonova i polutonova iz velike oktave. U cilju komparativne analize u tabeli 3 prikazani su koeficijenti inharmoničnosti β tonova (E2 i A2) velike oktave klavira Steinway D, Steinway C, Nordiska 1 i Straud [7,8].



Slika 9. Greška harmonika tonova iz velike oktave (C2-B2) usled inharmoničnost žica.



Slika 10. Amplitudska karakteristika signala tonova iz velike oktave (C2-B2).

Tabela 1. Koeficijent inharmoničnosti β kontra oktave klavira Steinway B [9].

Nota	$\beta(x10^{-6})$			
	K=10	K=30	K=50	
C1	256.53	249.53	245.08	250.3800
Cis1	953.07	292.56	358.25	534.6267
D1	198.14	164.60	166.69	176.4767
Dis1	172.78	154.62	139.64	155.6800
E1	157.73	142.23	137.67	145.8767

F1	148.02	124.81	117.24	130.0233
Fis1	236.9	138.10	136.96	170.6533
G1	174.04	116.79	182.13	157.6533
Gis1	198.04	128.36	189.03	171.8100
A1	265.92	190.91	679.21	378.6800
Ais1	232.30	151.90	140.47	174.8900
B1	282.28	153.88	272.13	236.0967
Srednja vrednost				223.5706

Tabela 2. Koeficijent inharmoničnosti β velike oktave klavira Steinway B.

Nota	$\beta(x10^{-6})$			
	K=10	K=30	K=50	
C2	244.99	153.31	321.24	239.8467
Cis2	288.94	178.22	609.34	358.8333
D2	267.62	148.72	130.29	182.2100
Dis2	308.16	139.74	134.64	194.1800
E2	44.200	105.45	105.37	85.0067
F2	175.41	151.89	149.52	158.9400
Fis2	165.29	184.43	651.99	333.9033
G2	168.99	133.19	129.72	143.9667
Gis2	190.66	132.02	127.53	150.0700
A2	220.00	135.96	147.75	167.9033
Ais2	102.33	118.73	140.58	120.5467
B2	67.660	112.51	158.22	112.7967
Srednja vrednost				187.3503

Tabela 3. Koeficijenti inharmoničnosti β nekih tonova (E2 i A2) velike oktave klavira Steinway D, Steinway C, Nordiska 1 i Straud [7,8].

	$\beta(x10^{-6})$	
	E2	A2
Steinway D	67	79
Steinway C	112	116
Nordiska 1	131	134
Straud	233	181

3.3 Analiza rezultata

Komparativna analiza vrednosti koeficijenta inharmoničnosti za tonove iz velike oktave Steinway B klavira (tabela 2) upoređeni su sa tonovima iz iste oktave klavira/pijanina Steinway C, Steinway D, Nordiska 1, Straud (tabela 3). Upoređivanje je obavljeno samo za tonove E2 i A1 jer rezultati za druge tonove nisu dostupni preko odgovarajuće literature. Dolazi se do zaključka da je koeficijent inharmoničnosti klavira Steinway B za ton E2:

a) veći u odnosu na Steinway D $85.0067/67=1.27$ puta i

b) manji u odnosu na Steinway C $112/85.0067=1.32$, Nordiska 1 $131/85.0067=1.54$ i Straud $233/85.0067=2.74$ puta.

Koeficijent inharmoničnosti klavira Steinway B za ton E2 je:

a) veći u odnosu na Steinway D $167.9/79=2.12$, Steinway C $167.9/116=1.45$ i Nordiska 1 $167.9/134=1.16$ puta, i

b) manja u odnosu na Straud $181/167.9=1.07$ puta.

Upoređivanjem srednjih vrednosti koeficijenata za veliku (tabela 2) i kontra oktavu (tabela 1) dolazi se do zaključka da je inharmoničnost u velikoj oktavi $223.5706 / 187.3503 = 1.19$ puta manja.

Ova analiza pokazuje da je inharmoničnost klavira Steinway B u velikoj oktavi generalno veća od inharmoničnosti klavira Steinway D, da je u klasi klavira Steinway C i Nordiska 1, i manja od klavira Straud. Ovakvi rezultati su očekivani s obzirom na činjenicu da je Steinway D *concert grand piano* dok Steinway B pripada klasi *semy concert grand piano*.

4. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran efekat neharmoničnog vibriranja žica koje se opisuje koeficijentom inharmoničnosti, i efekta koji inharmoničnost izaziva kod muzičkih instrumenata sa žicama. Opisan je algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti žice kao i inharmoničnosti celog muzičkog instrumenta. Opisani algoritam primenjen je kod određivanja inharmoničnosti velike oktave klavira Steinway B. Prikazani rezultati i komparativna analiza sa rezultatima za klavire marke Steinway, Nordiska 1 i Straud pokazuju da je koeficijent inharmoničnosti klavira Steinway B veća od inharmoničnosti, Steinway D, manja od klavira Straud i da je upoređljiva sa klavirima Steinway C i Nordiska 1.

LITERATURA

- [1] Z. Milivojević and D. Balanesković, "Enhancement Of The Perceptive Quality Of The Noisy Speech Signal By Using Of DFF-FBC Algorithm", *Facta Universitatis, Niš, Ser.: Elec. Energ.* Vol. 22, no. 3, pp. 379-392, December 2009.
- [2] S. Lixin, Z. Junxing, and P. Lingbin, "Piano fundamental frequency estimation algorithm based on weighted least square method", in *Proc. Int. Forum Inf. Technol. Applicat., IFITA '09*, Vol. 2, pp. 155–158, May 2009.
- [3] L. Ortiz-Berenguer, J. Casajus-Quiros, M. Torres-Guijarro, J. Beracoechea and J. Aranda, "Simple modeling of piano inharmonicity due to soundboard impedance", In *Proc. 120th AES Convention*, Preprint, Vol. 66, pp. 1–6, 2006.
- [4] L. Schuck and R. Young, "Observations on the vibrations of piano strings", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 15, No. 1, pp. 1–11, 1943.
- [5] R. Young, "Inharmonicity of plain wire piano strings", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 24, No. 3, pp. 267–273, 1952.
- [6] H. Fletcher, E. Blackham and R. Stratton, "Quality of piano tones", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 34, No. 6, pp. 749–761, 1962.
- [7] A. Galembo and A. Askenfelt, "Measuring inharmonicity through pitch extraction", *Journal STL-QPSR*, Vol. 35, No. 1, pp. 135-144, 1994.
- [8] A. Galembo and A. Askenfelt, "Signal Representation and Estimation of Spectral Parameters by Inharmonic Comb Filters with Application to the Piano", *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, Vol. 7, No. 2, pp. 197-203, March 1999.
- [9] Z. Milivojević, Z. Veličković, Bojan Prlinčević, Inharmoničnost kontra oktave Steinway B klavira, *Informacione Tehnologije IT'15*, pp. 120-123, Žabljak, 2015.
- [10] M. Rajković, D. Milosavljević, Z. Milivojević, "Inharmoničnost bas opsega pijanina August Förster", *INFOTEH'13*, str. 980-986, Jahorina, 2013.
- [11] M. Goto, H. Hashiguchi, H. Hashiguchi, R. Oka, "RWC Music Database: Music Genre Database and Musical Instrument Sound Database", 4th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2003), pp.229-230, October 2003.
- [12] Z. Milivojević, M. Rajković, D. Milosavljević, "Inharmonicity Of Two-Tones In Contra Octave Of Upright Piano", *XLVIII International Scientific Conference On Information, Communication And Energy Systems And Technologies ICEST 2013*, Section: Signal Processing, Ohrid, 2013.
- [13] Z. Milivojević, D. Brodić, "Inharmoničnost bas sekcije Fender Stratocaster električne gitare", *Informacione Tehnologije, Žabljak*, str. 89-21, Crna Gora, 2013.
- [14] Zoran Milivojević, Z. Veličković, D. Balanesković, "Procena inharmoničnosti kopije Antonius Stradivarius violine", *Informacione tehnologije, Žabljak* 2014.
- [15] Zoran Milivojević, Z. Veličković, D. Balanesković, "Inharmonicity Of The Copy Of Antonius Stradivarius Violin", *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 20, No. 1, pp. 94-106, Sept. 2014.

Diskretno tomografska rekonstrukcija hv-konveksnih binarnih matrica korišćenjem Branch and Bound postupka

Branch and Bound Method for Discrete Tomography Reconstruction of hv-convex Binary Matrices

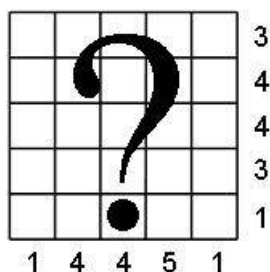
Mikloš Pot¹, Robert Pinter²^{1,2}Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija, Subotica, Srbija

Sadržaj – U ovom radu opisaćemo novi metod rekonstrukcije binarnih matrica. Naglasak će biti na rekonstrukciji hv-konveksnih matrica. Pokazaćemo da prikazani algoritam pronalazi sva rešenja, i eliminiše ona rešenja koja ne zadovoljavaju kriterijum hv-konveksnosti. Takođe ćemo pokazati da algoritam najbolje radi na malim matricama veličine do 50x50 piksela. Razmotrene su i mogućnosti za ubrzanje procesa rekonstrukcije.

Abstract: In this paper we show a new method for reconstructing binary matrices. We focus on the reconstruction of hv-convex matrices. We show that our algorithm finds all the solutions, and sort out the ones that do not comply to the hv-convex criteria. We also show that this algorithm works best for smaller matrices up to size 50x50 pixels. We make some notes on the possible speed-up strategies too.

1. UVOD

Diskretna tomografija bavi se rekonstrukcijom matrica na osnovu malog broja (u našem slučaju 2) projekcija. U binarnom slučaju matrica (slika) koja se rekonstruiše sastoji se samo od nula (0) i jedinica (1). U ovom radu za rekonstrukciju će se koristiti horizontalna i vertikalna projekcija. Na Slici 1 prikazan je tipičan primer problema diskretne tomografije.



Slika 1. Primer binarne matrice koju treba rekonstruisati na osnovu dve projekcije

U datom promeru suma vrsta i kolona zadata je vektorima R i C :

$$R = [3 \ 4 \ 4 \ 3 \ 1] \quad (1)$$

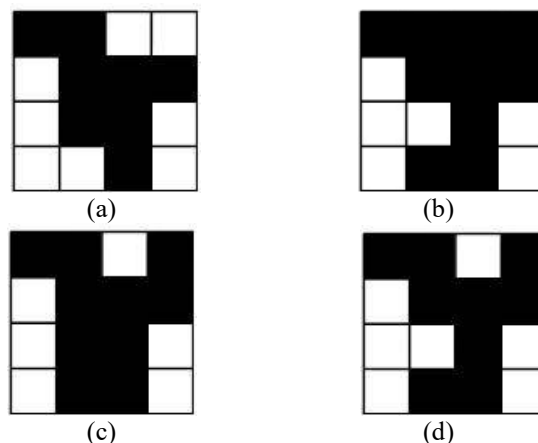
$$C = [1 \ 4 \ 4 \ 5 \ 1] \quad (2)$$

pri čemu R i C predstavljaju sumu vrsta i sumu kolona, respektivno. Ukoliko rešenje postoji, binarna matrica se može rekonstruisati na osnovu ove dve projekcije. Uslovi

za egzistenciju i jedinstvenost rešenja proučavao je Ryser [3]. Trivijalan uslov za postojanje rešenja je da suma elemenata vektora R i C bude jednak.

2. HV-KONVEKSNE MATRICE

U slučaju kad se rekonstrukcija vrši korišćenjem samo dve projekcije, rešenje obično nije jedinstveno. Zato se pri rekonstrukciji pretpostavljaju neke osobine rešenja. U našem slučaju to će biti osobina hv-konveksnosti koja znači da niz crnih piksela (jedinica) nije prekinut ni u horizontalnom (h) ni u vertikalnom (v) pravcu. Ovo dodatno ograničenje značajno smanjuje broj mogućih rešenja jer se u binarnoj matrici ne mogu pojaviti tzv. „svič” komponente. Primeri konveksnih matrica dati su na Slici 2.



Slika 2. Konveksnost matrica. (a) hv-konveksna, (b) h-konveksna, (c) v-konveksna, (d) ne-konveksna matrica.

3. BRANCH AND BOUND

Branch and bound je algoritam za globalnu optimizaciju. Veliki broj stvarnih problema kombinatorne optimizacije deli sledeće osobine: lako ih je formulisati, ali imaju konačan i veoma velik skup mogućih rešenja. Za većinu ovih problema ne postoji postupak koji bi ih rešio u polinomijalnom vremenu. Branch and bound (B&B) je daleko najšire korišćeni alat za rešavanje velikih NP-teških problema kombinatorne optimizacije. B&B je ipak samo paradigma, i za svaki problem se moraju uzimati u obzir i specifičnosti zadatka. B&B algoritmi mogu biti spori. U najgorem slučaju dužina trajanja raste eksponencijalno sa porastom složenosti problema, ali u nekim drugim slučajevima B&B metod konvergira

veoma brzo. Pošto je kod problema koji se rešavaju B&B metodom prostor za pretragu nepregledno velik, potrebne su i neke implicitne metode kako bi se otarasili regiona koji sigurno ne sadrže rešenje. B&B algoritmi rade po principu „zavadi pa vladaj” (divide and conquer): prostor za pretragu se deli na manje pod-regione (branch), a ograničenja (bounds) se nalaze na svim granama. Prednost B&B algoritma je u tome da se odsecaju veliki pod-regioni kad se zaključi da u tom regionu neće biti rešenja.

4. OBJAŠNENJE POSTUPKA

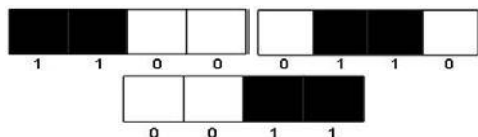
Ideja rekonstrukcije je u tome da se u skladu sa sadržajem vrsta binarne matrice razvije stablo za pretragu. U toku razvijanja stabla neki čvorovi neće zadovoljiti ili uslov za sumu kolona ili kriterijum hv-konveksnosti. Zbog toga, ti čvorovi neće biti razvijeni, a grane koje bi potekle od tih čvorova će biti zanemareni. Rešenje će biti pronađeno svaki put kad prilikom razvoja stabla stignemo na dno stabla do čvora lista.

Posmatrajmo binarnu matricu 4x4 sa sumom vrsta R i sumom kolona C

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Pošto želimo da rekonstruišemo hv-konveksnu matricu (niz jedinica nije prekinut), na osnovu $R(1) = 2$ zaključujemo da jedinice u prvoj vrsti mogu da se razmeste na 3 različita načina (levo, u sredini i desno), kao što je prikazano na Slici 3.

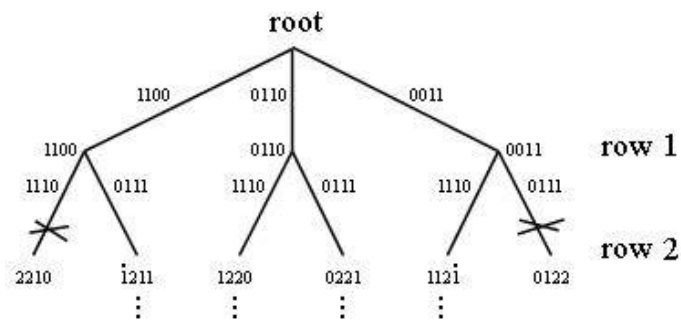


Slika 3. Tri mogućnosti za raspoređivanje dve jedinice (crni pikseli) na četiri mesta

U opštem slučaju, ako želimo da smestimo k jedinica na n mesta, za to postoji $(n - k + 1)$ mogućnosti. Ukoliko bismo želeli da rekonstruišemo matricu bez ograničenja o konveksnosti, broj mogućih kombinacija bio bi n nad k . Sada proveravamo da li za neku kombinaciju dolazi do premašivanja zbira u nekoj koloni. Pošto se to za sada ne dešava, ne možemo eliminisati ni jednu od tri čvora. Nastavljamo razvoj stabla na sledećem (drugom) nivou. Izgled stabla nakon dobijanja nivoa 2 prikazan je na Slici 4.

Kod svakog čvora uočavamo četiri cifre koje označavaju trenutnu sumu kolona. Treba ispitati da li neki od četiri cifara premašuje sumu te kolone. Ukoliko premašuje, tu granu ćemo da odsecemo, i na tom mestu više ne razvijamo stablo. Kao što se sa Slike 4 vidi, levi i desni čvor ne zadovoljavaju ovaj uslov (2210 premašuje sumu kolona 1331 na prvoj cifri, dok 0122 premašuje sumu kolona 1331 na poslednjoj cifri), i zbog toga neće dalje

biti razvijani. Na taj način se postižu značajne uštede i to je jedan od izvora efikasnosti metode Branch and Bound.



Slika 4. Stablo nakon razvijanja prvih dva nivoa

Pošto na osnovu uslova treba da rekonstruišemo hv-konveksnu matricu, znamo da u bilo kojoj koloni nakon promene 1-0 ne može da sledi jedinica. To je ilustrovano na Slici 5. Kako bismo pratili pojavu promene sa 1 na 0, postavilićemo marker (tačka na Slici 4) na cifru gde se tranzicija dogodila. Ovaj marker označava da na toj poziciji više ne može da se pojavi jedinica. Ovo zapažanje takođe doprinosi efikasnosti postupka jer se prostor za pretragu dalje smanjuje.



Slika 5. Ukoliko bi se crni piksel pojavio iza tranzicije 1-0, hv-konveksnost više ne bi bila ispunjena

Dubina stabla odgovara broju vrsta matrice koja se rekonstruiše (pod uslovom da rešenje postoji), dok se broj rešenja poklapa se sa brojem listova stabla.

5. ANALIZA PERFORMANSI I STRATEGIJE ZA UBRZAVANJE PROCESA

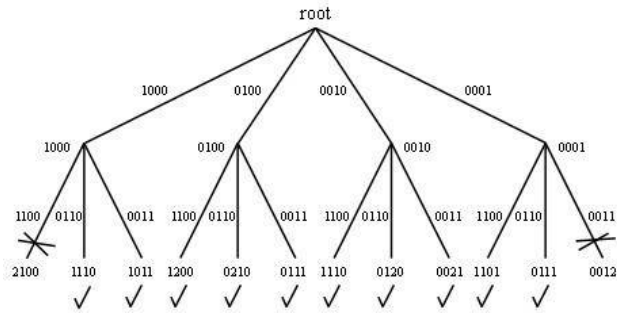
Posmatrajmo binarnu matricu sa sledećim sumama vrsta i kolona:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix} \text{ i}$$

$$C = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Ukoliko krenemo da razvijamo stablo metodom koju smo opisali, već na nivou 2 bismo imali 12 čvorova, od kojih bi samo prvi i poslednji mogli da se eliminišu, Slika 6. Rast stabla pokazuje eksponencijalni rast i to negativno utiče na vreme izvršavanja.

Ovo razmatranje važno je za matricu dimenzija 4x4. Porastom dimenzije matrice pomenuti rast postaje još drastičniji. Ako bismo za zadatak imali rekonstrukciju matrice 100x100 piksela, u čijoj prvoj vrsti ima jedna, a u drugoj dve jedinice, na drugoj dubini stabla bismo imali ne manje od 9900 (!) čvorova i bilo bi veoma zahtevno sa aspekta vremena izvršiti potpunu rekonstrukciju. Jedna od mogućih rešenja ovog problema može biti rotacija matrice. Nakon rotacije od 90° u pravcu kazaljke sata, vektori R i C postaju:

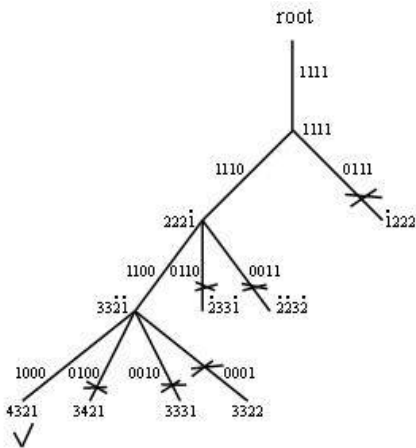


Slika 6. Stablo nakon dva nivoa razvoja. Samo dve grane mogu da se odseku

$$R = [4 \ 3 \ 2 \ 1] \text{ i}$$

$$C = [4 \ 3 \ 2 \ 1]$$

Nakon ove jednostavne manipulacije stablo postaje daleko jednostavnije i imaće svega 10 grana (Slika 7). U ovom slučaju nakon dobijanja rezultata potrebno je izvršiti rotaciju od 90° u smeru suprotnom od kazaljke sata. Ovakvo velike uštede nisu uvek moguće, a zavise i od sadržaja matrice.



Slika 7. Nakon rotacije stablo postaje daleko jednostavnije. Tačke iznad cifara pokazuju da je na datoj putanji ranije došlo do 1-0 tranzicije

6. START OD VRSTE SA NAJVIŠE JEDINICA

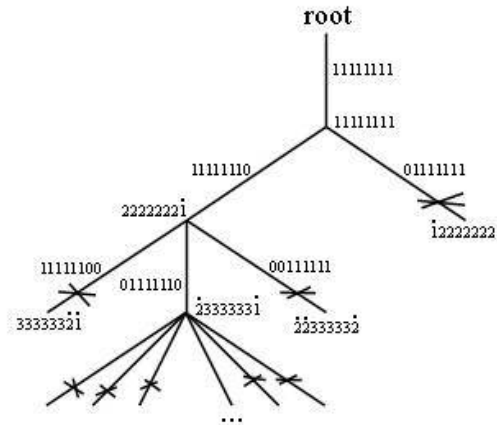
Rotacija ne mora obavezno da vodi povećanju brzine. Veoma često se dešava da je najveći broj jedinica na sredini matrice, a da u blizini ivica imamo samo zanemarljiv broj jedinica. Sledeća matrica je dobar primer za to.

$$R = [2 \ 2 \ 6 \ 8 \ 7 \ 3 \ 2 \ 1]$$

$$C = [2 \ 3 \ 3 \ 6 \ 7 \ 6 \ 3 \ 1]$$

U ovom slučaju nikakva rotacija ne može da spreči da imamo 42 (7x6) čvora na nivou 2 stabla za pretragu, i još više na većim dubinama. Povećanje efikasnosti je moguće ukoliko prvo razvijemo vrstu sa najviše jedinica (najmanje mogućnosti), i odatle da nastavimo ili gore ili dole, u zavisnosti od toga gde ima više jedinica. Na taj način smo osigurali da stablo bude minimalno u pogledu

broja mogućnosti svake vrste, ali treba da pamtimo jedan dodatni vektor koji će sadržati redosled vrsta kojim smo vršili razvoj stabla. Ovaj princip prikazan je na Slici 8.



Slika 8. Razvoj stabla počevši od vrste sa najvećim brojem jedinica

7. RYSER-OVA REKONSTRUKCIJA

Drugi način rekonstrukcije bila bi rekonstrukcija binarne matrice Ryser-ovom metodom i vršenjem svič operacija nad dobijenom matricom. U ovom odeljku ukratko ćemo prikazati taj postupak.

Ryser-ov algoritam datira iz 1957. godine, a pseudo kod algoritma prikazan je na Slici 9.

Ulazi: Vektor **R** koji sadrži sumu vrsta i vektor **C** koji sadrži sumu kolona.

1. Elemente vektora **C** poredati 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. Inverzno u odnosu na Korak 1 vratiti kolone u originalan redosled.

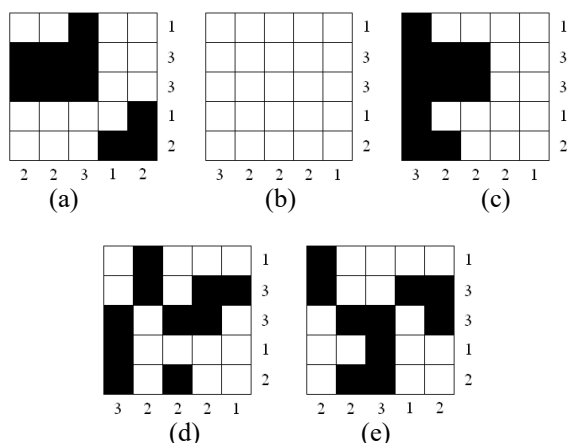
Slika 9. Pseudo kod Ryser-ovog algoritma

Koraci navedenog algoritma ilustrovani su na Slici 10(a)-(e).

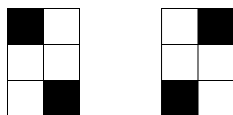
8. SVIČ-OVANJE

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 ilustrovnas je na Slici 11. 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 10. 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) Binarne matrice nakon pomeranja jedinica, (e) Konačna rekonstruisana matrica nakon inverzne promene kolona, sadržaj matrice nije uzet u obzir.



Slika 11. 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 $C=[1 \ 1]$

8. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U toku eksperimentalne faze pokazano je da ova metoda zaista pronalazi sva rešenja koja zadovoljavaju uslove za sumu kolona i uslov hv-konveksnosti. Sa malim izmenama moguće je izostaviti uslov hv-konveksnosti i rekonstruisati sve matrice koje zadovoljavaju samo uslov za sumu kolona.

Za matricu sa sumama

$$R = [2 \ 3 \ 2 \ 1] \text{ i}$$

$$C = [1 \ 3 \ 3 \ 1]$$

dobijaju se sledeća rešenja (Slika 11):

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Slika 11. Sva rešenja za zadato R i C

Ako bi se dodatno zahtevalo da rešenje sadrži samo jednu 4-povezanu komponentu, tada bi u skupu rešenja ostali samo prva i poslednja matrica (u drugoj i trećoj matrici

jedinica u donjem desnom, tj. donjem levom uglu nije u 4-povezanom odnosu sa ostalim jedinicama).

Ukoliko nije potrebno zadovoljiti i uslov hv-konveksnosti, prethodna rešenja i dalje važe, ali je moguće da postoje još i dodatna rešenja. U našem slučaju, osim četiri već pobrojana rešenja postoje još dva, koji su prikazani na Slici 12.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Slika 12. Dva dodatna rešenja pod uslovom da treba zadovoljiti samo uslov za sumu kolona

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazali smo novi metod rekonstrukcije binarnih matrica na osnovu njenih ortogonalnih projekcija. Uveli smo Branch and Bound (B&B) postupak za rešavanje problema diskretne tomografije. Zahtevanjem da rešenje zadovolji uslov hv-konveksnosti, dobar deo stabla za pretragu može se eliminisati pre nego što stablo stigne do čvorova listova. Eksperimentalni rezultati su pokazali da ovaj metod pronalazi sva rešenja koja zadovoljavaju postavljene uslove u pogledu suma vrsta i kolona. Istražili smo i dve mogućnosti za ubrzanje procesa pretrage. Prva strategija ubrzanja koristila je rotaciju matrice, dok smo kod drugog razvoj stabla započeli od vrste koja sadrži najviše jedinica. Na taj način smo obezbedili da na prvim dubinama pretrage stablo ima minimalan broj čvorova. Pošto vreme rekonstrukcije zavisi od sadržaja matrice, potrebno je analizirati sadržaj matrice pre nego što se donese odluka o tome koji postupak ubrzanja će se koristiti.

LITERATURA

[1] Marek Chrobak, Christoph Dürr: Reconstructing hv-convex Polyominoes from Orthogonal Projections, Information Processing Letters, March 1999, Volume 69 Issue 6.
 [2] Richard Brualdi: Algorithms for constructing (0,1)-matrices with prescribed row and column sum vectors, Discrete Mathematics, Volume 306, Issue 23, pp. 2989.
 [3] H.J. Ryser: Matrices of zeros and ones, Bull. Amer. Math. Soc. Volume 66, Number 6 (1960), pp. 442-464.
 [4] H. J. Ryser: Combinatorial properties of matrices of zeros and ones, Canad. J. Math. vol. 9 (1957) pp. 371-377.
 [5] Maciej Gebala: The Reconstruction of Convex Polyominoes from Horizontal and Vertical Projections, Lecture Notes In Computer Science; Vol. 1521, 1998, pp. 350-359.
 [6] Alberto Del Lungo: Reconstructing permutation matrices from diagonal sums, Theor. Comput. Sci. 281(1-2), 2002, pp. 235-249.

POBOLJŠANJE DETEKCIJE PODPOVRŠINSKIH DEFEKATA ZASNOVANO NA PRIMENI VINEROVOG FILTRA

IMPROVEMENT OF SUBSURFACE DEFECTS DETECTION BASED ON USE OF WIENER FILTERING

Vesna Damnjanović¹, Ljubiša Tomić², Bojan Milanović³, Goran Dikić³

Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Serbia¹

Technical Test Center, Belgrade, Serbian Armed Forces²

Military Academy, University of Defence in Belgrade, Serbia³

Sadržaj – U radu je opisano potiskivanje šuma tokom obrade termalne slike koja je dobijena u postupku termografskog otkrivanja defekata u materijalu. Potiskivanje šuma može se ostvariti primenom Vinerovog filtra koje se pojavljuje kao standardni element programskog paketa MATLAB 2008a u vidu programske funkcije *wiener2*. U okviru ove funkcije parametri Vinerovog filtra određuju se automatski na osnovu statističkih obeležja segmenata slike u okolini svakog njenog piksela. Imajući u vidu da korisnik definiše dimenzije segmenata pojavljuje se problem njihovog optimalnog izbora. U cilju prevazilaženja ovog problema razvijena je posebna programska podrška koja omogućava da korisnik vizuelno proceni spektralna obeležja signala i šuma na osnovu spektralne raspodele gustine snage registrovanih termalnih slika i tako definiše oblik Vinerovog filtra u frekvencijskom domenu.

Abstract - The paper describes noise suppression during processing of the thermal images obtained in the process of thermographic detection of defects in the material. Noise suppression can be achieved by applying the Wiener filter, which appears as a standard element of MATLAB 2008a in the form of program functions *wiener2*. Within this function, the parameters of the Wiener filter are determined automatically based on the statistical characteristics of the image segments in the vicinity of each of its pixels. Bearing in mind that the user defines these dimensions, the problem of their optimal choice appears. In order to overcome this problem the special software is developed. This software allows the user to visually assess the spectral characteristics of the signal and noise based on the spectral power density distribution of registered thermal image and thus defines the shape of the Wiener filter in the frequency domain.

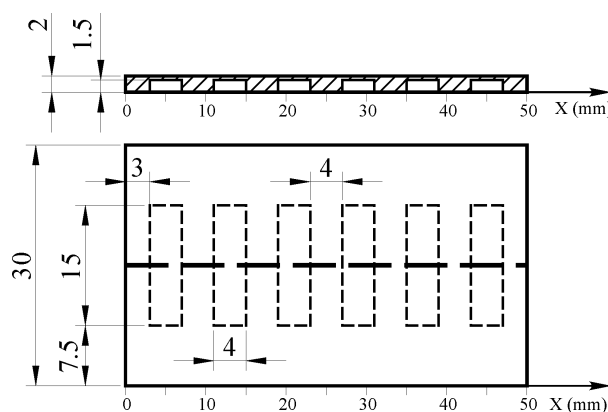
1. UVOD

Razvojem infracrvenih (IC) kamera nastali su uslovi za efikasnu detekciju pod površinskih defekata. Ovaj rad upravo je proizašao kao rezultat obrade sekvence snimaka koji su realizovani u postupku ispitivanja materijala primenom pulsnotermografske (PT) metode. PT metoda podrazumeva primenu impulsnog izvora energije, kao što je na primer foto blic, kako bi se ozračio testirani materijal. Ceo proces snima se odgovarajućom IC kamerom kako bi se omogućila naknadna obrada registrovanih termalnih slika (frejmova). Ove slike nisu

idealne, a uzroci degradacije najčešće su radiometrijsko izobličenje, geometrijsko izobličenje i šum. Poboljšanje kvaliteta termalnih slika, u ovom radu, ostvaruje se primenom Vinerovog filtra koji se pojavljuje kao deo standardne programske podrške (funkcija *wiener2*) unutar programskog paketa MATLAB 2008a. U okviru ove funkcije parametri Vinerovog filtra određuju se automatski, na osnovu statističkih obeležja segmenata slike u okolini svakog njenog piksela. S obzirom da korisnik unapred definiše dimenzije segmenata pojavljuje se problem njihovog optimalnog izbora. U cilju prevazilaženja ovog problema razvijena je posebna programska podrška koja omogućava da korisnik vizuelno proceni spektralna obeležja signala i šuma na osnovu spektralne raspodele gustine snage snimljenih termalnih slika i tako definiše oblik Vinerovog filtra u frekvencijskom domenu.

2. EKSPERIMENTALNO OKRUŽENJE

Opisani rezultati su ostvareni snimanjem test uzorka u vidu anodizovane aluminijumske pločice čije su dimenzije 50 mm × 30 mm × 2 mm. Skica test uzorka sa defektima ($w=4$ mm, $d=0.5$ mm) prikazana je na slici 1.



Slika 1. Skica test uzorka

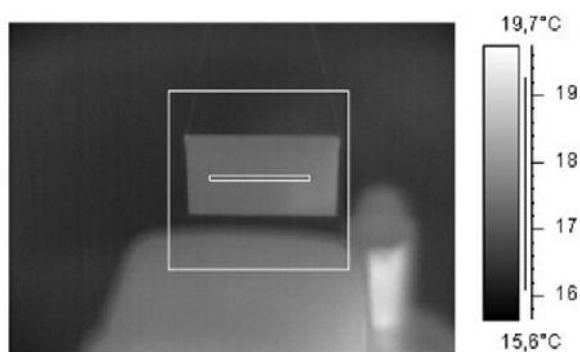
Oblast označena isprekidanom linijom, koja je normalna u odnosu na defekte poznate širine i dubine koristi se za određivanje temperaturne razlike ΔT između temperature površine iznad defekta, T_{\max} , i temperature središnjeg dela oblasti između dva susedna defekta, T_{\min} , ($\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$). Značaj ovog podatka ogleda se u tome što omogućava dobijanje odgovarajuće vremenske krive čijom analizom se dolazi do informacije o

karakteristikama defekta i termo-fizičkim svojstvima materijala. Kompletan postupak podržan je upotrebom fotografskog blica (YASHICA CS-250AF), termalne kamere (FLIR P640) koja radi u opsegu od 7.5 do 13 μm i personalnog računara. Tokom snimanja, kamera registruje termalne slike čija je veličina 640 \times 480 piksela brzinom od 30 snimaka u svakoj sekundi.

Fotografski blic je postavljen na udaljenosti 5 - 6 cm u odnosu na ispitivani uzorak kako bi se obezbedilo homogeno zagrevanje cele površine. Optimalan položaj blica treba da obezbedi osvetljavanje test uzorka zracima koji padaju na njegovu površinu pod uglom od 90 stepeni. Snimanje je obavljeno u zatvorenoj prostoriji pri ambijentalnoj temperaturi od 16,8 $^{\circ}\text{C}$ [1].

3. DIGITALNA OBRADA TERMALNE SLIKE

Uticao parazitnog IC zračenja okoline kao i postojanje šuma analizirani su digitalnom obradom termograma koji je prikazan na slici 2. Uzani pravougaonik oivičen belom linijom, unutar segmenta slike označenog belim kvadratom čije su dimenzije 256 \times 256 piksela, određuje oblast koja je korištena pri termografskoj rekonstrukciji signala [2].



Slika 2. Termalna slika test uzorka neposredno pre osvetljavanja foto blicom

Već pomenuta funkcija *wiener2* omogućava procenu matematičkog očekivanja i standardne devijacije u okolini svakog piksela na zašumljenoj crno-beloj slici i automatsko potiskivanje šuma [3]. Međutim, ovo može dati slike na kojima se gube značajni detalji ili se pojavljuje deformisanje ivica objekta unutar termalne slike.

Sa namerom da se ostvari bolja kontrola ovog procesa razvijena je posebna programska celina koja omogućava da se vizuelno procene karakteristike spektara gustine snage zabeleženih slika i na taj način definišu parametri Vinerovog filtra u frekvencijskom domenu koji će na jednak način tretirati sve delove termalne slike [4] i [2]. Ovo je posebno važno pri određivanju temperaturnih razlika uzrokovanih defektima u materijalu koje se zasniva na matematičkom očekivanju lokalnih ekstrema uočeni unutar odgovarajuće termalne slike. S obzirom da se matrica zašumljene slike, M_0 , može opisati kao suma matrica nezašumljene slike M i aditivnog šuma N polazi

se od pretpostavke da je moguće proceniti njihove spektre u cilju definisanja Vinerovog filtra u frekvencijskom domenu $W(f)$ kako bi se u postupku opisanom jednačinom (1) odredio sadržaj slike sa redukovanim prisustvom šuma

$$M_W(f) = M_0(f)W(f) \quad (1)$$

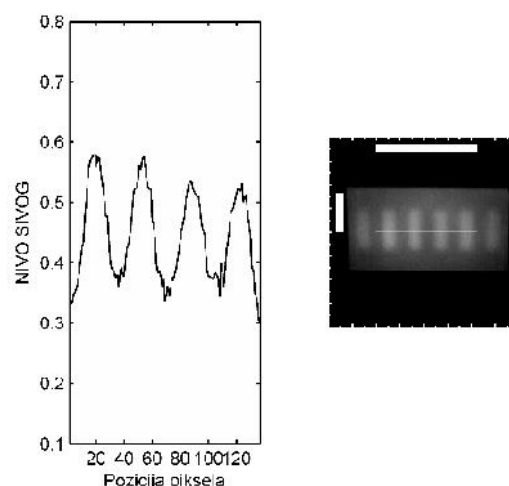
Pri tome se Vinerov filter opisuje jednačinom

$$W(f) = \frac{P_{MM}(f)}{P_{MM}(f) + P_{NN}(f)} \quad (2)$$

gde $P_{MM}(f)$ i $P_{NN}(f)$ predstavljaju estimirane spektre snage nezašumljene slike i aditivnog šuma. Ovi spektri se određuju analizom spektra snage koji odgovara zašumljenoj slici $M_0(f)$.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

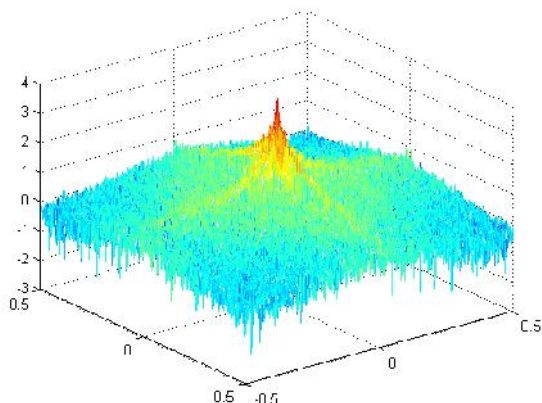
U postupku obrade termalnih slika prvo se formira referentna slika kao matematičko očekivanje osam uzastopnih frejmova koji su registrovani neposredno pre osvetljavanja test uzorka. Ova usrednjena vrednost piksela oduzima se od vrednosti odgovarajućih piksela pre nego što se svaka slika, registrovana nakon aktiviranja izvora zračenja, obradi koristeći dvodimenzionalnu brzu Furijeovu transformaciju (2D FFT). Na ovaj način ostvareno je normiranje, odnosno minimiziran je uticaj eventualnih nejednakih početnih uslova (na primer temperatura) na pojedinim segmentima termalne slike. Postojanje nejednakih početnih uslova izazvalo bi pojavu neujednačenih vrednosti lokalnih ekstrema u slučaju istovetnih defekata u materijalu [2] i [5]. Nakon primene ovog postupka objekti u pozadini test uzorka, koji su vidljivi na slici 2, ne mogu se uočiti. Primer novodobijene termalne slike prikazan je na slici 3 desno.



Slika 3. Skeniranje termalne slike

Na ivicama ove slike dodati su markeri koji služe za procenu koordinata piksela tokom njenog skeniranja. U levom delu slike 3 vidi se rezultat skeniranja na trenutnoj poziciji. Bela linija u središnjem delu markirane termalne slike određuje oblast u kojoj je ostvareno skeniranje. Njen položaj po vertikali, mereno odozgo na dole, određuje dužina bele trake uz levu ivicu markirane slike. Bela traka

uz gornju ivicu ove slike svojom dužinom ukazuje na širinu skenirane oblasti. Situacija koja se vidi na slici 3 upravo pokazuje postojanje razlika u vrednostima lokalnih ekstrema iako simulirani defekti koji su napravljeni na neosvetljenoj strani pločice imaju istovetne geometrijske karakteristike (dimenzije i međusobni raspored). Prikazana termalna slika registrovana je neposredno nakon što je osvetljen test uzorak pa se jasno uočava porast temperature u oblastima gde postoje defekti. Na slici 4 prikazan je spektar snage koji odgovara ovoj slici.



Slika 4. 3D prikaz spektra koji odgovara termalnoj slici registrovanoj neposredno nakon osvetljavanja test uzorka

Vrednosti spektralnih komponenti su prikazane u logaritamskoj razmeci i određuju se u MATLAB okruženju jednačinama:

```
fftorg = fft2(D);
Spektar = log10(abs(fftorg));
```

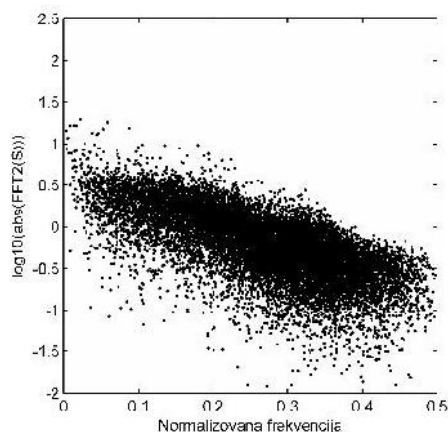
Pri tome je "fftorg" spektar originalnog zašumljenog dvodimenzionalnog signala, a D predstavlja matricu segmenta originalne slike koji se obrađuje. Nikvistovo područje frekvencija predstavljeno je u vidu normalizovanih vrednosti horizontalnih osa.

Da bi se lakše sagledale i opisale karakteristike oba spektra ($P_{MM}(f)$ i $P_{NN}(f)$) uniformno je odabrana četvrtina vrednosti iz skupa spektralnih komponenti čije su dimenzije (256x256). U svakoj parnoj vrsti odgovarajuće matrice uzeta je svaka druga vrednost kako bi se dobio jedinstven prikaz spektra u dvodimenzionalnoj ravni. Slike 5 i 6 prikazuju tako dobijene spektre za termalne slike koje su registrovane pre i neposredno nakon osvetljavanja test uzorka.

S obzirom da obrada svake termalne slike započinje oduzimanjem referentne slike koja je, kako je već navedeno, formirana usrednjavanjem osam uzastopnih frejmova koji su registrovani neposredno pre osvetljavanja test uzorka spektar na slici 5 predstavlja zapravo spektar šuma koji bi u idealnim uslovima trebao da bude ravan. Linearno opadanje njegovih vrednosti pripisujemo uticaju okruženja koje nije idealno kao u slučaju posmatranja crnog tela u laboratorijskim uslovim. Jasno se uočava da spektralne komponente šuma imaju

vrednosti koje su manje od 1,2. Zbog toga je spektar šuma u odgovarajućem MATLAB programu opisan jednačinom $noi = 10.^{(1.2 - 0 * f)}$;

Pri tome „f“ označava frekvenciju unutar Nikvistovog područja.



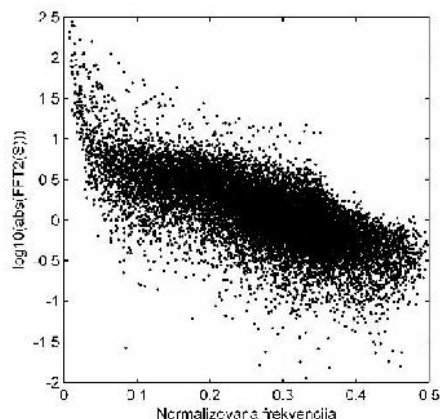
Slika 5. 2D prikaz spektra termalne slike pre osvetljavanja test uzorka

Analizom slike 6 uočavaju se niskofrekventne spektralne komponente koje nastaju zbog osvetljavanja pločice test uzorka. Pretpostavljajući da je promena njihovih vrednosti linearna, odnosno odgovara jednačini prave:

$$y = 4. - 80. * f;$$

pri opisu spektra ovih komponenti u odgovarajućem MATLAB programu korištena je aproksimativna funkcija definisana jednačinom:

$$sig = 10.^{(4. - 80. * f)};$$



Slika 6. 2D prikaz spektra termalne slike nakon osvetljavanja test uzorka

Na ovaj način definisan je oblik spektra koji odgovara čistom signalu bez prisustva šuma. Sada je u skladu sa definicijom Vinerovog filtra moguće odrediti spektar filtriranog signala "fftfil"

$$fftfil = fftorg .* (sig.^2 ./ (sig.^2 + noi.^2));$$

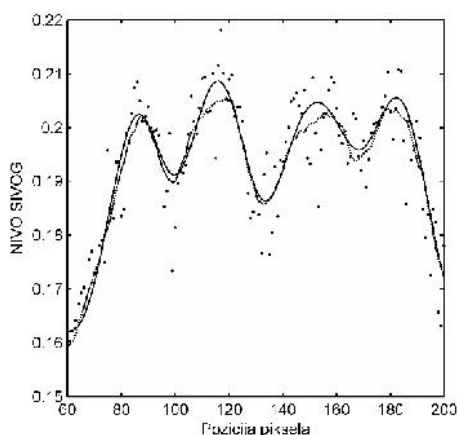
Očigledno, količnik $(sig.^2 ./ (sig.^2 + noi.^2))$

opisuje Wienerov filtar u frekvencijskom domenu.

Nakon osvetljavanja test uzorka, registrovano je pet uzastopnih frejmova, odnosno termalnih slika na kojima se mogu uočiti promene tokom procesa njegovog hlađenja.

Na slici 7, prikazani su rezultati obrade poslednje, pete slike zato što je tada odnos signal-šum najnepovoljniji pa je najlakše uočiti prednosti postupka koji se primenjuje tokom definisanja Vinerovog filtra u odnosu na direktnu primenu MATLAB funkcije *wiener2*.

Prikazani rezultati dobijeni su na osnovu obrade piksela unutar oblasti sa horizontalnim koordinatama od $x_1=60$ do $x_2=200$ na linijama u intervalu od $y_1=123$ do $y_2=127$. Ovo područje je odabrano u skladu sa činjenicom da je tokom skeniranja uočena najbolja uniformnost šuma pozadine. Tačkama su označene prosečne vrednosti piksela čije su x koordinate, na slici 7, navedene kao pozicija piksela. Punom linijom predstavljen je rezultat dobijen primenom postupka koji je opisan u ovom radu. Isprekidana linija predstavlja rezultat koji se dobija primenom MATLAB funkcije *wiener2*. Pri tome su dimenzije segmenta koji se koristi pri automatskom definisanju parametara Vinerovog filtra odabrane tako da imaju vrednost koja, u Tabeli 1, odgovara kombinaciji $K=10$ (*wiener2*[13,11]).



Slika 7. Temperaturni profil dobijen obradom petog frejma nakon osvetljavanja test uzorka

Kvalitet dobijenih rezultata kontroliše se preko korena srednje kvadratne greške (*Rout Mean Square Error - RMSE*) definisane jednačinom

$$\mu_j = \sqrt{\frac{1}{y_2 - y_1 + 1} \sum_{i=y_1}^{y_2} (\hat{x}_{ij} - x_{ij})^2} \quad (3)$$

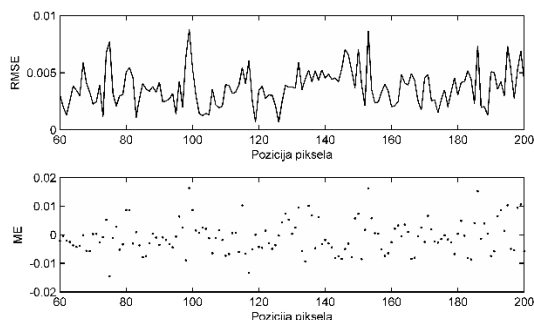
i matematičkog očekivanja greške (*Mean Error - ME*) u skladu sa jednačinom

$$m_j = \frac{1}{y_2 - y_1 + 1} \sum_{i=y_1}^{y_2} (\hat{x}_{ij} - x_{ij}) \quad (4)$$

za $\forall j \in [60, 200]$; $y_1=108$, $y_2=112$. Pri tome je \hat{x}_{ij} vrednost koja se dobija kao matematičko očekivanje

nivoa sivog, koji odgovara pikselima na koordinatama (i,j) nakon obrade termalne slike Vinerovim filtrom čiji se parametri definišu na opisani način. Na slici 8 prikazane su vrednosti RMSE i ME koje su dobijene u ovom slučaju.

Rezultati očekivanja greške uniformno su raspodeljeni oko nulte vrednosti, izuzev početnih vrednosti, pa se može reći da je dobijena nepomerena procena.



Slika 8. Vrednosti korena srednje kvadratne greške i njenog matematičkog očekivanja

Ukupne vrednosti, odnosno kumulativne sume - Σ RMSE, vrednosti RMSE za slučaj kada se pri obradi termalnih slika koristi MATLAB funkcija *wiener2*[m,n] prikazane su za različite vrednosti parametara m,n u Tabeli 1.

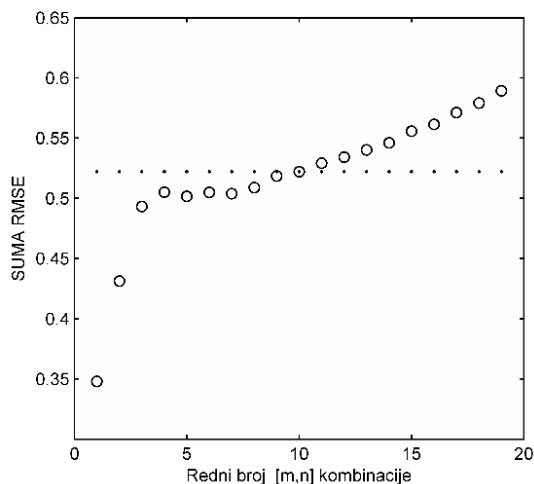
K	m	n	Σ RMSE
1	3	3	0.3479
2	5	3	0.4313
3	5	5	0.4933
4	7	5	0.5051
5	7	7	0.5017
6	9	7	0.5049
7	9	9	0.5039
8	11	9	0.5090
9	11	11	0.5186
10	13	11	0.5221
11	13	13	0.5293
12	15	13	0.5343
13	15	15	0.5402
14	17	15	0.5461
15	17	17	0.5557
16	19	17	0.5614
17	19	19	0.5712
18	21	19	0.5791
19	21	21	0.5893

Tabela 1 Vrednosti parametara i sume RMSE u slučaju primene funkcije *wiener2*[m,n]

Slika 8 prikazuje sume korena očekivanja kvadrata greški Σ RMSE. Tačkama je označena vrednost 0,5222 koja se dobija u slučaju definisanja funkcije prenosa Vinerovog filtra na način opisan u ovom radu. Na istoj slici kružićima je označena vrednost koja se dobija kada se obrada termalnih slika realizuje koristeći MATLAB funkciju *wiener2*[m,n] menjajući vrednosti parametara m,n u skladu sa tabelom 1. Najbolje slaganje u pogledu vrednosti Σ RMSE postiže se u desetom slučaju kada se,

pri upotrebi funkcije *wienere2* usvoje vrednosti parametara $[m,n]=[13,11]$. Tada suma $\Sigma RMSE$ ima vrednost 0,5221.

Ukoliko se analiziraju krive prikazane na slici 7 vidi se da je kriva ostvarena primenom opisanog rešenja (puna linija) bolje „zaobljena“, odnosno bliža onome što podrazumevamo pod pojmom „glatka kriva“. Usled toga moguće je lakše odrediti vrednosti lokalnih ekstrema. Ovo je upravo prednost opisanog postupka u odnosu na direktnu primenu funkcije *wienere2*.



Slika 9. Vrednosti sume $\Sigma RMSE$; kružići označavaju rezultate dobijene u slučaju primene funkcije *wienere2*

5. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati potvrđuju da pri obradi termalne slike opisani postupak definisanja funkcije prenosa Vinerovog filtra obezbeđuje preciznije određivanje lokalnih ekstrema na osnovu kojih se izračunava razlika između temperature površine iznad defekata i temperature središnjeg dela oblasti između dva susedna defekta. Kao što je već navedeno u tački dva ovog rada tačnost ovih podataka direktno utiče na kvalitet procene oblika

odgovarajuće vremenske krive čijom analizom se saznaju karakteristike defekata i termo-fizička svojstva ispitivanog materijala.

NAPOMENA

Rad je nastao kao rezultat projekta „Rentabilni izbor novih tehnologija i koncepcija odbrane kroz društvene promene i strateške orijentacije Srbije u 21. veku“, III 47029, (2010-2014), kojeg finansira Ministarstvo za obrazovanje i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Tomic, D.Lj., Jovan, M.E.: Pulse thermography experimental data processing by numerically simulating thermal processes in a sample with periodical structure of defects. *NDT&E International*. **60**, 132-135 (2013)
- [2] Shepard, S., Lhota, J., Wang, D., Rubadeux, B., Ahmed, T.: “Depth and spatial resolution enhancement using thermographic signal resolution“, *Proceeding of the 6th Far-East Conference on NDT (FENDT '02)*, Tokyo, Japan, pp. 279-284, 2002.
- [3] Gonzalez, R.C., Woods, R.E.: *Digital Image Processing*, 3rd edition. Prentice-Hall, USA 2006.
- [4] Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P.: *Numerical Recipes 3rd edition, The Art of Scientific Computing* Press, Cambridge University Press, 2007.
- [5] Krapez, J.C.: Deconvolution of thermography images obtained on corroded parts by using the thermal modulation transfer function (TMTF). *4th Int. Workshop on Advances in Signal Processing for NDE of Materials*. Québec, Canada. pp. 1-6, 2001.

PROCENA KOEFICIJENTA TRASMISIJE TOPLOTE KROZ ZIDOVE I OTVORE PRIMENOM TERMOVIZIJSKE SLIKE

THE EVALUATION OF HEAT TRANSMISSION COEFFICIENT THROUGH WALLS AND OPENINGS BY APPLYING A THERMOVISION IMAGE

Žarko Barbarić¹, Aleksandra Pavlović¹
 Državni univerzitet u Novom Pazaru¹

Sadržaj – Izrada energetske pasoša zgrade predstavlja neophodan korak pri izgradnji novih objekata, a takođe i u redovnom održavanju i nadzoru već izgrađenih objekata, naročito objekata javne namene. Programi za proračun energetske efikasnosti u građevinarstvu koriste podatke o objektu: omotač objekta, otvori na objektu, pregradni zidovi, ventilacija i dr. Međutim, postojeći programi zahtevaju merenja koeficijenta transmisije toplote- U i proveru realizacije projektovane energetske efikasnosti. Termovizija omogućava vizuelnu i broječanu informaciju o raspodeli temperature na delu objekta od interesa, pa je moguće proceniti temperaturu površine objekta sa termovizijske slike. Iz analize rezultata merenja se pokazuje da su procene faktora U bolje za veću razliku unutrašnje i spoljašnje temperature vazduha. Predlaže se da se merenje koeficijenta U vrši u zimskim uslovima, kada je temperatura spoljašnje atmosfere oko 0^o C, u opsegu temperatura od -2^o C do +2^o C.

Abstract - Creation of an energy passport of a building represents a necessary step during construction of new structures, and also in a regular maintaining and supervising of already constructed structures, especially of public purpose structures. Programmes for evaluation of energy efficiency in Civil Engineering use data on the structure: claddings, openings in a structure, dividing wall, ventilation and similar. However, the existing programs demand for measuring of heat transmission coefficient- U and checking of realization of projected energy efficiency. Thermovision allows visual and numeric information on temperature distribution in a part of the interested structure, thus it is possible to evaluate surface temperature of a structure from a thermovision image. From the results of measure analyze, it is shown that evaluation of factor U is better for a higher difference of inner and outer air temperature. It is suggested that measures of U coefficient are to be performed in winter conditions, when the outer atmosphere temperature is around 0^oC, in a temperature scope from -2^o C to +2^o C.

1. TEORETSKI OSNOVI

Toplotni fluks se određuje pomoću razlike temperature atmosfere i površine objekta i odgovarajućeg koeficijenta toplote [1]

$$Q = h_i \cdot (\theta_i - \theta_{si}) \text{ ili } Q = h_e \cdot (\theta_e - \theta_{se}) \quad (1)$$

gde su θ_{si} - temperatura unutrašnje površine, a θ_{se} je temperatura spoljašnje površine objekta, unutrašnja i spoljašnja temperatura vazduha su θ_i i θ_e , respektivno, h_i

i h_e su odgovarajući unutrašnji ili spoljašnji koeficijenti prenosa toplote.

Toplotni fluks se takođe može izraziti preko razlike unutrašnje i spoljašnje temperature

$$Q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (2)$$

gde je faktor U (koeficijent transmisije toplote kroz materijale).

Koeficijent transmisije ili faktor transmisije toplote (U) može se odrediti iz (1) i (2) kao

$$U = h_i \cdot \left(\frac{\theta_i - \theta_{si}}{\theta_i - \theta_e} \right) = h_e \cdot \left(\frac{\theta_{se} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \right) \quad (3)$$

Koeficijent h_i je dat relacijom [1]

$$h_i = 1,77 \cdot \sqrt[4]{\theta_i - \theta_{si}} \quad (4)$$

Koeficijent h_e je dat relacijom [1]

$$h_e = 5,85 \cdot v^{0,52}, \text{ a } v \text{ je brzina vetra.} \quad (5)$$

Za procenu faktora transmisije U otvora i zidova zgrade (3) potrebno je izmeriti temperature zidova i otvora sa obe strane: unutrašnje- θ_{si} i spoljašnje- θ_{se} , kao i temperature vazduha: unutar objekta θ_i i spolja θ_e . Temperature površine zida ili otvora se procenjuju iz termovizijske slike, unutrašnja i spoljašnja temperatura vazduha meri se standardnim termometrom, a koeficijent h_i se određuje iz (4).

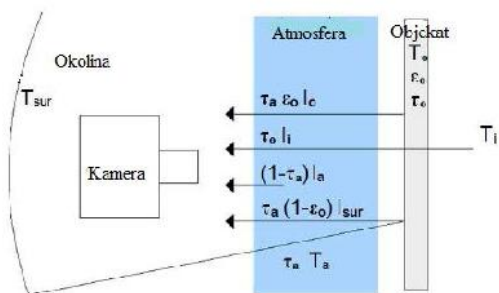
Uticaj procene i merenja temperatura na procenu faktora transmisije U može se odrediti na osnovu relativne greške. Relativna greška procene faktor U je izvedena, iz (3) i (4), i data relacijom

$$\frac{\Delta U}{U} = 1,25 \frac{\Delta \theta_1}{\theta_1} + \frac{\Delta \theta_2}{\theta_2} \quad (6)$$

gde su: razlike temperature između vazduha i površine otvora $\theta_1 = \theta_i - \theta_{si}$, i apsolutna greška merenja ovih temperatura $\Delta \theta_1 = \Delta \theta_i + \Delta \theta_{si}$, razlika temperatura u objektu i atmosferi $\theta_2 = \theta_i - \theta_e$, a apsolutna greška merenja ovih temperatura je $\Delta \theta_2 = \Delta \theta_i + \Delta \theta_e$.

Kao što je poznato, termovizijska slika predstavlja raspodelu temperature i emisivnosti objekta, u uslovima okoline. Princip formiranja termovizijske slike, na osnovu

sopstvenog zračenja objekta, atmosfere okoline objekta šematski je prikazano na slici 1 [1], [2].



Slika 1. Infracrveno termalno zračenje objekata, okoline objekta i atmosfere

Iradijansa ili gustina snage termalnog zračenja na prijemnoj optici termovizijske kamere, prema slici 1, može se predstaviti relacijom:

$$I = \tau_a \cdot \varepsilon_0 \cdot I_0 + \tau_a \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot I_{sur} + (1 - \tau_a) \cdot I_a + \tau_0 \cdot I_i \quad (7)$$

τ - transmitsija (τ_0 -objekta, τ_a -atmofere)

T - temperatura (T_0 -na objektu, T_a - u atmosferi, T_{sur} -okoline)

ε - emisivnost površine objekta

I – iradijansa ili spektralna gustina snage (I_0 - objekta, I_a – atmosfere, I_{sur} - okruženja, I_i - unutrašnosti objekta).

Iradijansa se detektuje i pretvara u električni signal, koji je proporcionalan ekvivalentnoj temperaturi (Plankov i Stefan Bolcmanov zakon). Drugim rečima, kada su parametri atmosfere i okruženja objekta korektno postavljeni u softveru kamere, moguće je proceniti trenutnu ekvivalentnu površinsku temperaturu objekta na termovizijskoj slici [3]-[5].

2. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Za izvođenje eksperimenta procene vrednosti faktora U , u zavisnosti od temperature spoljašnje atmosfere, korišćena je sledeća oprema: termovizijska kamera tipa T420 firme Flir, termometar za merenje temperature atmosfere i softver Flir Tools+ za obradu i analizu termovizijskih slika [6]. Korišćenjem termovizijske kamere, uz odgovarajuće podešene parametre (emisivnost objekta, rastojanje od objekta, temperatura atmosfere, reflektovana temperatura i relativna vlažnost vazduha), generisane su termovizijske slike objekata od interesa. Snimano je četiri različite vrste prozora, i to za različite vrednosti temperature spoljašnje atmosfere. Termovizijske slike objekata od interesa su analizirane u softverskom paketu Flir Tools+, kako bi se izvršila procena temperature površine prozorskog stakla, okvira prozora i zida oko prozora (θ_{si}). Temperature spoljašnje i unutrašnje atmosfere θ_e i θ_i su merene standardnim termometrom. Dobijena merenja su korišćenja za izračunavanje unutrašnjeg koeficijenta prenosa toplote h_i , iz (4), a vrednosti faktora transmisije U iz (3). Na slikama 2 i 3, respektivno, su date termovizijska i vizuelna slika prvog primera prozora na privatnoj kući, u oznaci objekt I.



Slika 2. Termovizijska slika prozora snimano iznutra – objekt I



Slika 3. Televizijska slika prozora snimano iznutra – objekt I

Izmerene vrednosti temperatura i izračunate vrednosti koeficijenta transmisije toplote kroz prozor, za četiri različite vrednosti temperature atmosfere, prikazani su u tabelama 1a) i 1b), respektivno.

Tabela 1a): Izmereni parametri –Primer 1

θ_i	θ_e	$\theta_{si,p}$	$\theta_{si,o}$	$\theta_{si,z}$
22 ⁰ C	-2 ⁰ C	16,7 ⁰ C	15,9 ⁰ C	16,3 ⁰ C
21 ⁰ C	2 ⁰ C	16,5 ⁰ C	15,7 ⁰ C	16,1 ⁰ C
28 ⁰ C	5 ⁰ C	22,5 ⁰ C	21,3 ⁰ C	21,8 ⁰ C
25 ⁰ C	10 ⁰ C	20,9 ⁰ C	20 ⁰ C	20,3 ⁰ C

Tabela 1b): Izračunati parametri –Primer 1

U_p	U_o	U_z	U_s
0,5931	0,7070	0,6495	0,6501
0,6106	0,7491	0,6791	0,6799
0,6482	0,8295	0,7529	0,7389
0,6884	0,8823	0,8166	0,7853

Parametri u Tabeli 1 su sledeći: θ_i i θ_e - unutrašnja i spoljašnja temperatura vazduha merene standardnim termometrom, $\theta_{si,p}$, $\theta_{si,o}$ i $\theta_{si,z}$ su temperature unutrašnje površine prozorskog stakla, okvira prozora i zida, respektivno, procenjene analizom termovizijske slike. Parametri U_p , U_o , U_z i U_s , respektivno, predstavljaju izračunate vrednosti faktora U za prozorsko staklo, okvir prozora, zid, kao i srednju vrednost za prozorsko staklo i okvir.

Na slikama 4 i 5, respektivno, su date termovizijska i vizuelna slika drugog primera prozora na privatnoj kući, u oznaci objekt II.



Slika 4. Termovizijska slika prozora snimano iznutra – objekat II



Slika 5. Televizijska slika prozora snimano iznutra – objekat II

Izmerene vrednosti temperatura i izračunate vrednosti koeficijenta transmisije toplote kroz prozor, objekat II, za četiri različite vrednosti temperature atmosfere, prikazani su u tabelama 2a) i 2 b), respektivno.

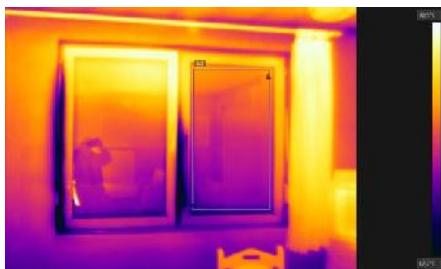
Tabela 2a): Izmereni parametri –Primer 2

θ_i	θ_e	$\theta_{si,p}$	$\theta_{si,0}$	$\theta_{si,z}$
16 ⁰ C	-2 ⁰ C	10,5 ⁰ C	9,8 ⁰ C	10,6 ⁰ C
20 ⁰ C	2 ⁰ C	13,5 ⁰ C	13,2 ⁰ C	13,6 ⁰ C
17 ⁰ C	5 ⁰ C	11,3 ⁰ C	10,6 ⁰ C	11,5 ⁰ C
24 ⁰ C	10 ⁰ C	17,1 ⁰ C	15,8 ⁰ C	16,8 ⁰ C

Tabela 2b): Izračunati parametri –Primer 2

U_p	U_o	U_z	U_s
0,8282	0,9620	0,8095	0,8951
1,0206	1,0798	1,0010	1,0502
1,2991	1,5015	1,2424	1,3477
1,4139	1,7543	1,4911	1,5841

Na slikama 6 i 7, respektivno, su date termovizijska i vizuelna slika trećeg primera prozora na privatnoj kući, u oznaci objekt III.



Slika 6. Termovizijska slika prozora snimano iznutra – objekat III



Slika 7. Televizijska slika prozora snimano iznutra – objekat III

Izmerene vrednosti temperatura i izračunate vrednosti koeficijenta transmisije toplote kroz prozor, objekat III, za četiri različite vrednosti temperature atmosfere, prikazani su u tabelama 3a) i 3b), respektivno.

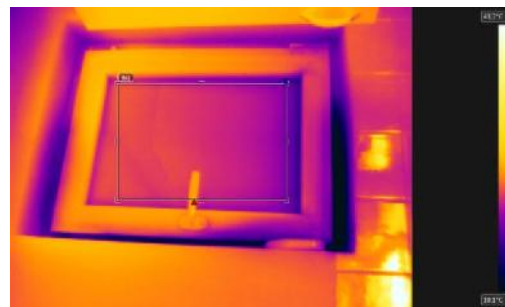
Tabela 3a): Izmereni parametri –Primer 3

θ_i	θ_e	$\theta_{si,p}$	$\theta_{si,0}$	$\theta_{si,z}$
28 ⁰ C	-2 ⁰ C	19,5 ⁰ C	18,7 ⁰ C	19,8 ⁰ C
27 ⁰ C	2 ⁰ C	19,2 ⁰ C	18,2 ⁰ C	19,1 ⁰ C
28 ⁰ C	5 ⁰ C	20,3 ⁰ C	19 ⁰ C	20,1 ⁰ C
28 ⁰ C	10 ⁰ C	21 ⁰ C	19 ⁰ C	20 ⁰ C

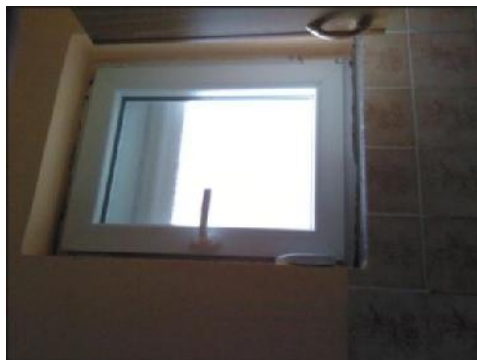
Tabela 3b): Izračunati parametri –Primer 3

U_p	U_o	U_z	U_s
0,7575	0,8599	0,7198	0,8087
0,9229	1,0731	0,9377	0,9980
0,9871	1,1996	1,0192	1,0934
1,1196	1,5329	1,3230	1,3262

Na slikama 8 i 9, respektivno, su date termovizijska i vizuelna slika krovnog prozora na privatnoj kući, u oznaci objekt III.



Slika 8. Termovizijska slika krovnog prozora snimano iznutra – objekat III



Slika 9. Televizijska slika krovnog prozora snimano iznutra – objekat III

Izmerene vrednosti temperatura i izračunate vrednosti koeficijenta transmisije toplote kroz krovnii prozor, objekat III, za četiri različite vrednosti temperature atmosfere, prikazani su u tabelama 4a) i 4b), respektivno.

Tabela 4a): Izmereni parametri –Primer 4

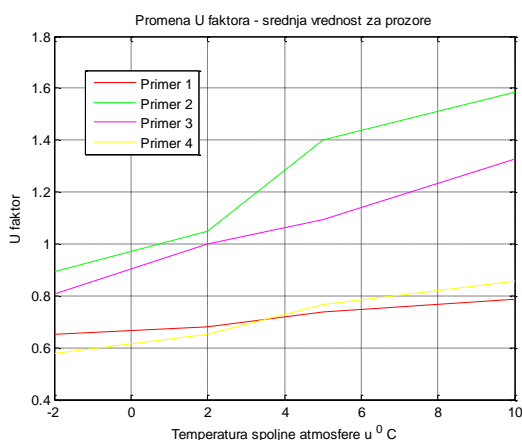
θ_i	θ_e	$\theta_{si,p}$	$\theta_{si,0}$	$\theta_{si,z}$
28 ⁰ C	-2 ⁰ C	19,5 ⁰ C	18,7 ⁰ C	19,8 ⁰ C
27 ⁰ C	2 ⁰ C	19,2 ⁰ C	18,2 ⁰ C	19,1 ⁰ C
28 ⁰ C	5 ⁰ C	20,3 ⁰ C	19 ⁰ C	20,1 ⁰ C
28 ⁰ C	10 ⁰ C	21 ⁰ C	19 ⁰ C	20 ⁰ C

Tabela 4b): Izračunatii parametri –Primer 4

U_p	U_o	U_z	U_s
0,7575	0,8599	0,7198	0,8087
0,9229	1,0731	0,9377	0,9980
0,9871	1,1996	1,0192	1,0934
1,1196	1,5329	1,3230	1,3262

3. ANALIZA REZULTATA

Promene srednje vrednosti parametra U_s za četiri različita tipa prozora, od temperature spoljašnje atmosfere grafički su prikazane na slici 10.



Slika 10. Grafik zavisnosti srednje vrednosti faktora U prozora od temperature spoljašnje atmosfere

Analizom srednjih vrednosti faktora U_s može se zaključiti da ovaj faktor zavisi od tipa prozora,

atmosferski uslova u kojima se procenjuje i uređaja kojim se mere temperature.

Srednje vrednost faktora U_s zavisi od vrste prozora, okvira i zida (građevinski materijal i radovi). Srednja vrednost faktora je dobar pokazatelj kvaliteta otvora. Faktor U predstavlja koeficijent transmisije toplote, odnosno koeficijent gubitka toplote kroz prozore, zidove, krovove, itd. Gubici toplote su određeni razlikom između temperature spoljne i unutrašnje atmosfere. Što je manja vrednost faktora U, bolje su performanse građevinskih materijala, u nekim zemljama je usvojen standard u građevinarstvu $U \leq 0,4$.

Pored toga, vrednost faktora U_s zavisi od procene temperature na termalnoj slici, odnosno, greška procene zavisi od procene emisivnosti i reflektivnosti površine, čija se temperature procenjuje. Iz relacije (6) jasno se vidi da je dominantna relativna greška procene razlike unutrašnje temperature između površine zida i vazduha u prostoriji nego relativna greška merenja temperatura vazduha u prostoriji i atmosferi, koje se mere termometrom. S druge strane, relativna greška merenja temperatura vazduha u prostoriji i atmosferi značajno opada sa porastom razlika temperatura. Na primer, ako je spoljna temperatura vazduha oko -2⁰ C a temperatura vazduha u objektu oko 23⁰ C, relativna greška je 5%, ako je neprecizan termometar koji ima apsolutnu grešku 1⁰ C.

Iz izvršenih merenja i analize rezultata vidi se da su procene faktora U bolje za veću razliku unutrašnje i spoljašnje temperature vazduha. Predlaže se da se merenje koeficijenta U vrši u zimskim uslovima, kada je temperatura spoljašnje atmosfere oko 0⁰ C, u opsegu temperatura od -2⁰ C do +2⁰ C.

4. ZAKLJUČAK

Srednje vrednost faktora U_s zavisi od vrste prozora, okvira i zida (građevinski materijal i radovi). Srednja vrednost faktora je dobar pokazatelj kvaliteta otvora. Faktor U predstavlja koeficijent transmisije toplote, odnosno koeficijent gubitka toplote kroz prozore, zidove, krovove, itd. Gubici toplote su određeni razlikom između temperature spoljne i unutrašnje atmosfere.

Pored toga, vrednost faktora U_s zavisi od procene temperature na termalnoj slici, odnosno, greška procene zavisi od procene emisivnosti i reflektivnosti površine, čija se temperature procenjuje.

Iz izvršenih merenja i analize rezultata vidi se da su procene faktora U bolje za veću razliku unutrašnje i spoljašnje temperature vazduha.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja u okviru projekta TR32023 – “Optimizacija performansi energetske-efikasnih računarskih i komunikacionih

sistema”, koje finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj.

LITERATURA

- [1] K. Carbonez, N.V.D. Bossche, M. Steeman, S.V.D.Vijver, A. Janssens, “On the applicability of quantitative infrared thermography on window glazing”, 10th Nordic Symposium on Building Physics, Proceedings. p.313-320, 2014.
- [2] Ž. Barbarić, A. Marinčić, G. Petrović, D. Milovanović: „Thermal-image generation by line-scanning technique: a new computer model“, Applied Optics, Vol. 33, No. 14, 1994, pp. 2883-2891.
- [3] Driggers R.G., Cox P., Edwards T. „Introduction to Infrared and Electro-Optical Systems“, Artech House, Boston-London, 1999.
- [4] Michael Vollmer and Klaus-Peter Mollmann, Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications, WILEY-VCH Verlag GmbH, 2010.
- [5] Ž. Barbarić, A. Pavlović, V. Nikolić, “Impact of Emissivity and Reflectivity of the Object to Estimate Temperature using Infrared Thermal Imaging Camera”, International Conference CONTEMPORARY PROBLEMS OF MATHEMATICS, MECHANICS AND INFORMATICS (CPMMI 2014), State University of Novi Pazar, 2014.
- [6] User’s Manual, Flir Tool/Tools+, <http://support.flir.com>

ANALIZA STABILNOSTI BETONSKE GRAVITACIONE BRANE PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA STABILITY ANALYSIS OF CONCRETE GRAVITY DAM USING FINITE ELEMENT METHOD

Milan Bojović¹, Dragan Rakić¹, Snežana Vulović¹, Miroslav Živković¹
Dejan Divac², Nikola Milivojević², Slobodan Radovanović², Vladimir Milivojević²

*Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu¹
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“²*

Sadržaj – U radu je sprovedena analiza postojećeg stanja betonske gravitacione brane HE Đerdap 1 primenom metode konačnih elemenata. Izvršena je analiza termičkih, filtracionih i naponsko-deformacijskih procesa na osnovu kojih se dobijaju vrednosti uzgonskih sila, napona i deformacija, a zatim metodom redukovane smičuće čvrstoće određen globalni stepena sigurnosti.

Abstract – In this paper it was performed analysis of current state of concrete gravity dam HE Đerdap 1 using finite element method. Analysis of thermic, filtration and stress-strain processes was performed to obtain uplift forces, stress and strain after which safety factor was calculated using Shear Stress Reduction method.

1. UVOD

Na osnovu modela brane, primenom metode konačnih elemenata, izvršena je analiza stabilnosti prelivne brane na Srpskoj strani HE Đerdap 1 upotrebom programskog paketa PAK (Program za Analizu Konstrukcija) [1], [2]. Za pre i post-procesiranje je korišten program Femap [3]. Postupak analize je prikazan na tri karakteristične lamele i analiza je izvršena na nekalibrisanom modelu.

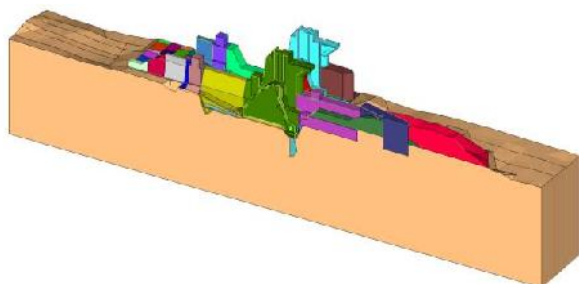
Analiza stabilnosti podrazumeva izvršavanje proračuna na osnovu kojih se dobijaju vrednosti napona i deformacija, a zatim na osnovu metode redukovane smičuće čvrstoće određivanje stepena sigurnosti. Za modele lamela brane sprovode se filtracioni, naponsko-deformacioni proračun [4], [5], [6] i analiza globalne stabilnosti pripadajuće lamele i okolne stenske mase.

Za modeliranje betona i stenske mase koriste se elasto-plastični materijalni modeli, za modeliranje betona koristi se modifikovani elasto-plastični model betona i Mohr-Coulomb materijalni model za okolnu stensku masu i injekcionu zavesu [7], [8], [9].

2. GEOMETRIJA LAMELA

Model predstavlja stanje terena sa zagatom prema poslednjim podvodnim snimcima iz 2014. godine.

U radu su modeliranje tri izabrane lamele 4, 5 i 6 u cilju prikaza metodologije modeliranja.



Slika 1. Prikaz geometrije lamela 4, 5 i 6

U domen jedne lamele, pored same betonske konstrukcije, ulazi u sklop više solida koji predstavljaju elemente injekcione zavese, betonskog tepiha i više različitih oblasti koje su deo stenske mase i korita reke. Pomenuti solidi su prikazani na slici 1 različitim bojama.

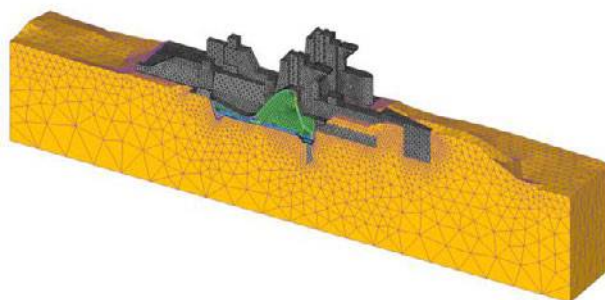
Slapište brane je ankerovano sa 158 čeličnih ankera prečnika 40mm dužine 11 do 19m u stenu. Funkcija ovih ankera je da spreče odizanje slapišta usled sila uzgona.

U modelu konačnih elemenata modelirane su drenažne galerije i šahte. One su realno predstavljene šupljinama unutar modela lamela. Za potrebe filtracionog proračuna prostor galerija i šahti je ispunjen tetraedarskih konačnim elementima, sa koeficijentom filtracije 1m/s.

3. MREŽA KONAČNIH ELEMENATA

Da bi se ispunio uslov optimalnog broja konačnih elemenata, definisane su različite veličine elemenata po zapremini u različitim zonama modela. U telu brane su generisani elementi prosečne veličine 2m, dok je u stenskoj masi zadata inicijalna veličina elemenata od 5m sa faktorom rasta 100 izraženim u procentima. Na ovaj način se na granicama modela, daleko od pregradne konstrukcije, dobiju elementi veličine 10m čime je značajno smanjen broj elemenata (slika 2).

Mreža konačnih elemenata za lamele 4, 5 i 6 je kreirana korišćenjem tetraedarskih konačnih elemenata sa međučvorovima (10 čvorova po elementu). Model se sastoji od 336229 čvorova i 244769 elemenata.



Slika 2. Prikaz mreže konačnih elemenata

4. OPTEREĆENJA I GRANIČNI USLOVI

U nastavku su opisana zadata opterećenja i definisani granični uslovi na modelu konačnih elemenata brane.

Sopstvena težina

Težina brane zavisi od zapremine i gustine. Zbog toga modeli lamela u pogledu geometrije i dimenzija odgovaraju izvedenom stanju brane kao i usvojeni materijalni parametri različitih tela unutar modela.

Sopstvena težina brane, uključujući i deo konstrukcije, sa okolnom stenskom masom se uzima kao inicijalno opterećenje u proračunu čvrstoće. Izračunavanje napona i

pomeranja usled sopstvene težine vrši se u prvom koraku, nakon čega se pomeranja resetuju. Dobijene vrednosti napona predstavljaju početno naponsko stanje za sledeće korake u kojima se razmatra uticaj ostalih opterećenja na branu.

Hidrostatički pritisak

Delovanje hidrostatičkog pritiska, od uticaja gornje i donje vode, zadato je na sve okvašene površine brane. Pritisci su zadati u težištima okvašenih površina konačnih elementa. Na osnovu izmerenih nivoa vode tokom dosadašnje eksploatacije HE Đerdap 1 i na osnovu projektnih slučajeva opterećenja, za proračun su korišćene sledeće vrednosti:

- $KGV_{max}=69,6\text{mm}$
- $KDV_{min}=39,1\text{mm}$

Filtracione sile

Vrednosti filtracionih sila se određuju u proračunu filtracije i koriste se kao opterećenja u proračunu čvrstoće brane.

Na uzvodnom delu konture modela koji odgovara površini terena ili objekta ispod kote gornje vode u jezeru (do radnog zatvarača na prelivu) zadat je potencijal koji je jednak koti gornje vode, na nizvodnom delu konture modela koji odgovara površini terena ili objekta ispod kote donje vode, zadat je potencijal koji je jednak koti donje vode.

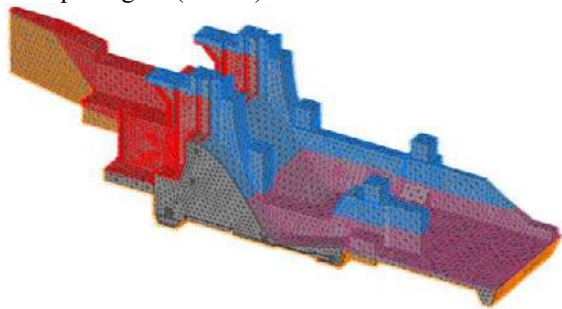
Opterećenje od pritiska vode na ustav

Nivo vode u akumulaciji se održava ustavama na prelivnim poljima (radnim dvostruko kukastim zatvaračima, koji su montirani u najvećim nišama za ustave u stubovima). Ustave se ne modeliraju, ali se opterećenje od vode uzima u obzir tako što se celokupan horizontalni pritisak vode na ustavu raspodeli podjednako na oba stuba na koje se ustava oslanja. Raspodela je površinska (trougona), po površinama oslanjanja ustava.

Ovo opterećenje je zadato preko pritiska na elementima koji se nalaze na unutrašnjoj površini vodice. U modelu je posmatran slučaj brane u normalnoj eksploataciji, pa je spuštena radna ustava, shodno čemu su zadati pritisci na modelu.

Temperaturni uticaj

Na modelu temperatura je zadata po konturi betona lamele, posebno za površine koje su u kontaktu sa vazduhom, vodom i podlogom (slika 3).



Slika 3. Prikaz zadatih temperatura na modelu

Raspodela temperature po zapremini tela brane određuje se na osnovu stacionarne termičke analize, prema zadatim temperaturama na površini lamele. Dobijena raspodela se koristi prilikom strukturne analize kako bi se uzeo u obzir

i uticaj temperature na naponsko-deformacijsko stanje brane. Delovima konture koji su izloženi vazduhu zadaju se konstantne temperature u svim čvorovima. Za usvojeni letnji režim temperatura vazduha iznosi $28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Delovima konture betona koji su pod vodom zadaje se temperatura vode koja se menja po dubini jezera. Data raspodela temperature se formira za letnji režim na osnovu istorijskih merenja na datoj lokaciji.

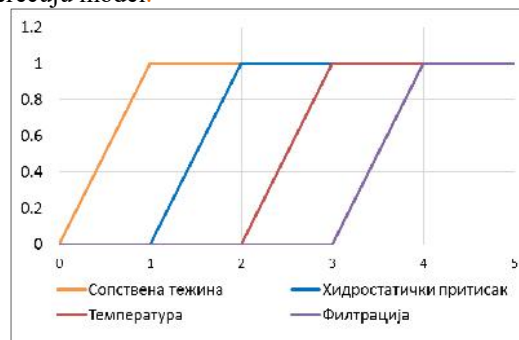
Raspored temperatura za letnji režim je sledeći:

- na dnu akumulacije: $17\text{ }^{\circ}\text{C}$
- na koti 30 mm: $19\text{ }^{\circ}\text{C}$
- na koti 40 mm: $21\text{ }^{\circ}\text{C}$
- na koti 47 mm: $22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- na koti 54 mm: $24\text{ }^{\circ}\text{C}$
- na koti 61 mm: $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- na površini akumulacije: $28\text{ }^{\circ}\text{C}$

Za usvojen letnji režim temperatura stenske mase iznosi $17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Faze zadavanja opterećenja na branu

Analiza brane se sprovodi u četiri koraka, koji su zadati preko odgovarajućih funkcija (slika 4) koje postepeno opterećuju model.



Slika 4. Raspodela faza opterećenja

U prvom koraku se zadaje opterećenje od sopstvene težine koje deluje u preostala tri koraka. Pomeranja koja nastaju usled sopstvene težine se resetuju u proračunu nakon prvog koraka, tako da pomeranja koja se dobiju nakon drugog koraka su nastala samo usled opterećenja koja deluju u drugom koraku, dok se naponi nastali u prvom koraku prenose u ostale.

Hidrostatički pritisak se zadaje postepeno u drugom koraku i deluje u punom iznosu u trećem i četvrtom. Dejstvo temperature se uključuje u trećem koraku, a filtracione sile se zadaju na početku četvrtog koraka.

Grafični uslovi

U analizi naponsko-deformacionih procesa, grafični uslovi su dati po pomeranjima na granicama modela.

Zadati grafični uslovi su:

- Uslov simetrije vertikalnih stranica
- Fiksiranje horizontalne površine dna modela

Na vertikalnim površinama lamele, koje predstavljaju granice između domena lamela koje nisu modelirane zadati su uslovi simetrije. Čvorovima koji pripadaju ovim površinama, sprečeno je pomeranje u upravnom pravcu dok je dozvoljeno pomeranje u ravni.

Najniža površina modela, u prikazanoj orijentaciji, predstavlja dno modela i čvorovima koji pripadaju toj površini sprečena su pomeranja u sva tri pravca. Čvorovi u stenskoj masi na granicama između lamela koje su

modelirane su spojeni. Na ovaj način se stenske mase tri lamele povezuju kako bi se obezbedilo prenošenje opterećenja i deformacija.

5. PARAMETRI MATERIJALNIH MODELA

Za modeliranje ponašanja betona korišćena je modifikovan materijalni model betona zasnovan na Hoek-Braunovom uslovu tečenja. Parametri proračuna za ovaj materijalni modela dati su u tabeli 1.

U analiziranom modelu nisu uzeti u obzir mehanički diskontinuiteti stenske mase (rasedi) ni zone stene sa različitim materijalnim karakteristikama. Ovim je stenska masa posmatrana kao homogena i njeno ponašanje je modelirano Mohr-Coulomb materijalnim modelom čiji parametri su takođe prikazani u tabeli 1. Ovaj materijalni model korišćen je i za modeliranje injekcione zavese ispod brane.

Tabela 1. Vrednosti parametara modela za naponsko-deformacionu analizu

Mohr-Coulomb materijalni model						
Sredina	Modul el.	Poas. k.	Specif. težina	Kohezija	Ugao unu. trenja	Ugao dilatacije
[kPa]			[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[°]
Stenska masa	3.5e6	0.3	26.0	200.0	38	38
Injekk. zavesa	10e6	0.2	25.0	600.0	32	32
Modifikovanimaterijalni model betona						
Sredina	Modul el.	Poas. k.	Specif. težina	Mat. konst. σ_{ci}	Mat. konst. m_i	Mat. konst. σ_{cs}
[kPa]			[kN/m ³]	[kPa]		
Brana	32e6	0.142	24.0	4.5e3	3.082	5.37e-2

Ankeri su napravljeni od čelika, korišćena vrednost modula elastičnosti je 2,1e5 MPa i Poasonov koeficijent 0,3.

Korišćeni koeficijenti filtracije materijala pri filtracionoj analizi prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Koeficijenti filtracije korišćeni u filtracionim proračunima

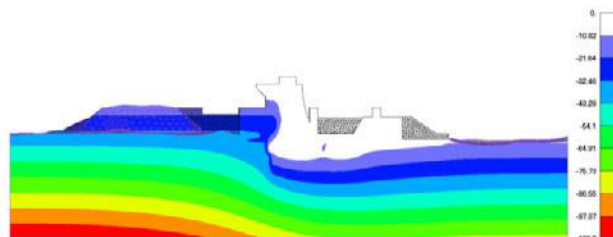
Sredina	Koeficijent filtracije k [m/s]
Stenska masa	1e-8
Injekciona zavesa	1e-9
Brana	1e-14
Fugenbandi	1e-15
Dilatacioni zazori	1
Drenažni kanali	1

6. PRIKAZ REZULTATI ANALIZE STABILNOSTI BRANE

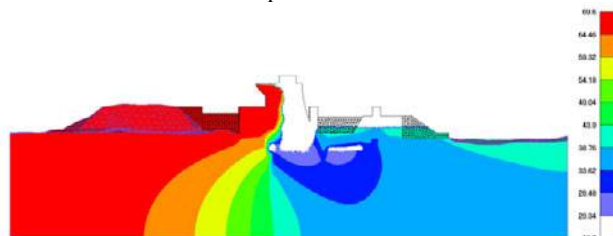
6.1. REZULTATI FILTRACIONIH PRORAČUNA

Rezultati filtracionih proračuna pri normalnom radu sistema za drenažu za najnepogodniju kombinaciju kota gornje (69,6 mm) i donje vode (39,1 mm) prikazani su na sledećim slikama. Biće prikazani samo preseci u osi lamele 4.

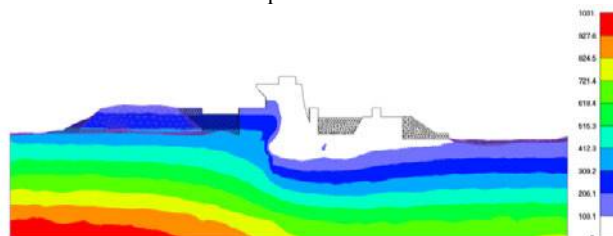
Na slici 5 je prikazano polje raspodele dubine vode u metrima pri radnim uslovima brane za letnji režim. Uticaj injekcione zavese na polje potencijala ispod brane prikazano je na slici 6, dok je raspodela uzgorskog pritiska prikazana na slici 7.



Slika 5. Dubina vode [m] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm presek L4 - O



Slika 6. Polje potencijala pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm presek L4 - O

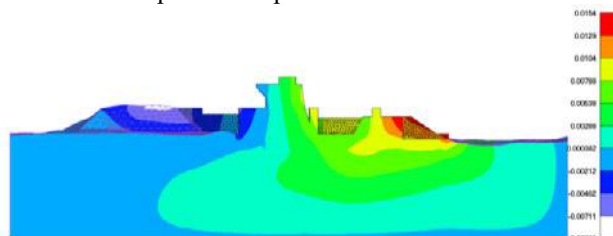


Slika 7. Uzgonski pritisak [kPa] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm presek L4 - O

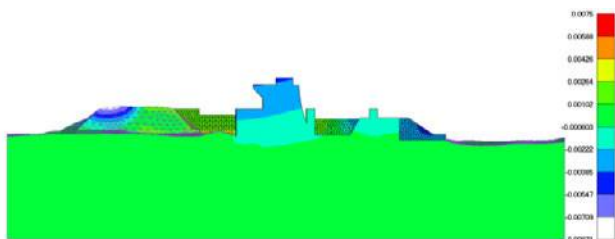
6.2. REZULTATI NAPONSKO-DEFORMACIONIH PRORAČUNA

Rezultati naponsko-deformacionih proračuna, pri prethodno definisanom nivou vode, u letnjem režimu za slučaj kada je sprečen protok vode kroz dilatacione spojnice (fugebandi su u funkciji) i omogućen prodor vode kroz spojnice između tela brane i slapišta prikazani su na sledećim slikama. Biće prikazani samo preseci u osi lamele 4. Vrednosti pomeranja u ostalim preseccima se neznatno razlikuju, u tabeli 3 date su maksimalne vrednosti komponenta pomeranja i ukupnog pomeranja.

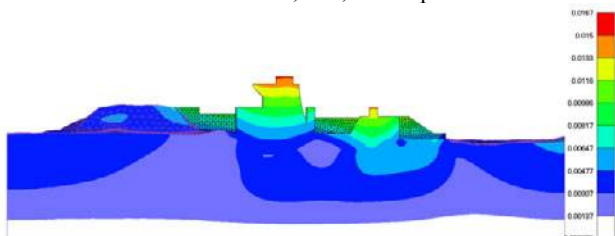
Polje radijalnih pomeranja slika 8, polje tangencijalnih pomeranja slika (upravno na tok Dunava) 9, polje vertikalnih pomeranja slika 10, ukupna pomeranja slika 11, polje radijalne komponente napona slika 12, polje vertikalne komponente napona slika 13.



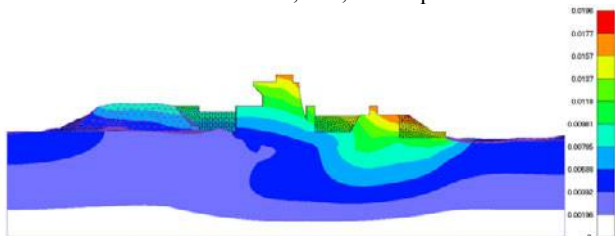
Slika 8. Polje radijalnih pomeranja [mm] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm presek L4 - O



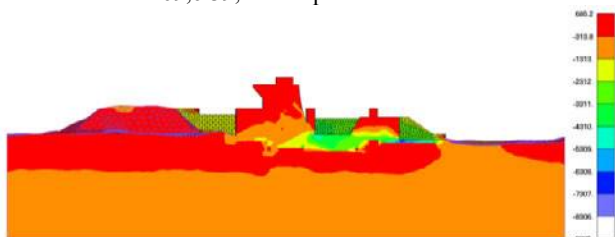
Slika 9. Polje tangencijalnih pomeranja [mm] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm preseka L4 – O



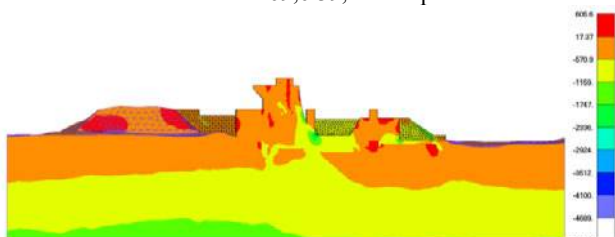
Slika 10. Polje vertikalnih pomeranja [mm] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm preseka L4 – O



Slika 11. Ukupna pomeranja [mm] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm preseka L4 – O



Slika 12. Polje radijalne komponente napona [kPa] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm preseka L4 – O



Slika 13. Polje vertikalne komponente napona [kPa] pri KGVmax/KDVmin = 69,6/39,1 mm preseka L4 – O

Tabela 3. Tabela prikaz maksimalnih vrednosti pomeranja

Vrsta pomeranja	Pomeranje [mm]
radijalna pomeranja	15,4
tangencionalna pomeranja	7,5
vertikalna pomeranja	16,7
ukupna pomeranja	19,6

6.3. DOBIJENI STEPEN SIGURNOSTI

Nakon analize MKE modela za definisani slučaj opterećenja izvršeno je određivanje stepena sigurnosti. Stepenn sigurnosti je određen metodom redukovanja smičuće čvrstoće (en, *Shear Stress Reduction*). Za početne vrednosti parametara materijala su korišćene vrednosti prikazane u tabeli 1. Ovi parametri su zatim postepeno

redukovani sve dok nije narušena stabilnost objekta, tj. do nemogućnosti postizanja konvergencije rezultata.

Izračunata vrednost stepena sigurnosti za posmatrani slučaj iznosi 2.

7. ZAKLJUČAK

U radu je kreirana optimalna mreža konačnih elemenata modela brane, sa elementima manjih dimenzija u zonama oko brane i u samoj brani, dok su u zonama daleko od pregradne konstrukcije kreirani elementi većih dimenzija. Filtracioni proračun je urađen za kombinaciju hidrostatičkog opterećenja KGV=69,6mm i KDV=39,1mm, za slučaj kada fugebandi između lamela ne propuštaju vodu i spojnica između tela brane i slapišta je otvorena, tj. omogućeno je proticanje vode. Prikazana su polja dubine vode, potencijala, uzgonskih pritisaka. Izračunate filtracione sile korišćene su u naponsko–deformacionom proračunu.

Naponsko–deformacioni proračun je izvršen za istu kombinaciju opterećenja kao i filtracioni proračun. Materijalni model za naponsko–deformacionu analizu je zasnovan na elasto–plastičnom modelu materijala za stensku masu i beton. Prikazana su rezultati za polja radijalnih pomeranja, tangencijalnih pomeranja, vertikalnih pomeranja, ukupnih pomeranja, radijalnih napona i vertikalnih napona.

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da ponašanje modela odgovara realnom ponašanju brane. Dobijene vrednosti pomeranja su veće od realnih pomeranja na brani, jer je analiza izvršena na nekalibrisanom modelu. U nastavku analize ovog problema, biće sprovedena kalibracija modela korišćenjem rezultata merenja na realnoj brani.

ZAHVALNICA

Autori izražavaju zahvalnosti za podršku od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije za projekte TR32036 i TR37013.

LITERATURA

- [1] M. Kojić, P. Slavković, M. Živković, N. Grujović, ПAK-C Програм за анализу конструкција MKE, Корисничко упутство, Крагујевац, 2016.
- [2] M. Kojić, N. Filipović, R. Slavković, M. Živković, N. Grujović, N. Zdravković, ПAK-P, Program for FE Analysis of FlowThrough Porous Media, Крагујевац, 1999.
- [3] Siemens, FEMAP User Guide Version 11.2, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2015.
- [4] M. Kojić, P. Slavković, M. Živković, N. Grujović, Метод коначних елемената I Линеарна анализа, Крагујевац: Машински факултет у Крагујевцу, Сестре Јањић 6, Крагујевац, 2010.
- [5] K.-J. Bathe, Finite Element Procedures, 2006.
- [6] W. Koiter, General theorems for elastic-plastic solids, North-Holland, 1960.
- [7] Д. Ракић, Развој и примена материјалних модела порозних медија у статичкој и динамичкој анализи насутих брана, Докторска дисертација, Крагујевац, 2014.
- [8] M. Kojic, K. J. Bathe, Inelastic Analysis of Solids and Structures, 1 edition., Springer, 2004.
- [9] ХЕПС БЕРДАП, Досије главног објекта ХЕ Бердап, Кладово, 1982.

OPTIMIZACIJA PARAMETRA KEJSOVOG INTERPOLACIONOG JEZGRA U SPEKTRALNOM DOMENU

OPTIMIZATION OF THE PARAMETER OF KEYS INTERPOLATION KERNEL IN THE SPECTRAL DOMAIN

Zoran Milivojević¹, Nataša Savić², Zoran Veličković³, Darko Brodić⁴
 Visoka tehnička škola strukovnih studija, A. Medvedeva 20, Niš, Srbija^{1,2,3}
 Tehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bor, Srbija⁴

Sadržaj – U ovom radu izvršena je optimizacija parametra jednoparametarskog Kejsovog jezgra u spektralnom domenu. Kako bi spektralna karakteristika jezgra bila dobra aproksimacija Furijeove transformacije sinc funkcije, izvršena je minimizacija totalne kvadratne greške u propusnom i nepropusnom opsegu. Izbor optimalnih vrednosti Kejsovog IP interpolacionog jezgra obavljen je kod interpolacije audio i govornog signala i slike.

Abstract – This paper shows the optimization of the parameter of one-parameter Keys kernel in the spectral domain. In order to obtain a better approximation of the spectral characteristic of the kernel to the Fourier transform of sinc function, a minimization of the total square error was performed in both low-pass and high-pass range. The choice of the optimal values of Keys IP interpolation kernel was made based on the interpolation of audio and speech signal and image.

1. UVOD

U mnogim oblastima tehnike javlja se potreba za interpolacijom [1-4]. Intenzivno se koristi kod obrade slike (promena dimenzije slike, rotacija idr.). Pri obradi signala najčešće se primenjuje konvoluciona interpolacija [2-6]. Za potrebe konvolucione interpolacije razvijeno je mnogo interpolacionih jezgara, počev od jezgra drugog reda (**engl. quadratic kernel**), preko trećeg reda (**engl. cubic kernel**) i višeg reda [7-10]. Najčešće se upotrebljavaju kubna jezgra jer predstavljaju kompromis između brzine izvršavanja i numeričke preciznosti. Značajnu ulogu imaju kubna parametarska jezgra, jer izborom vrednosti parametra moguće je kontrolisati efikasnost primene jezgra kod rešavanja problema u različitim oblastima. U svom bazičnom radu [4] Keys je predložio primenu kod rekonstrukcije slike i opisao algoritam za određivanje optimalne vrednosti parametra α (α_{opt}). Algoritam se bazira na primeni Tejlorovog razvoja. U [9] je predložen izbor optimalnog parametra u spektralnom domenu. Algoritam je baziran na izračunavanju amplitudske karakteristike i minimiziranju talasavosti karakteristike u propusnom opsegu. U [10] Mejerling je odredio α_{opt} na osnovu uslova da amplitudska karakteristika bude ni konveksna ni konkavna u $f=0$. U radu [11] prikazana je analiza zasnovana na određivanju nagiba amplitudske karakteristike na granici propusnog i nepropusnog opsega.

U ovom radu analizirana je efikasnost 1P Kejsovog jezgra u spektralnom domenu. Optimalna vrednost parametra

jezgra određena je uz minimiziranje ukupne kvadratne greške (**engl. Total Square Error-TSE**) određene u propusnom i nepropusnom opsegu.

Organizacija rada je sledeća: U Sekciji 2 opisano je Kejsovo jednoparametarsko konvoluciono jezgro. U Sekciji 3 opisani su različiti algoritmi optimizacije parametra jezgra. Eksperimentalni rezultati i analiza nalazi se u Sekciji 4. Sekcija 5 je zaključak.

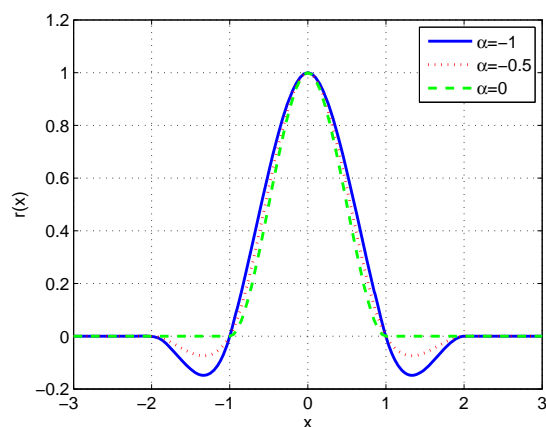
2. OPTIMIZACIJA PARAMETRA JEZGRA

2.1 Kejsovo jednoparametarsko jezgro

Kejs u [4] studiozno proučava tehniku konvolucione interpolacije i jednoparametarsko kubno interpolaciono jezgro:

$$r(x) = \begin{cases} (\alpha + 2)|x|^3 - (\alpha + 3)|x|^2 + 1 & , 0 < |x| \leq 1 \\ \alpha|x|^3 - 5\alpha|x|^2 + 8\alpha|x| - 4\alpha & , 1 < |x| \leq 2, \\ 0 & , |x| > 2 \end{cases} \quad (1)$$

Na slici (1) prikazano je Kejsovo IPC jezgro za neke vrednosti parametra jezgra.



Slika 1. Jednoparametarsko Kejsovo jezgro za neke vrednosti parametra α

2.2. Optimizacija parametra u prostornom domenu

U [4] je prikazan algoritam određivanja optimalnog parametra jezgra minimiziranjem interpolacione greške. Interpolaciona greška je definisana kao razlika između uzorkovane funkcije $f(x)$ i interpolacione funkcije $g(x)$. Interpolaciona funkcija $g(x)$ predstavljena je u sledećem obliku:

$$g(x) = \sum_k c_k r\left(\frac{x-x_k}{h}\right), \quad (2)$$

gde je c_k vrednost interpolacione funkcije u interpolacionom čvoru x_k , r interpolaciono jezgro, a h korak semplovanja, $h = x_k - x_{k-1}$.

Vrednost interpolacione funkcije u interpolacionom čvoru x_j je:

$$\begin{aligned} g(x_j) &= \sum_k c_k r\left(\frac{x_j - x_k}{h}\right) \\ &= \sum_k c_k r\left(\frac{(j-k)h}{h}\right) = \sum_k c_k r(j-k) \end{aligned} \quad (3)$$

Generalno, interpolaciona funkcija (1) može se prikazati kao:

$$g(x) = \sum_k c_k r(s+j-k), \quad (4)$$

gde je $s = (x - x_j)/h$, $0 < s < 1$, $(x - x_k)/h = (x - x_k + x_k - x_j)/h = s + j - k$. Uzimajući u obzir da je jezgro izvan intervala $[-2, 2]$ jednako nuli (4) se može zapisati u obliku:

$$\begin{aligned} g(x) &= c_{j-1}r(s+1) + c_j r(s) + \\ &+ c_{j+1}r(s-1) + c_{j+2}r(s-2) \end{aligned} \quad (5)$$

Zamenom (1) u (5) dobija se:

$$\begin{aligned} g(x) &= c_{j-1}(as^3 - as^2 + a) \\ &+ c_j((\alpha+2)s^3 + (\alpha+3)s^2 + 1) \\ &+ c_{j+1}(-(\alpha+2)s^3 + (2\alpha+3)s^2 + as) \\ &+ c_{j+2}(-as^3 + as^2) \end{aligned} \quad (6)$$

Uz pretpostavku da interpolirana funkcija f ima na intervalu $[x_j, x_{j+1}]$ neprekidne izvode najmanje trećeg reda, primenom Tejlorovog razvoja na interpoliranu funkciju u okolini x_j dobija se:

$$f(x) = f(x_j) + f'(x_j)(x-x_j) + f''(x_j)\frac{(x-x_j)^2}{2} + O(h^3), \quad (7)$$

gde je $O(h^3)$ ostatak razvoja, odnosno greška aproksimacije.

Kako je $(x - x_j) = sh$ sledi:

$$f(x) = f(x_j) + shf'(x_j) + \frac{s^2 h^2 f''(x_j)}{2} + O(h^3). \quad (8)$$

Koeficijenti (6) c_{j-1}, \dots, c_{j+2} , određuju se iz (7) zamenom x sa x_{j-1}, \dots, x_{j+2} respektivno, nakon čega se interpolaciona funkcija može se zapisati u obliku:

$$\begin{aligned} g(x) &= -(2\alpha+1)\left[2f'(x_j)h + f''(x_j)h^2\right]s^3 \\ &+ \left[(6\alpha+3)f'(x_j)h + (4\alpha+3)f''(x_j)\frac{h^2}{2}\right]s^2 \\ &+ 2f'(x_j)hs + f(x_j) + O(h^3) \end{aligned} \quad (9)$$

Greška interpolacije određuje se kao razlika:

$$\begin{aligned} f(x) - g(x) &= (2\alpha+1)\left[2f'(x_j)h + f''(x_j)h^2\right]s^3 \\ &- (2\alpha+1)\left[3f'(x_j)h + 2f''(x_j)h^2\right]s^2 \\ &+ (2\alpha+1)shf'(x_j) + O(h^3) \end{aligned} \quad (10)$$

Kod rekonstruisanja funkcije polinomom stepena $n \geq 3$ izborom parametra α moguće je obezediti da interpolaciona funkcija ne pravi grešku do trećeg reda.

Na osnovu (10) zaključuje se da je:

$$2\alpha+1=0 \Rightarrow \alpha = -0.5. \quad (11)$$

2.3 Optimizacija parametra u spektralnom domenu

2.3.1 Optimizacija na osnovu Tejlorovog razvoja

U radu [9] prikazana je optimizacija 1P Kejsovog jezgra u spektralnom domenu. Jezgro r definisano jednačinom (1) može se zapisati u obliku zbira komponenata:

$$r(x) = r_0(x) + \alpha r_1(x), \quad (12)$$

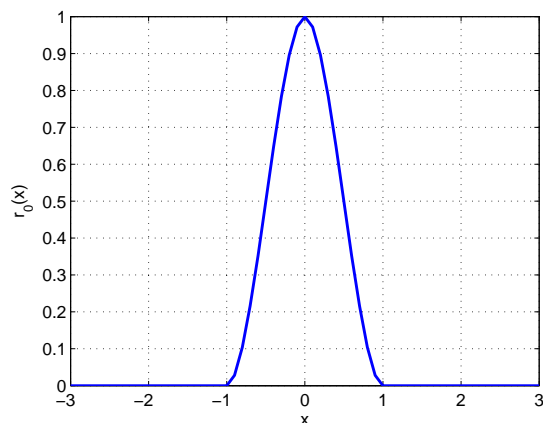
gde su:

$$r_0(x) = \begin{cases} 2|x|^3 - 3|x|^2 + 1, & |x| \leq 1 \\ 0, & |x| > 1 \end{cases} \quad (13)$$

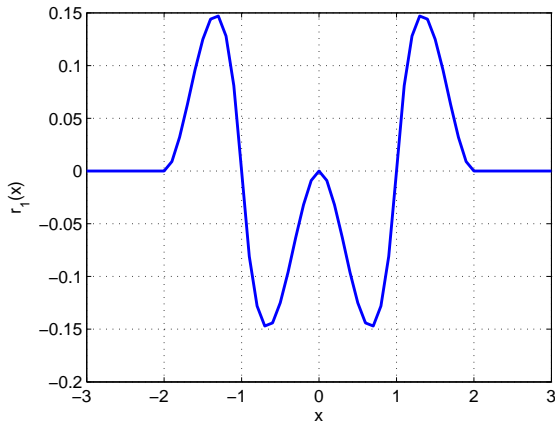
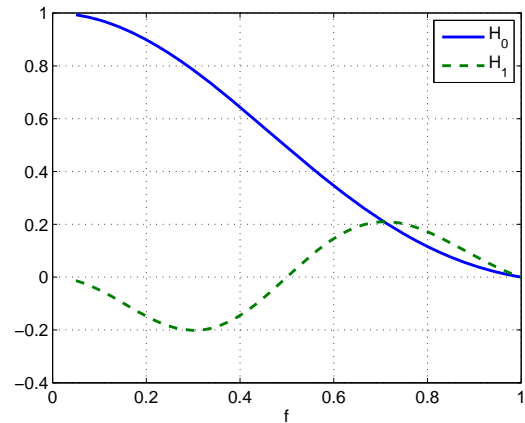
i

$$r_1(x) = \begin{cases} |x|^3 - |x|^2, & |x| \leq 1 \\ |x|^3 - 5|x|^2 + 8|x| - 4, & 1 < |x| \leq 2 \\ 0, & |x| > 2 \end{cases} \quad (14)$$

Komponente jezgra prikazane su na sl. 2 (r_0) i sl. 3 (r_1).



Slika 2. Komponenta r_0 1P Kejsovog jezgra.

Slika 3. Komponenta r_1 1P Kejsovog jezgra.Slika 4. Spektralne komponente H_0 i H_1 .

Primenom Furijeove transformacije nad jezgrom $r(x)$ dobija se spektralna karakteristika jezgra:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r(x) e^{-2\pi x f} dx = H_0(f) + \alpha H_1(f), \quad (15)$$

gde su :

$$H_0(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r_0(x) e^{-2\pi x f} dx, \quad (16)$$

i

$$H_1(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r_1(x) e^{-2\pi x f} dx, \quad (17)$$

spektralne komponente jezgra.

Uzimajući u obzir definiciju komponenata r_0 i r_1 , nakon primene parcijalne integracije i odgovarajućih trigonometrijskih transformacija, spektralne komponente jezgra mogu se zapisati u obliku:

$$H_0(f) = \frac{6 \sin^2(\pi f) - 3\pi f \sin(2\pi f)}{2\pi^2 f^2} = \frac{3(\text{Sinc}^2(f) - \text{Sinc}(2f))}{\pi^2 f^2}, \quad (18)$$

i

$$H_1(f) = \frac{2(3\text{Sinc}^2(f) - 2\text{Sinc}(2f) + \text{Sinc}(4f))}{\pi^2 f^2}. \quad (19)$$

Spektralne komponente jezgra prikazane su na sl. 4.

Razvojem u Tejlrov red u okolini $f=0$ spektralnih komponenata H_0 (H_{T0}) i H_1 (H_{T1}) dobija se Tejlrov razvoj spektralne karakteristike jezgra:

$$H_T(f) = H_{T0}(f) + \alpha H_{T1}(f) = 1 - \frac{4}{15}(2\alpha + 1)(\pi f)^2 + \frac{1}{35}(16\alpha + 1)(\pi f)^4 + o((\pi f)^6). \quad (20)$$

U radu [9], u cilju smanjenja talasavosti funkcije u propusnom opsegu predloženo je da koeficijent uz drugi član Tejlrovog razvoja spektralne karakteristike $H_T(f)$ bude jednak nuli, odakle je:

$$2\alpha + 1 = 0 \Rightarrow \alpha = -0.5. \quad (21)$$

2.3.2 Optimizacija na osnovu srednje kvadratne greške

Autori ovog rada izvršili su optimizaciju parametra jezgra r u spektralnom domenu. Osnovna ideja je da spektralna karakteristika jezgra bude dobra aproksimacija karakteristike jezgra oblika $\sin x/x$ u propusnom i nepropusnom opsegu. Spektralna karakteristika jezgra $\sin x/x$ je idealna pravougaona funkcija $H_B(f)$ koja ima vrednost 1 u intervalu $[0-0.5]$ i vrednost 0 u intervalu $[0.5-1]$.

Ukupna srednje kvadratna greška je:

$$E_T = \int_{-1}^1 |H_B(f) - H(f)|^2 df = 2 \int_0^1 |H_B(f) - H(f)|^2 df = 2 \left(\int_0^{0.5} |1 - H(f)|^2 df + \int_{0.5}^1 |H(f)|^2 df \right). \quad (22)$$

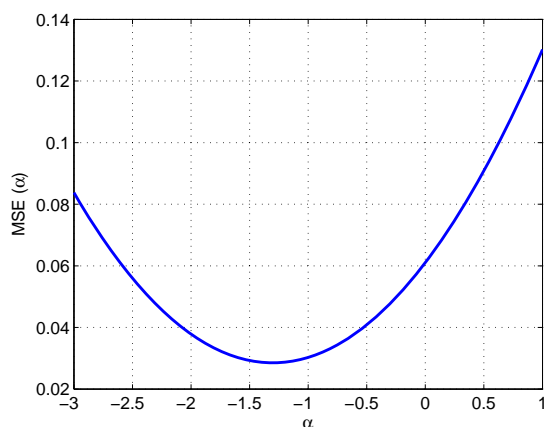
Prelaskom sa kontinualne frekventne ose na diskretnu podelom segmenta $[0-1]$ na M segmenata, diskretni oblik srednje kvadratne greške (MSE) je:

$$\begin{aligned}
 MSE &= \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} |H_B(f_k) - H(f_k)|^2 \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{\frac{M-1}{2}} |1 - H(f_k)|^2 \\
 &\quad + \frac{1}{M} \sum_{k=\frac{M-1}{2}+1}^M |0 - H(f_k)|^2
 \end{aligned} \quad (23)$$

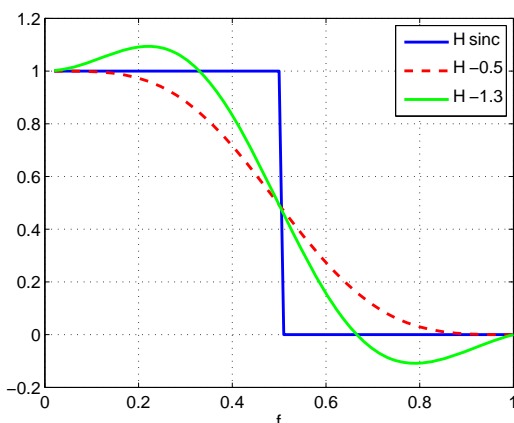
S obzirom da je:

$$H(f) = H_0(f) + \alpha H_1(f) = H(f, \alpha). \quad (22)$$

srednja kvadratna greška MSE je zavisna od parametra α . Optimalna vrednost parametra α određena je na osnovu pozicije minimalne vrednosti $MSE(\alpha)$, $\alpha_{opt} = -1.3$. Zavisnost $MSE(\alpha)$ u opsegu $\alpha = (-3, 1)$ prikazana je na slici 5. Na slici 6 prikazane su spektralne karakteristike H_{sinc} , $H(f, -0.5)$ i $H(f, -1.3)$



Slika 5. Zavisnost MSE od parametra α .



Slika 6. Spektralne karakteristike idealnog interpolacionog jezgra i 1P Kejsovog jezgra.

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

3.1 Eksperiment

Izbor optimalnih vrednosti Kejsovog 1P interpolacionog jezgra obavljen je kod interpolacije:

a) audio i govornog signala i b) slike.

Procesom interpolacije menjan je broj odmeraka kod audio signala i to za frekvencije semplovanja $F_s = \{4, 8, 11.025, 16, 22.05, 32, 44.1, 48\}$ kHz. U procesu interpolacije izračunavana je srednje kvadratna greška gde je na osnovu semplova $\{i-2, i, i+2, i+4\}$ interpoliran $i+1$. Ovaj postupak je ponavljan za ceo signal poevši od $i=2$ do $i=M-2$, gde je M dužina niza.

3.2 Baza

Bazu čine:

a) audio signali dobijeni snimanjem tonova izvedenih na klaviru August Foster (proizveden 1969 godine u Čehoslovačkoj),

b) govorni signali dobijeni snimanjem govornika u okviru projekta procene fundamentalne frekvencije, realizovanog na Visokoj tehničkoj školi u Nišu. Semplovanje je obavljeno sa frekvencijama semplovanja $F_s = \{4, 8, 11.025, 16, 22.05, 32, 44.1, 48\}$ kHz. Snimljeni materijal arhiviran je u obliku wav fajlova,

c) standardne test slike su: Lena, Barbara, Camerman, Goldhill, Pappers, Boats, Baboon, arhivirane u obliku jpeg fajla.

3.3 Rezultati

Nagib spektralne karakteristike jezgra u graničnoj tački propusnog opsega $f=0.5$ prikazan je u Tabeli 1. Vrednosti $MSE_{min}(\alpha)$ i α_{opt} za audio signal, govorni signal i sliku prikazane su u Tbl. 2, Tbl. 3 i Tbl. 4 respektivno. Zavisnost $MSE(\alpha)$ prikazana je na Sl. 7-Sl. 11.

Tabela 1. Nagib spektralne karakteristike u zavisnosti od parametra α .

α	$H'(0.5)$
-1.3	-3.6179
-0.5	-2.3210

Tabela 2. $MSE_{min}(\alpha)$ i α_{opt} kod interpolacije audio signala za različite frekvencije semplovanja.

F_s [Hz]	$MSE_{min}(\alpha)$	α_{opt}
48000	$1.2682 \cdot 10^{-8}$	-0.5000
44100	$1.9692 \cdot 10^{-8}$	-0.5000
32000	$8.7475 \cdot 10^{-8}$	-0.6000
22050	$6.9031 \cdot 10^{-7}$	-0.6000
16000	$4.2449 \cdot 10^{-6}$	-0.6000
11025	$2.6543 \cdot 10^{-5}$	-0.6000
8000	$8.9954 \cdot 10^{-5}$	-0.7000
4000	0.0015	-0.8000

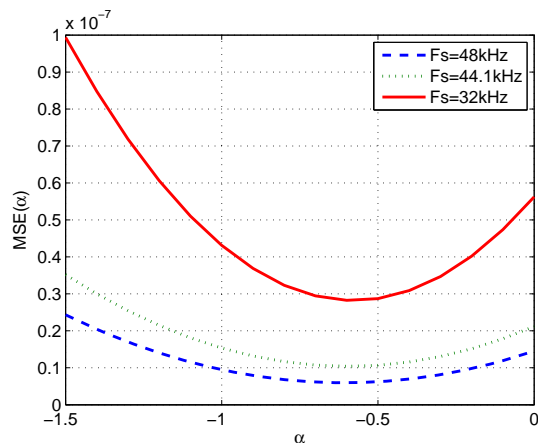
Tabela 3. $MSE_{min}(\alpha)$ i α_{opt} kod interpolacije govornog signala za različite frekvencije semplovanja.

F_s [Hz]	$MSE_{min}(\alpha)$	α_{opt}
48000	$5.9694 \cdot 10^{-9}$	-0.6000

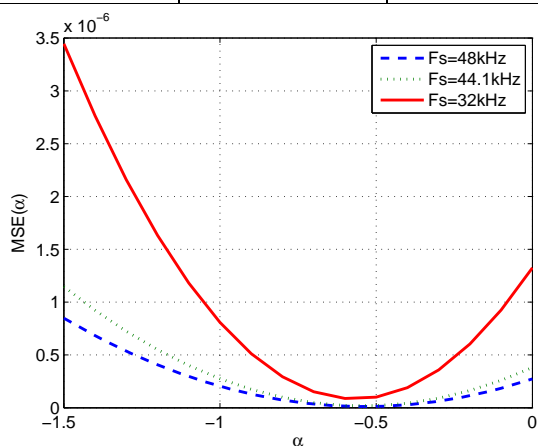
44100	$1.0397 \cdot 10^{-8}$	-0.6000
32000	$2.8246 \cdot 10^{-8}$	-0.6000
22050	$8.5591 \cdot 10^{-8}$	-0.6000
16000	$2.3091 \cdot 10^{-7}$	-0.7000
11025	$1.0155 \cdot 10^{-6}$	-0.6000
8000	$2.6106 \cdot 10^{-6}$	-0.6000
4000	$2.0927 \cdot 10^{-5}$	-0.9000

Tbl. 4 $MSE_{min}(\alpha)$ i α_{opt} kod interpolacije slike.

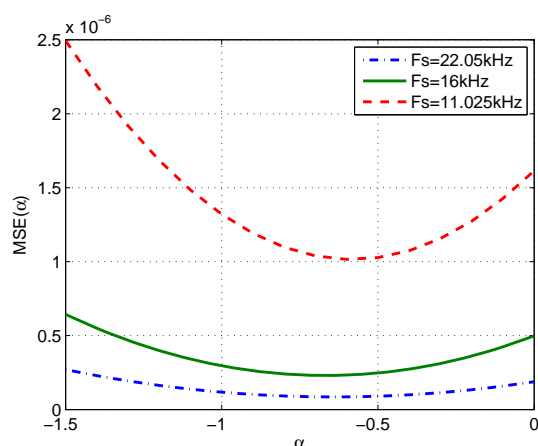
Slika	$MSE_{min}(\alpha)$	α_{opt}
Lena	39.1490	-0.6000
Barbara	262.1382	0.2000
Camerman	238.4147	-0.3000
Goldhill	103.9335	-0.2000
Pappers	103.1632	-0.5000
Boats	263.2281	0.3000
Baboon	345.4822	0.3000



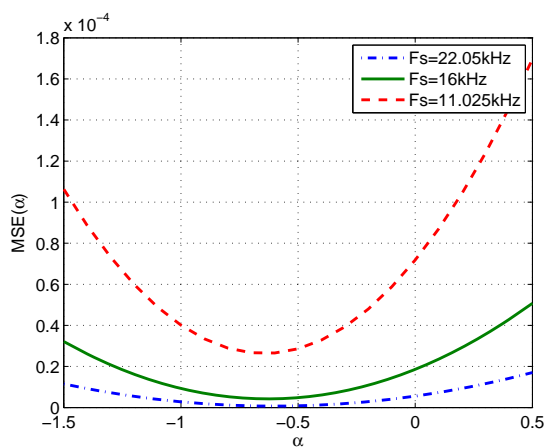
Slika. 9 $MSE(\alpha)$ kod govornog signala za frekvencije $F_s = \{48, 44.1, 32\}$ kHz.



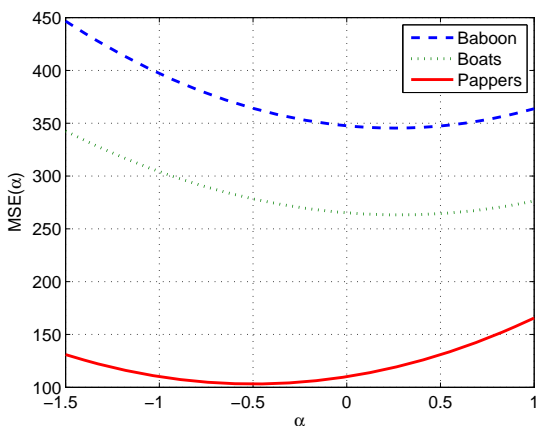
Slika 7. $MSE(\alpha)$ kod audio signala za frekvencije $F_s = \{48, 44.1, 32\}$ kHz.



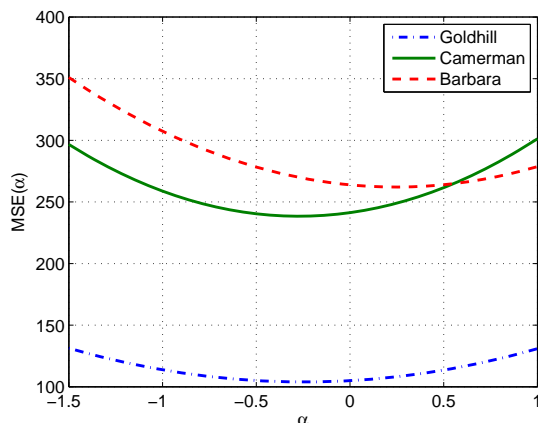
Slika. 10 $MSE(\alpha)$ kod govornog. signala za frekvencije $F_s = \{22.05, 16, 11.025\}$ kHz.



Slika 8. $MSE(\alpha)$ kod audio signala za frekvencije $F_s = \{22.05, 16, 11.025\}$ kHz.



Slika 11. $MSE(\alpha)$ kod test slika: Baboon, Boats, Pappers.



Slika 12. MSE (α) kod test slika: Goldhill, Camerman, Barbara.

3.3 Analiza rezultata

Primena algoritama iz [4] (opisan u Sekciji 3.1) i [9] (opisan u Sekciji 3.2) određena je optimalna vrednost parametra jezgra $\alpha = -0.5$. Primenom algoritma koji je opisan u Sekciji 3.3 optimalna vrednost je $\alpha = -1.3$. Različite vrednosti dobijene su zbog različitih uslova na osnovu kojih je vršena optimizacija. U algoritmu iz [4] uslov je bio da može bez greške da se izvrši interpolacija polinomom do trećeg reda. U algoritmu iz [10] uslov je bio da u spektralnom domenu karakteristika jezgra bude 'ni konkavna ni konveksna'. U algoritmu iz sekcije 3.3 uslov je bio dobra usaglašenost sa idealnim interpolacionim jezgrom $\text{sinc}x/x$. U cilju međusobnog upoređivanja $H(f, -0.5)$ i $H(f, -1.3)$, primenjen je algoritam opisan u radu [11] gde se na osnovu prvog izvoda određuje nagib spektralne karakteristike jezgra u graničnoj tački propusnog opsega ($f=0.5$). Kako je $|H'(0.5, -0.5)| < |H'(0.5, -1.3)|$ to je u ovom slučaju optimalni parametar jezgra $\alpha = -1.3$. Kod audio, govornog signala i slike s obzirom da je $\text{MSE}(-1.3) > \text{MSE}(-0.5)$ to je optimalan izbor parametra $\alpha = -0.5$.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su različiti algoritmi optimizacije parametra Kejsovog jednoparametarskog kubnog interpolacionog jezgra. Kako su kriterijumi optimizacije bili različiti to su za optimalnu vrednost parametra dobijene različite vrednosti. Nakon primene jezgra sa vrednostima parametra iz intervala $(-1.5 - 0)$ i izvršene interpolacije kod audio i govornog signala i slike može se zaključiti da je za audio signal $\alpha_{opt} \in (-0.8 - -0.5)$, za govor $\alpha_{opt} \in (-0.9 - -0.6)$, a za sliku $\alpha_{opt} \in (-0.6 - 0.3)$.

LITERATURA

[1] D. P. Mitchell and A. N. Netravali, "Reconstruction filters in computer graphics", *Comp. Graphics*, Vol. 22, No. 4, pp. 221-288, Aug. 1988.

- [2] 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.
- [3] Z. Milivojević, M. Mirković, P. Rajković, "Estimating of the fundamental frequency by the using of the parametric cubic convolution interpolaton", *International Scientific Conference UNITECH '04*, Session: Electronics and Communication Engineering, pp. 138-141, Gabrovo, Bulgaria, 2004.
- [4] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", *IEEE Trans. Acout. Speech, & Signal Processing*, Vol. ASSP-29, pp. 1153-1160, Dec. 1981.
- [5] 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.
- [6] S. E. Reicherbach, "Two-Dimensional Cubic Convolution", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 12, no. 8, pp. 857-865, Aug. 2003.
- [7] N. A. Dodgson, "Quadratic interpolation for image resampling", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 6, no.9, pp. 1322-1326, Sept. 1997.
- [8] N.Savić, Z. Milivojević, "Analiza efikasnosti Polya racionalnog parametarskog interpolacionog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije", *Zbornik IT'15*, pp.132-136, 2015
- [9] K. S. Park, R. A. Schowengerdt, "Image reconstruction by parametric cubic convolution", *Computer Vision, Graphics & Image Processing*, Vol. 23, pp. 258-272, 1983.
- [10] E. Mejerling, K. Zuiderveld, M. Viergever, "Image Reconstruction by Convolution with Simetrical Piecewise nth-Order Polynomial Kernels", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 8, No. 2, pp. 192-201, Feb. 1999.
- [11] O. Pianykh, "Finitely-Supported L_2 Optimal Kernels for Digital Signal Interpolation", *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 60, No. 1, pp. 494-498, January. 2012.

ANALIZA TAČNOSTI TETRAEDARSKIH KONAČNIH ELEMENATA SA I BEZ MEĐUČVOROVA

ACCURACY ANALYSIS OF TETRAHEDRAL FINITE ELEMENTS WITH AND WITHOUT MIDNODES

Milan Bojović¹, Dragan Rakić¹, Miroslav Živković¹
Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu¹

Sadržaj – U radu je izvršeno poređenje tačnosti rezultata dobijenih upotrebom 3D konačnih elemenata, sa i bez međučvorova, oblika tetraedra i heksaedra za dva primera sa analitičkim rešenjem.

Abstract – In this paper it was performed comparison of results from 3D finite elements with and without midnodes of tetrahedral and hexagonal shaped elements for two examples with analytical solutions.

1. UVOD

Naponsko-deformacioni proračun je sproveden u tri softverska paketa, PAK [1], Nastran [2] i Abaqus [3], sa ciljem poređenja tačnosti tetraedarskih elemenata ugrađenih u program PAK.

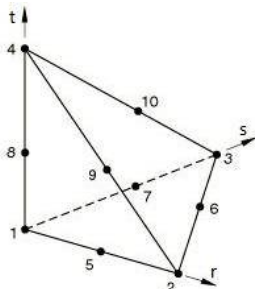
PAK (Program za Analizu Konstrukcija) je softver za analizu metodom konačnih elemenata, koji se razvija na Fakultetu inženjerskih nauka u sklopu Laboratorije za inženjerski softver. Program se sastoji od više modula (PAK-S - strukturna analiza, PAK-T - linearna i nelinearna termička analiza, PAK-F - analiza laminarnog protoka nestišljivog fluida, PAK-P - analiza protoka fluida kroz deformabilne porozne medije, PAK-B - analize u oblasti biomehanike, modeliranje mišića, vezivnog tkiva, protoka krvi, PAK-FM - analiza problema mehanike loma i zamora). Program u sebi ima ugrađen veliki broj različitih 1D, 2D i 3D tipova konačnih elemenata, kao i veliki broj linearnih i nelinearnih materijalnih modela. Jedno od poslednjih poboljšanja u programu je i implementacija 3D tetraedarskih elemenata sa međučvorovima, čije su interpolacione funkcije date u teorijskom delu.

Nastran i Abaqus su dva od najčešće korišćenih komercijalnih programa za analizu metodom konačnih elemenata, sa mogućnosti međusobnog eksportovanja i učitavanja fajlova sa podacima o modelu, zbog čega su i izabrani za poređenje.

Mreža konačnih elemenata za izabrane primere je pripremljena u programskom paketu Femap, unutar koga su zadata definisana ograničenja i opterećenja.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Tetraedarski konačni element sa međučvorovima prikazan je na slici 1. U tabeli 1 date su interpolacione funkcije korišćene za linearni i nelinearni element [4], [5], [6].



Slika 1. Tetraedarski konačni element sa međučvorovima

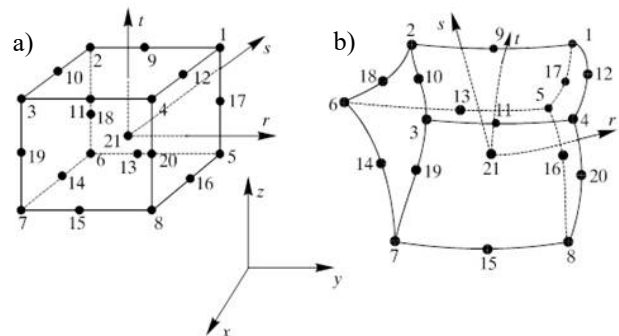
Tabela 1. Interpolacione funkcije za tetraedarski konačni element

		$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	$i=9$	$i=10$
h_1	$1-r-s-t$	$-\frac{1}{2}h_5$		$-\frac{1}{2}h_7$	$-\frac{1}{2}h_8$		
h_2	r	$-\frac{1}{2}h_5$	$-\frac{1}{2}h_6$			$-\frac{1}{2}h_9$	
h_3	s		$-\frac{1}{2}h_6$	$-\frac{1}{2}h_7$			$-\frac{1}{2}h_{10}$
h_4	t				$-\frac{1}{2}h_8$	$-\frac{1}{2}h_9$	$-\frac{1}{2}h_{10}$
h_5	$4r(1-r-s-t)$						
h_6	$4rs$						
h_7	$4s(1-r-s-t)$						
h_8	$4t(1-r-s-t)$						
h_9	$4rt$						
h_{10}	$4st$						

Za 3D konačni element heksaedra sa osam čvorova interpolacione funkcije su [7]:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= \frac{1}{8}(1+r)(1+s)(1+t) & h_5 &= \frac{1}{8}(1+r)(1+s)(1-t) \\
 h_2 &= \frac{1}{8}(1-r)(1+s)(1+t) & h_6 &= \frac{1}{8}(1-r)(1+s)(1-t) \\
 h_3 &= \frac{1}{8}(1-r)(1-s)(1+t) & h_7 &= \frac{1}{8}(1-r)(1-s)(1-t) \\
 h_4 &= \frac{1}{8}(1+r)(1-s)(1+t) & h_8 &= \frac{1}{8}(1+r)(1-s)(1-t)
 \end{aligned} \quad (1.1)$$

Funkcije su linearne po r, s, t i njihov položaj je prikazan na slici 2 u prirodnom i globalnom koordinatnom sistemu.



Slika 2. 3D element sa 21 čvorom a) Prirodni koordinatni sistem, r, s, t . b) Dekartov koordinatni sistem x, y, z

Prema numeraciji sa slike 2 interpolacione funkcije sa uključenim međučvorovima se mogu izraziti:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= g_1 - \frac{1}{2}(g_9 + g_{12} + g_{17}) & h_5 &= g_5 - \frac{1}{2}(g_{13} + g_{16} + g_{17}) \\
 h_2 &= g_2 - \frac{1}{2}(g_9 + g_{10} + g_{18}) & h_6 &= g_6 - \frac{1}{2}(g_{13} + g_{14} + g_{18}) \\
 h_3 &= g_3 - \frac{1}{2}(g_{10} + g_{11} + g_{19}) & h_7 &= g_7 - \frac{1}{2}(g_{14} + g_{15} + g_{19}) \quad (1.2) \\
 h_4 &= g_4 - \frac{1}{2}(g_{11} + g_{12} + g_{20}) & h_8 &= g_8 - \frac{1}{2}(g_{15} + g_{16} + g_{20}) \\
 & & h_k &= g_k \quad k = 9, 10, \dots, 20 \\
 & & h_k &= 0 \quad \text{ako \u010dvor ne postoji}
 \end{aligned}$$

gde su funkcije g_i odre\u0111ene:

$$\begin{aligned}
 g_k &= G(r, r_k)G(s, s_k)G(t, t_k) \\
 G(\beta, \beta_k) &= \frac{1}{2}(1 + \beta_k \beta) \quad \text{za } \beta_k = \pm 1 \quad \beta = r, s, t \quad (1.3) \\
 G(\beta, \beta_k) &= 1 - \beta^2 \quad \text{za } \beta_k = 0
 \end{aligned}$$

Na slici 2 se vidi i \u010dvor 21 u te\u017ei\u0161tu elementa, on nije kori\u0161ćen pri analizi ve\u0107 su pore\u0111eni elementi sa 8 i 20 \u010dvorova.

3. ANALIZIRANI PRIMERI

3.1. TEST PRIMER 1 - UVIJENA GREDA

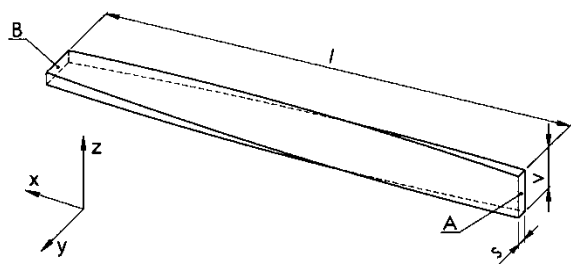
Uvijena greda prikazana na slici 3, na jednom svom kraju, ima fiksirana pomeranja u svim pravcima, a na drugom je zadata sila koja optere\u0107uje gredu na savijanje [8]. Definirana su dva slu\u010daja optere\u0107enja u zavisnosti od pravca dejstva sile.

Analizirano je kori\u0161ćenje heksaedarskih i tetraedarskih 3D kona\u010dnih elemenata za razli\u010diti broj podela po du\u017einu grede slika 4 i 5.

Dimenzije grede: du\u017eina $l = 12m$, visina $v = 1.1m$ \u0161irina $s = 0.32m$

Stranice povr\u0161ine A i povr\u0161ine B su me\u0111usobno zarotirane za 90° .

Materijalne karakteristike: modul elasti\u010dnosti $E = 29MPa$ Poasonov koeficijent $\nu = 0.3$.



Slika 3. Geometrija uvijene grede

Ograni\u010denja: na povr\u0161ini A su ograni\u010dena pomeranja $u_x = 0, u_y = 0, u_z = 0$.

Optere\u0107enje:

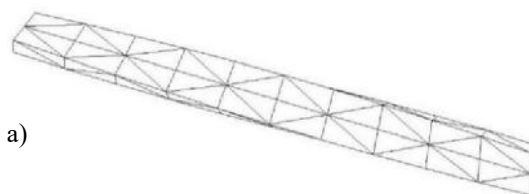
Test 1: optere\u0107enje je zadato preko sile na povr\u0161inu B u pravcu y ose: $F_y = 1N$

Test 2: optere\u0107enje je zadato preko sile na povr\u0161inu B u pravcu z ose: $F_z = 1N$

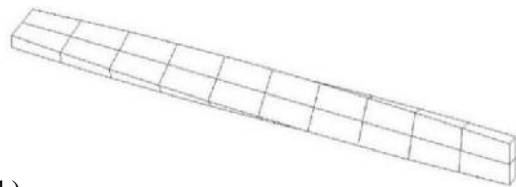
Analiti\u010dka re\u0161enja:

Test 1: za optere\u0107enje u pravcu y ose $F_y = 1N$, pomeranje slobodnog kraja grede iznosi $u_y = 5.42mm$

Test 2: za optere\u0107enje u pravcu z ose $F_z = 1N$, pomeranje slobodnog kraja grede iznosi $u_z = 1.75mm$

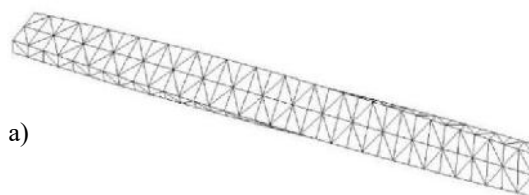


a)

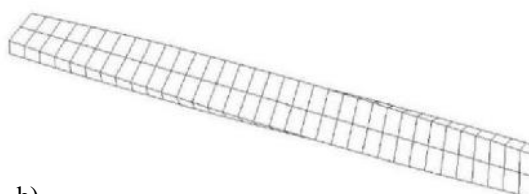


b)

Slika 4. Izgled grube mre\u017ee a) tetraedar b) heksaedar



a)



b)

Slika 5. Izgled fine mre\u017ee a) tetraedar b) heksaedar

U tabelama 2 i 3 dat je uporedni prikaz numerikih re\u0161enja ukupnih maksimalnih vrednosti pomeranja pri optere\u0107enju definisanom u testu 1. Numeri\u010dka re\u0161enja za test 2 data su u tabelama 4 i 5, re\u0161enja su data u milimetrima.

Tabela 2. Test 1, numerikih rezultati za tetraedarske elemente $u_y = 5.42mm$

Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	0.329	0.694	1.125
Nastran	0.329	0.694	1.125	1.505
Abaqus	0.329	0.694	1.125	1.505

Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	5.374	5.399	5.407
Nastran	5.374	5.399	5.407	5.414
Abaqus	5.374	5.399	5.407	5.414

Tabela 3. Test 1, numerikih rezultati za heksagonalne elemente $u_y = 5.42mm$

Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	5.378	5.412	5.421
Nastran	5.385	5.401	5.405	5.407
Abaqus	0.923	2.424	4.015	5.395

Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	5.424	5.415	5.416
Nastran	5.421	5.413	5.414	5.416
Abaqus	5.398	5.409	5.412	5.414

Tabela 4. Test 2, numerički rezultati za tetraedarske elemente $u_z = 1.75mm$

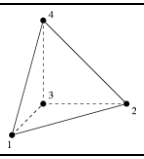
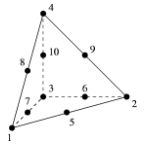
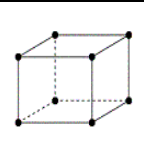
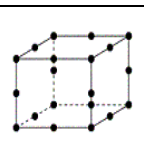
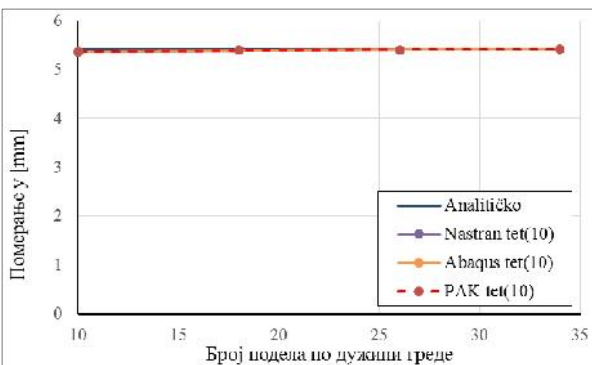
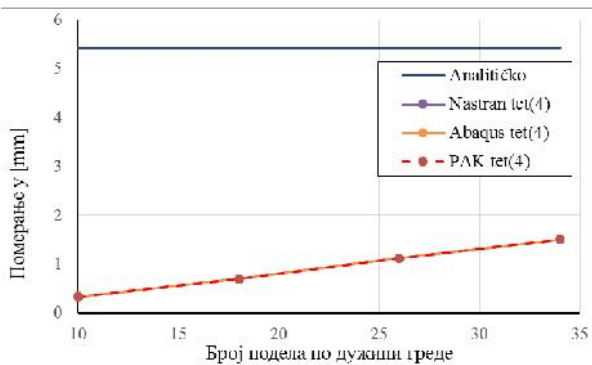
	Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	0.224	0.413	0.616	0.662
	Nastran	0.224	0.413	0.616	0.662
Abaqus	0.224	0.413	0.616	0.662	
	Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	1.751	1.754	1.754	1.754
	Nastran	1.751	1.754	1.754	1.754
Abaqus	1.751	1.754	1.754	1.754	

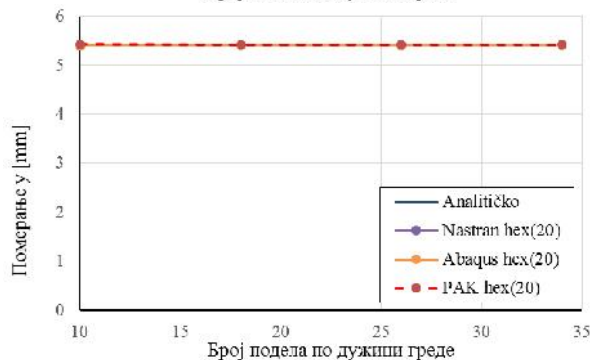
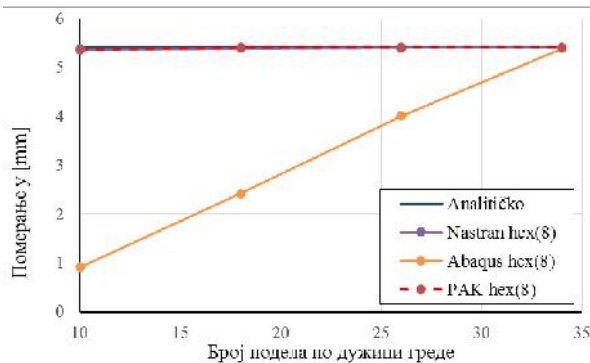
Tabela 5. Test 2, numerički rezultati za heksagonalne konačne elemente $u_z = 1.75mm$

	Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	1.724	1.743	1.748	1.749
	Nastran	1.725	1.74	1.744	1.746
Abaqus	0.526	0.99	1.411	1.764	
	Prog.\br.	10	18	26	34
	PAK	1.766	1.757	1.755	1.754
	Nastran	1.765	1.756	1.754	1.753
Abaqus	1.757	1.755	1.754	1.753	

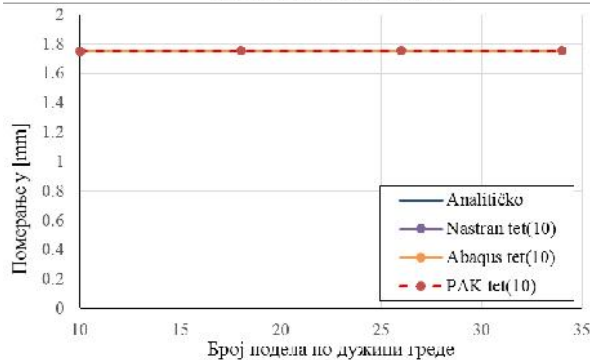
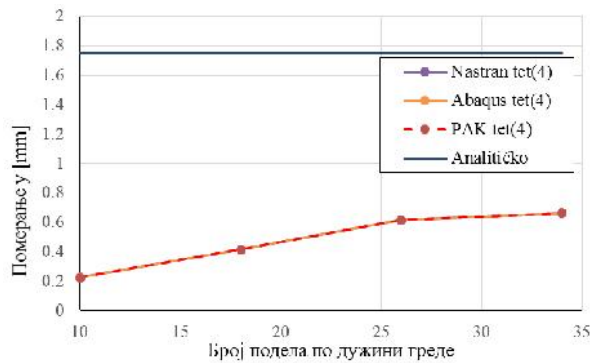
Dijagramski prikaz rezultata dobijenih primenom različitih programskih paketa, za korišćenje elemente sa i bez međučvorova, je dat na slikama 6 - 9.



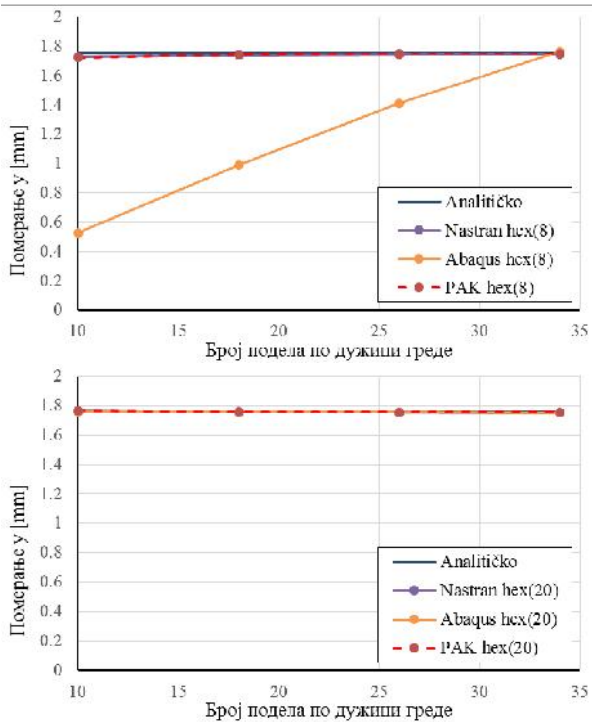
Slika 6. Maksimalno pomeranje uvijene grede, test 1



Slika 7. Maksimalno pomeranje uvijene grede, test 1



Slika 8. Maksimalno pomeranje uvijene grede, test 2



Slika 9. Maksimalno pomeranje uvijene grede, test 2

3.2. TEST PRIMER 2 - ZAKRIVLJENA GREDA

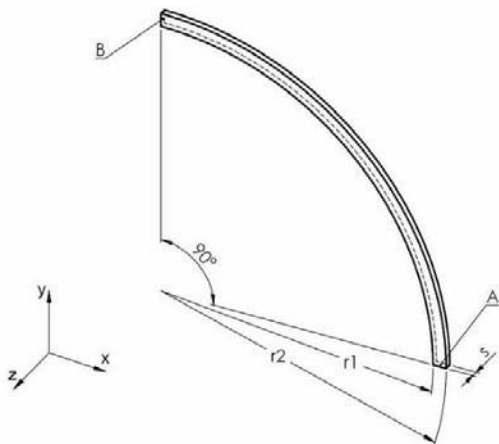
Zakrivljena greda prikazana na slici 10, na jednom svom kraju, ima fiksirana pomeranja u svim pravcima, a na drugom je zadata sila koja opterećuje gredu na savijanje [8]. Definisana su dva slučaja opterećenja u zavisnosti od pravca dejstva sile.

Analizirano je korišćenje tetraedarskih i heksaedarskih 3D konačnih elemenata za različiti broj podela po dužini grede slika 11 i 12.

Dimenzije grede: unutrašnji poluprečnik $r_1 = 4.12m$, spoljašnji prečnik $r_2 = 4.32m$, širina $s = 0.1m$.

Stranice površine A i površine B su međusobno zarotirane za 90° .

Materijalne karakteristike: modul elastičnosti $E = 10MPa$ Poasonov koeficijent $\nu = 0.25$.



Slika 10. Geometrija zakrivljene grede

Ograničenja: na površini A su ograničena pomeranja $u_x = 0, u_y = 0, u_z = 0$.

Opterećenje:

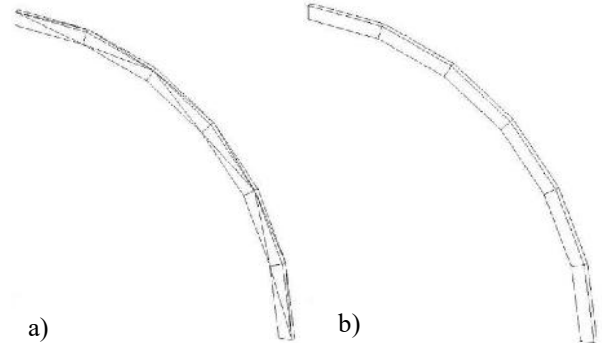
Test 1: opterećenje je zadato preko sile na površinu B u pravcu y ose: $F_y = 1N$

Test 2: opterećenje je zadato preko sile na površinu B u pravcu z ose: $F_z = 1N$

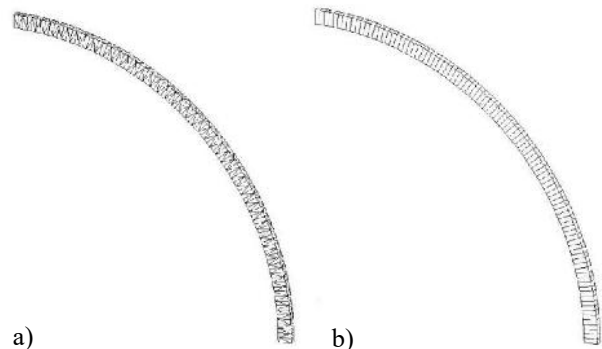
Analitička rešenja:

Test 1: za opterećenje u pravcu y ose $F_y = 1N$, pomeranje slobodnog kraja grede iznosi $u_y = 87.34mm$

Test 2: za opterećenje u pravcu z ose $F_z = 1N$, pomeranje slobodnog kraja grede iznosi $u_z = 502.2mm$



Slika 11. Izgled grube mreže a) tetraedar b) heksaedar



Slika 12. Izgled fine mreže a) tetraedar b) heksaedar

U tabelama 6 i 7 dat je uporedni prikaz numeričkih rešenja ukupnih maksimalnih vrednosti pomeranja pri opterećenju definisanom u testu 1. Numerička rešenja za test 2 data su u tabelama 8 i 9, rešenja su data u milimetrima.

Dijagramski prikaz rezultata dobijenih primenom različitih programskih paketa, za korišćenje elemente sa i bez međučvorova, je dat na slikama 13 – 16.

Tabela 6. Test 1, numerički rezultati za tetraedarske elemente $u_y = 87.34mm$

	Prog.\br	6	12	24	48	96
	PAK	2.31	7.97	20.7	33.85	35.4
	Nastran	2.31	7.97	20.7	33.87	35.4
	Prog.\br	6	12	24	48	96
	PAK	86.42	87.77	88.14	88.4	88.35
	Nastran	86.46	87.76	88.22	88.39	88.44
	Abaqus	86.46	87.76	88.22	88.39	88.44

Tabela 7. Test 1, numerički rezultati za heksagonalne elemente $u_y = 87.34mm$

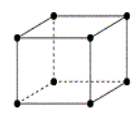
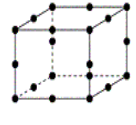
	Prog.\br.	6	12	24
	PAK	76.87	87.3	88.27
	Nastran	76.89	87.3	88.27
	Prog.\br.	6	12	24
	PAK	88.26	88.25	88.71
	Nastran	88.48	88.07	88.31
	Abaqus	87.11	88	88.29

Tabela 8. Test 2, numerički rezultati za tetraedarske elemente $u_z = 502.2mm$

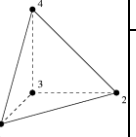
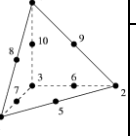
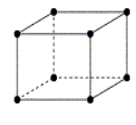
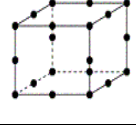
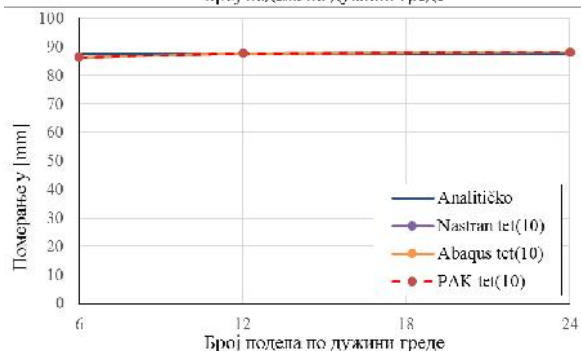
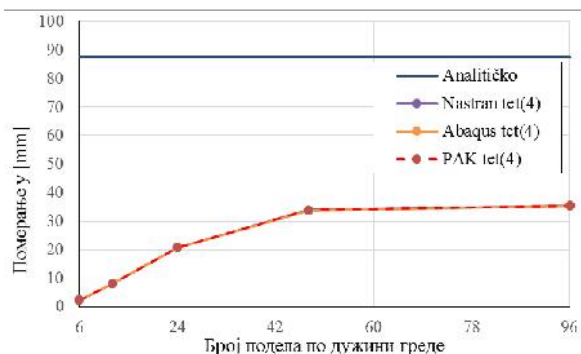
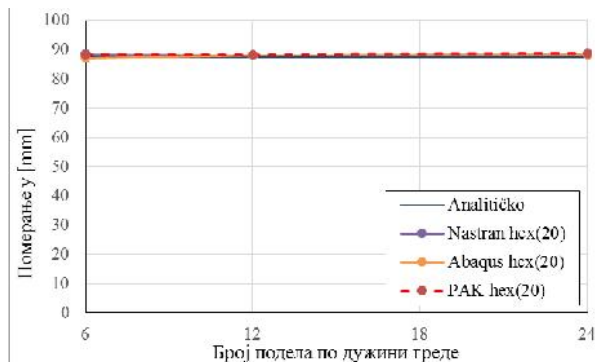
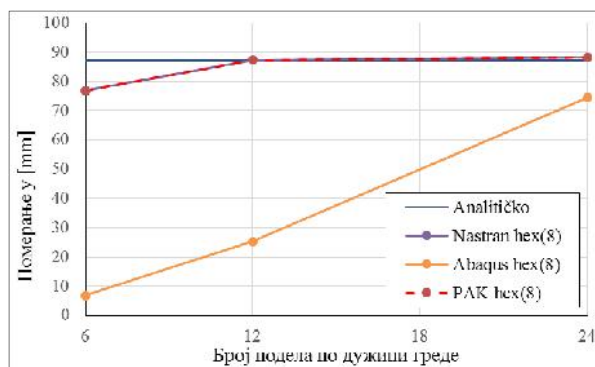
	Prog.\br.	6	12	24	48	96
	PAK	3.64	13.15	47.35	123.3	155.8
	Nastran	3.64	13.15	47.34	123.3	155.8
	Prog.\br.	6	12	24	48	96
	PAK	463.1	477.9	483.5	485.5	484.8
	Nastran	463.2	477.9	483.5	485.5	484.8
	Abaqus	463.2	477.9	483.5	485.5	484.8

Tabela 9. Test 2, numerički rezultati za heksagonalne elemente $u_z = 502.2mm$

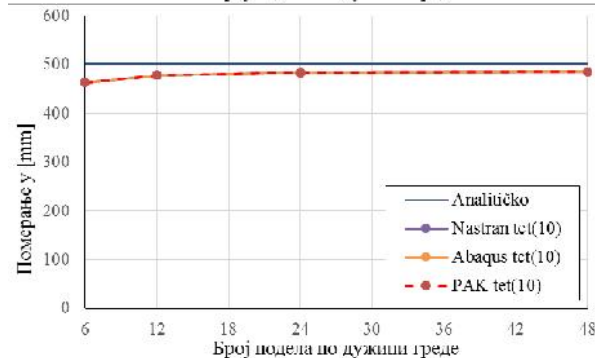
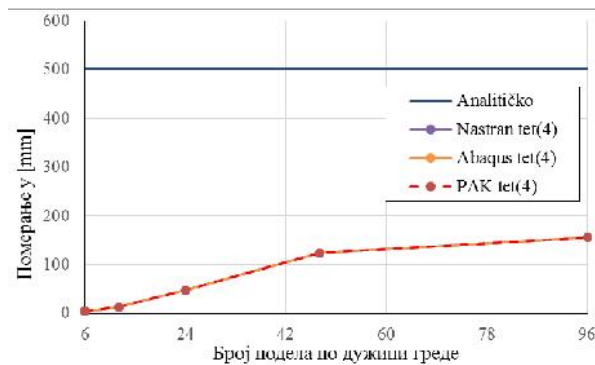
	Prog.\br.	6	12	24	48
	PAK	438.6	482	496.3	534.9
	Nastran	424.8	478.4	483.3	484.2
	Prog.\br.	6	12	24	48
	PAK	479.4	481.9	483.3	483.9
	Nastran	477.8	481.6	483.2	483.8
	Abaqus	470.4	479.5	482.7	483.7



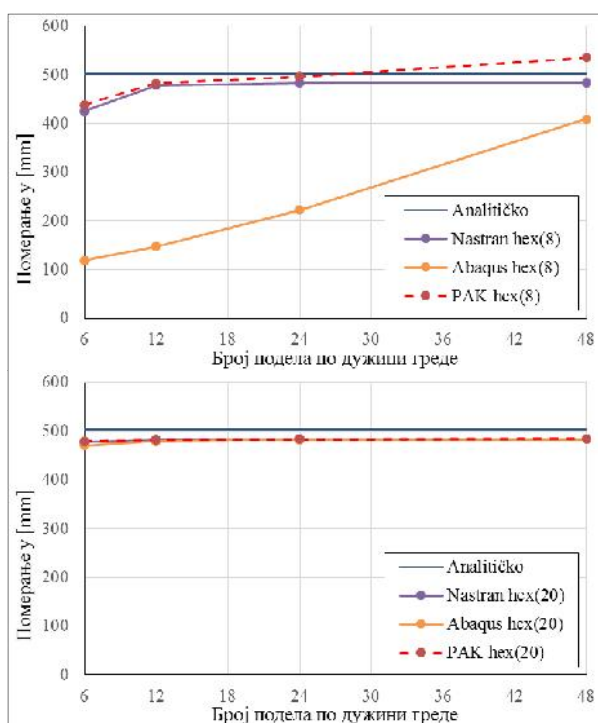
Slika 13. Maksimalno pomeranje zakrivljene grede, test 1



Slika 14. Maksimalno pomeranje zakrivljene grede, test 1



Slika 15. Maksimalno pomeranje zakrivljene grede, test 2



Slika 16. Maksimalno pomeranje zakrivljene grede, test 2

4. ZAKLJUČAK

Iz prikazanih rezultata može se videti da u velikoj većini posmatranih slučajeva postoji identično poklapanje rezultata između korišćenih programa za naponsko-deformacioni proračun.

Heksagonalni konačni elementi bez i sa međučvorovima generalno daju jako dobre rezultate u zavisnosti od broja elemenata kojima se definiše mreža konačnih elemenata što se može videti na osnovu prikazanih rezultata.

Rešenja dobijena heksagonalnim konačnim elementima bez i sa međučvorovima su jako blizu analitičkom rešenju, sa napomenom da heksagonalni konačni elementi bez međučvorova pokazuju određenu zavisnost između veličine elemenata i tačnosti dobijenih rezultat, što je u manjoj ili većoj meri generalno tačno za sve elemente.

Iz prikazanih rezultata jasno se može videti da su tetraedarski konačni elementi bez međučvorova previše kruti i rezultati koji se dobijaju njihovom primenom su loši čak i pri povećavanju broja konačnih elemenata u modelu tj. sa smanjenjem veličine elemenata. Ovo se može videti da je tačno za sva tri korišćena softvera, što ukazuje da tetraedarski elementi bez međučvorova generalno daju loše rezultate.

Tetraedarski elementi sa međučvorovima daju dobra poklapanja sa analitičkim rešenjima, ali treba naglasiti da postoji određena zavisnost između veličine elemenata i tačnosti rešenja koja se dobijaju.

Na kraju analize prikazanih rezultata može se preporučiti upotreba heksagonalnih konačnih elemenata bez međučvorova naspram heksagonalnih i tetraedarskih konačnih elemenata sa međučvorovima, jer se ovim značajno umanjuje broj čvorova u modelu i time skraćuje vreme proračuna kao i smanjuju zahtevi u pogledu neophodnih računarskih resursa da se izvrši proračun.

Treba napomenuti, da pravljenje mreže sa heksagonalnim konačnim elementima za složenu geometriju zahteva daleko više vremena, kako se mora izvršiti podela geometrije na manja tela i ručno kontrolisati broj podela da bi se ostvarilo poklapanje čvorova između podeljenih delova geometrije koje je neophodno za povezivanje mreža u jednu celinu pre vršenja proračuna. Iz ovoga razloga često se koriste tetraedarski konačni elementi sa međučvorovima jer oni omogućavaju brzo pravljenje mreže i time skraćuju neophodno vreme za dobijanje rezultata.

ZAHVALNICA

Autori izražavaju zahvalnosti za podršku od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije za projekte TR32036 i TR37013.

LITERATURA

- [1] M. Kojić, P. Slavković, M. Živković, N. Grujović, PAK-C Program za analizu konstrukcija MKE, Korisничко упутство, Универзитет у Крагујевцу Факултет инжењерских наука – Лабораторија за софтверски инжењеринг, Крагујевац, 2016
- [2] NX Nastran User's Guide, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 2013
- [3] Abaqus 6.11, Theory Manual
- [4] K. Bathe, Finite element procedures, Prentice Hall: Pearson Education, Inc, 2006.
- [5] MERLIN, Theory Manual, March 5, 2006
- [6] Plaxis, Scientific Manual, 2013
- [7] M. Kojić, P. Slavković, M. Živković and N. Grujović, Метод коначних елемената 1 - Линеарна алализа, Крагујевац: Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет, 2010.
- [8] M. Neal и R. Harder, „A Proposed Standard Set of Problems to Test Finite Element Accuracy,“ Finite Element Analysis Desing , т. 1, pp. 3-20, 1985.

PRIMENLJIVOST MULTI-MODEL BAZE PODATAKA U PREDUZEĆU VODOVOD I KNALIZACIJA - "JKP NAISSUS NIŠ" APPLICABILITY OF MULTI-MODEL DATABASE IN WATER AND SEWAGE PUBLIC UTILITY "JKP NAISSUS - NIŠ"

Vladimir Jakšić¹, Dejan Andrejević¹

JKP "NAISSUS"-NIŠ¹

Sadržaj – JKP "NAISSUS" - Niš, preduzeće za vodovod i kanalizaciju sadži više sektora koji se bave različitim delatnostima i obrađuju višestruke podatke. Za funkcionisanje sistema i za pravovremeno donošenje upravljačkih odluka potrebno je da se svi ti podaci uvežu i pravilno iskoriste. Multi-model baze nude jedinstveno rešenje za ovakve sisteme.

Abstract - JKP "NAISSUS" Niš, public utility for water and sewage contains multiple organization units that are responsible for different tasks and have specific need for data manipulation. Getting all this data together is important for management to have clear and instant picture. Multi-model database are unique solutions for this problems.

1. UVOD

Vodosnabdevanje grada Niša se danas ostvaruje preko tri teritorijalno posebna a funkcionalno uslovno veoma zavisna vodovodna sistema:

Vodovodni sistem "MEDIANA" – izvorište podzemne vode prihranjivano predhodno prečišćenom vodom iz vodotoka Nišave, kapaciteta 100-500 l/s.

Vodovodni sistem "STUDENA" – karsni prirodni izvor i dovodni cevovod sa objektima, kapaciteta 220-340 l/s.

Vodovodni sistem "LJUBERAĐA-NIŠ" – niz karsnih prirodnih izvora (Krupac, Mokra, Divljana i Ljuberađa) i dovodni cevovod sa objektima, kapaciteta 800-1450 l/s.

Navedeni sistemi sa izvorištima, dovodnim sistemom, odgovarajućom distributivnom i razvodnom mrežom, pumpnim stanicama i rezervoarima predstavljaju Niški Vodovodni Sistem (NIVOS).

Njime se snabdeva vodom oko 240.000 ljudi i veoma razgranata niška industrija, sa količinom od 37.732.608 m³/godinu, odnosno 103.377 m³/dan. Funkcionisanje sistema je pouzdano i stabilno a prisutan je visok nivo kontrole kvaliteta vode.[1]

Za rad jednog ovako složenog sistema potrebno je da se veliki i raznovrsan skup podataka svakodnevno obrađuje, skladišti i prati.

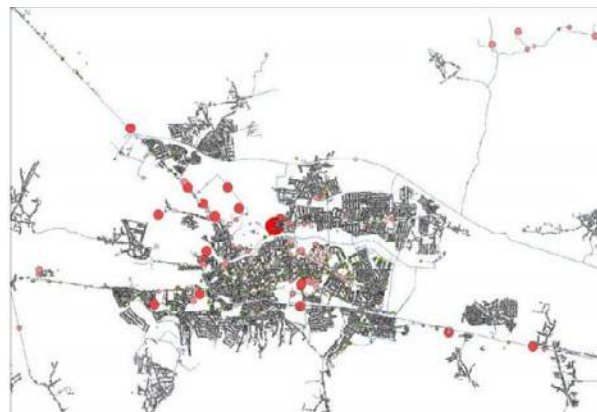
U firmi postoji integrisani sistem za obradu podataka baziran na Microsoft Dynamics NAV koji u sebi sadrži Microsoft SQL relacionu bazu podataka.

U okviru ovog sistema uvedna je većina potrebnih podataka vezanih za naplatu, nabavku, magacionsko poslovanje.

U firmi pored toga postoji jos nekoliko zasebnih celina koje obrađuju podatke, kao što su GIS i SCADA .

GIS - Geografski Informacioni Sistem - alat za dokumentovanje infrastrukture kao što su cevovodi, ventili, vodomeri, pumpne stanice. GIS je izuzetan alat za dokumentovanje velike infrastrukture kao što su cevovodi vodovoda i kanalizacijee.

Ali ne završava se sve samo na tome: GIS pomaže prilikom raznih analiza, donošenja odluka, pravljenja izveštaja, projektovanja itd. Pravljenje i štampanje mapa je samo jedna od brojnih mogućnosti. [2]



Slika 1. GIS

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition - sistem za merenje praćenje i kontrolu industrijskih sistema. Putem ovog sistema mogu se pratiti, analizirati i upravljati na daljinu pumpnim stanicama i izvorištima.



Slika 2. SCADA

Svi ovi podaci bi mogli da se uvežu u jednu bazu.

2. MULTI-MODEL BAZE

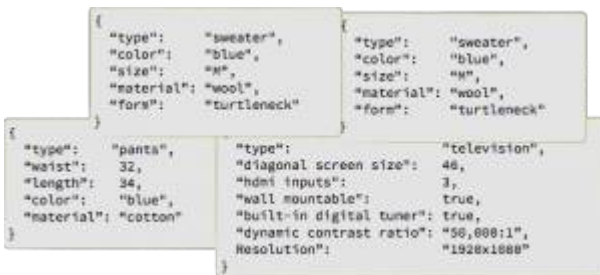
Multi model baze se satoje od *document store* - dokument orijentisane baza podataka, zatim od *key/value store* - ključ/vrednost baze podataka i grafičke baze.

Svi ovi podaci se mogu pretraživati pomoću jedinstvenog *query* jezika. Multi model baza predstavlja *NOSQL* bazu - (*NOT ONLY SQL*) ne samo SQL bazu[2].

Dokumenti

Document store - baze podataka su orijentisane prema dokumentima (grupi podataka koje u sebi sadrže ljudskom oku čitljive informacije) najčešće su to JSON dokumenti.

JSON (JavaScript Object Notation) - je lagan format za razmenu podataka. On je lak kako za ljude da ga čitaju i pišu, tako i za računare da ga analiziraju i generišu. [3]



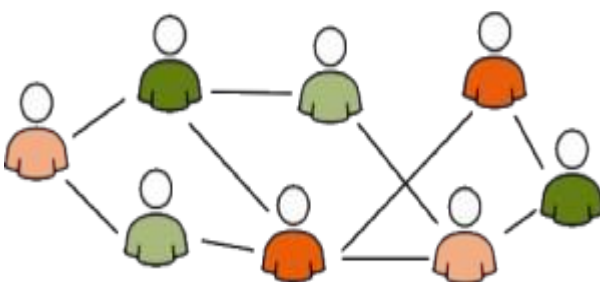
Slika 3. JSON dokumenti

Key/Value



Slika 4. Ključ/vrednost dokumenti

Graph



Slika 5. Graf

3. ARANGODB

Jedna od multi-model baza je ArangoDB [4] nekad zvana i AvocadoDB. Besplatna i je otvorenog koda. To je dokument orijentisana baza.

Nema potrebe da se definiše shema tabela, i često se ovakve baze nazivaju *schemalless*.

Jezik za pretragu omogućava složene i kompleksne operacije.

Posедуje aplikacioni server. Može da čuva i izvršava Javascript funkcije - akcije.

Većina podataka se nalazi u memoriji radi brže obrade. Poseduje sistem za često repliciranje podataka na hard disk. Samo sirovi podaci se upisuju na hard disk. Svi pomoćni podaci kao indeksi se čuvaju samo u memoriji. Ovim putem se postižu bolje performanse.

Dokumenti se jedinstveno identifikovani putem ključeva. Oni mogu biti povezani.

Time se omogućava da se baza doživljava i pretražuje kao graf.

U daljem tekstu će se govoriti o aspektima ove baze.

4. SQL / AQL

AQL (ArangoDB Query Language) je deklarativni jezik sličan SQL-u. ArangoDB ne podržava čist SQL, jer je SQL limitiran u mogućnosti da obradi i predstavi sve vrste različitih tipova podataka.

Kao što su ugnježdene strukture u dokumentu ili grafu.[5]

Primeri upita u SQL-u i AQL-u:

SQL	AQL
SELECT * FROM users;	FOR user IN users RETURN user
SELECT * FROM users INNER JOIN friends ON (friends.user = users.id);	FOR user IN users FOR friend IN friends FILTER friend.user == user._key RETURN MERGE(user, friend)
INSERT INTO users (name, gender) VALUES ("Petar Peric", "m");	INSERT { name: "Petar Peric", gender: "m" } IN users
DELETE FROM users WHERE id = 1;	REMOVE {_key:"1"} IN users

5. GRAFOVI

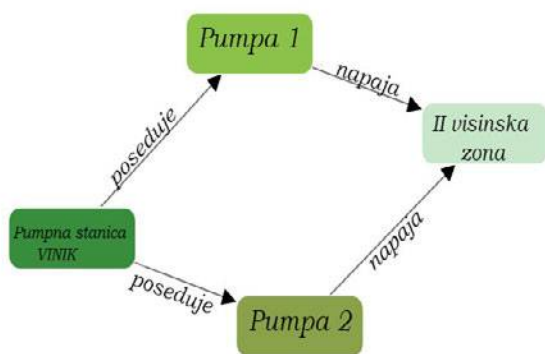
Graf se sastoji od *vertices* (temena) i *edges* (ivica).

Ivice su smeštene u bazi kao dokumenti u *edge collections*.

Temena mogu biti dokumenti u *document collections* ili u *edge collections* . Tako da ivice mogu biti korišćene kao temena.

Koje kolekcije će biti upotrebljene u formiranju grafa je definisano putem *edge definitions* (definicija). Graf može da bude definisan sa više definicija.

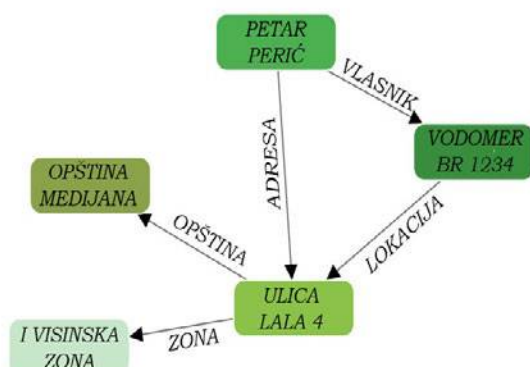
Graf nam omogućava da strukturiramo naše podatke u skladu sa njihovom fizičkom manifestacijom.



Slika 6. Graf primer 1

ArangoDB nudi dva načina da se pristupi grafičkim podacima:

Path traversals (prelazak po putanji), mali programi pisani u Java skriptu koji pri prolasku preko ivica grafa do temena vrše obradu podataka koji se tu nalaze, i pomoću AQL query jezika.



Slika 7. Graf primer 2

6. ZAKLJUČAK

Radi zaokruživanja celog sistema podataka potrebno bi bilo kreirati multi model bazu korisnika sa njihovim podacima kao što su lični podaci, finansijski podaci, i geografski podaci.

Takođe bi se i podaci o samoj strukturi vodovoda i kanalizacije mogli uvesti u bazu, kao što su povezanost sistema pumpnih stanica, izvorišta, prekidnih komora, do samih ventila i vodomera korisnika.

Ovakav sistem bi olakšao i redovno održavanje sistema jer bi se lako moglo putem atributa i grafova predstaviti same pumpe i njihovi delovi i vreme pregleda i zamene istih.

Dodavanje novih atributa bazi ne predstavlja nikakav obiman posao, te bi se buduće izmene zakona, načina poslovanja, subvencija ili bilo kakvih drugih promena, moglo brzo i jednostavno uvesti u sistem.

Mogućnost dalje obrade podataka iz sistema bi značajno porasla. Mogli bi da vršimo pretrage po geografskoj adresi, po finansijskim parametrima, po starosti i brojnosti korisnika putem jedinstvenih upita.

Na ovaj način bi se dobile bitne informacije za upravljanje resursima preduzeća. Otkrivale bi se tačke u gradu gde dolazi do veće ili manje potrošnje, naplate, broja korisnika.

Ovakve baze dolaze u startu sa RESTfull API sistemom koji olakšava komunikaciju sa bazom putem web browsera, čime bi se ubrzala izrada web aplikacija za unos i pregled podataka.

LITERATURA

- [1] <http://www.naissus.co.rs/>
- [2] [http://www.lamma.rs/download %20files/brosura_vodovod.pdf](http://www.lamma.rs/download%20files/brosura_vodovod.pdf)
- [3] <http://www.json.org/json-sr.html>
- [4] <http://radar.oreilly.com/2015/07/data-modeling-with-multi-model-databases.html>
- [5] <https://www.arangodb.com/>

SPREDŠIT MODEL KAO EFIKASAN ALAT MODELIRANJA – STUDIJA SLUČAJA

SPREADSHEET MODEL AS AN EFFECTIVE TOOL IN MODELING – Case study

Slobodan Antić¹, Lena Đorđević²

¹Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka,

²Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka,

Sadržaj – *Spređšitovi predstavljaju opšte prihvaćen analitički alat, primenljiv u različitim oblastima poslovanja. Modeliranje u spređšitu olakšava razumevanje i predstavljanje realnih poslovnih sistema, omogućava dinamičko povezivanje elemenata modela i simuliranje različitih poslovnih odluka. U ovom radu prikazan je spređšit model za upravljanje matičnim podacima artikala u maloprodaji. Matični podaci predstavljaju osnovne nosioce informacija o artiklima u maloprodaji. Takođe, u ovom radu prikazan još jedan model za obračun zarada komercijalista u preduzeću koje se bavi distribucijom robe široke potrošnje. Model je zasnovan na sistemu povratne sprege, koji omogućava da se na osnovu izlaznih rezultata sistema deluje na ulazne vrednosti, u cilju dobijanja što boljeg rešenja. Razvijeni model, prodavcima i menadžerima omogućava pregled trenutno ostvarenih rezultata i predlaže upravljačke odluke, koje će poboljšati rezultate rada i doprineti ostvarenju zadatih ciljeva.*

Abstract - *Spreadsheet represent the generally accepted analytical tool, widely applicable in various fields of business. Spreadsheet modeling facilitates understanding and presentation of real business systems, enables dynamic model elements linking and simulation of various business decisions. This document presents spreadsheet model for managing article master data in retail. Master data are the bearers of basic article information in retail. Also, the paper presents another one model for salesman earnings calculation. Sellers are employed in company that is engaged in distribution of consumer goods. The model is based on feedback system and provides better solution finding by affecting to input values in accordance with output results. Created model provides an overview of currently achieved results and propose control decisions, which are going to improve result of sellers and contribute to defined goals achieving.*

1. UVOD

Pojam spređšitova prvobitno se vezuje za oblast računovodstva i podrazumeva velike listove papira sa redovima i kolonama za upis i sistematizaciju podataka o transakcijama (Pauer, 2004). Spređšit se može definisati kao računarska aplikacija koja simulira karo računovodstveni papir, funkcioniše kao informacioni sistem i predstavlja efikasnu platformu za razvijanje aplikacionog softvera (Kostić, 2014). Spređšitovi se poput modela mogu klasifikovati na različite načine. U ovom radu akcent se stavlja na grupu spređšitova koji

predstavljaju informacione sisteme rukovodstva. Po Kostiću (2014), spređšit ove grupe je „... na kompjuteru zasnovan sistem koji treba da omogući i podrži potrebe donošenja odluka vrhovnog rukovodstva obezbeđenjem lakog pristupa kako internim tako i eksternim informacijama relevantnim za postizanje strateških ciljeva organizacije.“ Model u spređšitu je moguće kreirati na osnovu postojanja povratne sprege, gde se dobijeni rezultati, u različitim oblicima, upoređuju sa ulaznim parametrima modela i usaglašavaju u skladu sa željenim izlazom iz sistema. Time se postiže efekat crne kutije koji daje izuzetne rezultate, zato što je neophodno pratiti samo uticaj upravljačkih akcija na izlazne vrednosti.

Spređšit sistem modeliranja koristi spređšit softver kako bi implementirao model koji pretvara ulaze u izlaze (Grossman, 2008). Drugim rečima, „...spređšit je vizuelna kompjuterska primena matematičkog modela, a model koji je ugrađen u spređšit, može se napisati kao skup algebarskih jednačina koje se, u principu, mogu računati ručno ili kodirati u proceduralnom kompjuterskom jeziku.“ (Kostić, 2014). Sistem se može definisati kao skup uređenih delova koji čine celinu, a koje povezuje zajednički cilj – svrha tog sistema. (Omerbegović Bijelović, 2006). Informacioni sistem je jedan od elemenata sistema preduzeća, koji se odnosi na praćenje materijalnih i nematerijalnih tokova preduzeća. (Kostić, Antić, Đorđević, 2014) Svrha postojanja informacionog sistema jeste pravovremeno obezbeđivanje neophodnih informacija. Da bi to bilo moguće, svi elementi sistema moraju međusobno biti povezani u jednu funkcionalnu celinu. Strukturu informacionog sistema čine materijalni i nematerijalni tokovi sa elementima stanja i elementima promene stanja. Stanje sistema se može odrediti tačkom u višedimenzionom prostoru. Njene koordinate su vrednosti nezavisnih veličina kojima se određuje stanje sistema. Isključivanjem manje bitnih koordinata dobija se uprošćena slika sistema što predstavlja model početnog sistema. (Kostić, 2012). Za izradu modela u ovom radu korišćen je *Excel* spređšit. Spređšit je kompjuterska aplikacija koja se sastoji od kolona i redova koji zajedno čine mrežu sa velikim brojem ćelija. Svaka od tih ćelija može da sadrži podatke u različitim oblicima – tekst, formulu broj i sl. (Antić & Đorđević 2015). Formule su jednačine koje izvršavaju proračune u radnom listu. Uvek započinju znakom jednakošći. Mogu biti jednostavne, kada vrše preračune nad konstantama koristeći osnovne matematičke operacije, a mogu se kreirati korišćenjem funkcija.

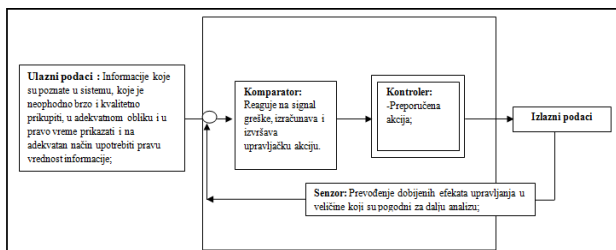
Funkcije su predefinisane formule koje nad zadatim vrednostima vrše određene kalkulacije i kao rezultat daju vrednost ili vrednosti. Korišćenje funkcija značajno smanjuje broj kompleksnost formula u radnom listu (Antić & Đorđević, 2015).

2. SPREDŠIT MODEL ZA UPRAVLJANJE MATIČNIM PODACIMA

Spredšit model, koji se predstavlja u radu, je jedan od najefikasnijih načina za prenos matičnih podataka. Razlozi za to su:

- Obuhvatnost – obuhvata sve relevantne i neophodne podatke, odnosno sadrži polja za unos svih elemenata glavnog skupa matičnih podataka;
- Interaktivnost – pomoću pravila ugrađenih u aplikaciju, proverava odnos između podataka, odnosno ispituje usaglašenost veličina koje su unete;
- Mogućnost validacije – proverava popunjenost i vrednost u svakom polju i sugerise nedostajuće podatke, podatke koji nisu usaglašeni sa ostalima i podatke čije vrednosti prevazilaze ograničenja koja su zadata modelom.

Osnovni elementi modela koji omogućavaju primenu principa povratne sprege i koji su predstavljeni Slikom 1, su: ulazni podaci, senzor modela, komparator modela, kontroler modela, kontroler modela i sistem;



Slika 1: Osnovni elementi spredšit modela sa povratnom spregom

Model proverava odnos unesenih vrednosti, odnosno kvalitet i formu vrednosti popunjenih polja, dok se stvarne vrednosti proveravaju u drugim kontrolnim tačkama. Pri pokretanju modela neophodno je uneti ulazne podatke, kako bi se nastavila dalja procedura (Slika2).

Slika 2: Izgled ulazne forme modela za upravljanje matičnim podacima

Početna forma zahteva od korisnika da unese ime kompanije i šifru dobavljača za određeni asortiman. Šifra se korisniku dodeljuje nakon potpisivanja ugovora o saradnji. Navedena šifra jednoznačno povezuje jednog dobavljača i jedan asortiman. Pod korisnikom se podrazumeva dobavljač. Podatke u aplikaciju uvek unosi učesnik koji prethodi u lancu snabdevanja. Naredni korak se odnosi na glavnu formu, koju je neophodno popuniti matičnim podacima. Izborom opcije *Manual* pokreće se PowerPoint prezentacija i detaljno objašnjenje koje podatke treba uneti u polja. Glavna forma za popunjavanje matičnih podataka je prikazana Slikom 3.

Slika 3: Glavna forma za unos matičnih podataka

Glavna forma se sastoji iz dva dela: navigaciono-komandnog i dela za unos podataka o artiklima. Navigaciono-komandni deo čine tri celine. Prva celina se odnosi na mogućnost biranja grupe matičnih podataka koja će se popunjavati, druga celina se odnosi na komande koje su kodom programirane u VBA (eng. *Visual Basic Applications*), dok je treća celina deo kojim se prikazuju uspešno završeni artikli, odnosno artikli kojima su svi matični podaci kvalitetno popunjeni. Navigaciono-komandni deo prikazan je Slikom 4.

Slika 4: Navigaciono-komandni deo

Postoje četiri osnovne grupe podataka koje su obuhvaćene opisanim modelom. Prva grupa podataka se odnosi na podatke kojima se artikli mogu jednoznačno identifikovati. Istu čine: dobavljačeva šifra artikla (definiše se način na koji dobavljač beleži i prati artikle u svom informacionom sistemu), naziv artikla, prodajni barkod (barkod koji se nalazi na pojedinačnim komadima), barkod transportnog pakovanja i GLN (eng. *Global Location Number*) koji predstavlja osnovni način identifikovanja preduzeća kao pravnog lica. Ovo je grupa podataka koja omogućava prijem i prodaju robe, odnosno koji omogućavaju ulaz i izlaz artikala iz sistema. Drugu grupu osnovnih informacija čine količinski podaci, odnosno podaci koji određuju kvantitativne odnose između prodajne, transportne i paletne jedinice. Navedenu celinu čine informacije o tome: koliko komada čini prodajnu jedinicu i koji je način pakovanja iste, koliko prodajnih jedinica je moguće pozicionirati unutar jedne transportne jedinice, sa koliko transportnih pakovanja bi se načinila homogena (sastavljena od identičnih artikala) paleta. Takođe su, navedenom grupom, obuhvaćeni podaci o roku trajanja artikala i o temperaturnom režimu na kojem je dozvoljeno skladištiti artikle. Količinska grupa artikala je prikazana Slikom 5.

METRO UNIT		TRANSPORT UNIT		PALLET	
Tržišna oznaka (SKU)	Broj osnovnih jedinica (u k)	Pakovanje (u)	Tržišna oznaka (SKU)	Broj (u) jedinica	Broj (u) jedinica
Paleta tipa METRO unit	Broj jedinica na paleti (Pallet)	Paleta tipa transport unit	Broj METRO jedinica na transportnoj jedinici	Broj transportnih jedinica na paleti	Temperatura indikatora (°C)

Slika 5: Količinska grupa podataka

Treću grupu matičnih podataka čine logistički podaci, odnosno podaci koji olakšavaju i omogućavaju organizaciju transporta i skladišnog i regalnog pozicioniranja. Navedenu grupu podataka čine osnovne dimenzije (dužina, širina, visina i zapremina) i težine (neto i bruto težina) prodajne i transportne jedinice. Zapremina se automatski preračunava na osnovu proizvoda ostalih osnovnih dimenzija. Kod ove grupe podataka se javljaju ograničenja postavljena modelom, na primer, nije moguće upisati zapreminu prodajne jedinice koja prevazilazi zapreminu transportnog pakovanja. Popunjena polja grupe podataka je moguće kombinovati sa količinskim podacima, pa tako proizvod težine jedne transportne jedinice i broja istih na paleti ne sme prelaziti određenu, unapred definisanu, težinu. U slučaju da korisnik greškom unese neodgovarajuće vrednosti, model će svojim mehanizmima, navesti u kojim poljima je neophodno napraviti promenu. Grupa logističkih podataka je predstavljena Slikom 6.

METRO UNIT				TRANSPORT UNIT			
Širina (mm)	Širina (mm)	Širina (mm)	Širina (mm)	Širina (mm)	Širina (mm)	Širina (mm)	Širina (mm)
Visina (mm)	Visina (mm)	Visina (mm)	Visina (mm)	Visina (mm)	Visina (mm)	Visina (mm)	Visina (mm)
Težina (kg)	Težina (kg)	Težina (kg)	Težina (kg)	Težina (kg)	Težina (kg)	Težina (kg)	Težina (kg)

Slika 6: Logistički podaci

Poslednju grupu osnovnih informacija o artiklima čine cenovni, odnosno komercijalni podaci koji služe za dalje finansijske kalkulacije i izveštavanje. Četvrtu, grupu čine:

osnovna cena artikla (kataloška cena dobavljača), stopa PDV-a koju je neophodno ukalkulisati u cenu, akcize koje postoje u slučaju određenih vrsta artikala, cena sa uračunatim rabatom (popust dobijen na osnovu naručenih količina artikala) i zemlja porekla artikla koji se kupuje. Pored navedenih podataka važnih za izračunavanje finansijskih rezultata i za određivanje poslovnog uspeha, ovu celinu čine podaci koji se odnose na komunikaciju između dobavljača i kupca. Ti podaci se odnose na datum kada će artikal biti dostupan za poručivanje i minimalnu količina koja se tom prilikom i nadalje može naručiti. Slikom 7. je prikazana poslednja celina podataka.

Cena artikla iz kataloga dobavljača	Porez (%)	Akciza	Cena artikla sa akcijama	Dostupno za naručivanje	Minimalna količina za naručivanje	Država	Broj dana trajanja garancije
List price for single unit	VAT (%)	Excise	Net buying price per single unit	Availability for ordering	Minimum order quantity	Country of origin	Warranty in days

Slika 7: Cenovni podaci

Deo glavne forme, koji se odnosi na mogućnost biranja određene komande od strane korisnika, olakšava proces unošenja osnovnih podataka i se sastoji od 4 opcije. Prva opcija je mogućnost biranja uputstva i pokretanja PowerPoint prezentacije, čiji je cilj da pomogne dobavljaču u pojašnjavanju vrednosti koje treba upisati u svako polje glavne forme. Navedenu komandu je moguće zadati, kao što je već spomenuto, i iz uvodne forme modela. Druga opcija se odnosi na mogućnost dobijanja objašnjenja o određenim pojmovima u glavnoj formi, odnosno o poljima i vrednostima kojima je neophodno popuniti ista. Objašnjenja su osmišljena u vidu sakrivenih radnih listova u okviru Excel tabele, koja se pozivaju na pokretanje određene komande, odnosno odabiranjem navedene opcije. Treća opcija je najvažnija opcija za korisnika i omogućava proveru unesenih podataka. Izborom opcije *Validation&Save* pokreće se programski kod koji upoređuje podatke upisane u sva polja, i na osnovu definisanih ograničenja i pravila odobrava opisane artikle, navodi prazna polja ili ona polja u kojima su upisane pogrešne vrednosti. Primer pogrešno upisane vrednosti je prikazan Slikom 8.

Ostali met	Dobavljačeva šifra artikla	Naziv artikla	Bar kod	Bar kod transportnog pakovanja	GLN
Choose role	Supplier/Article number	Article name	Buying GTIN	GTIN for transport unit	GLN
			81012		

Errors are in this field:

- The biggest dimension of transport unit is smaller than the biggest dimension of METRO unit. / Najveća dimenzija transportnog pakovanja je manja od najviše dimenzije Metro jedinice.
- You are not entered price for article or you have entered both prices. / Cena nije uneta ili su unete obe cene (neto i VP cena).
- VAT is not entered. / PDV nije unet.
- Country is not entered or is entered invalid value. / Zemlja porekla nije uneta ili je unet pogrešan podatak.
- Order unit is not input or is input invalid value. / Minimalna količina za poručivanje nije uneta ili je unet pogrešan podatak.

Slika 8: Primer pogrešnog unosa podataka

Poslednja opcija se odnosi na dugme *Send*, kojim se popunjen obrazac automatski šalje timu specijalizovanom za rad sa matičnim podacima artikala. Komandni deo glavne forme modela je prikazan Slikom 9.



Slika 9: Komandni deo glavne forme

Poslednji deo navigaciono-komandnog dela glavne forme modela se odnosi na prozor za prikaz artikala, kojima su sva polja na uspešan način popunjena. Klikom na dugme *Validation&Save*, navedeni artikli, odnosno spređiti zapisi, se programskim kodom, prenose u sakriveni radni list, istovremeno se pojavljujući u prozoru iznad komandnog dela. U sakrivenom radnom listu, zapisu pristupa tim specijalizovan za rad sa matičnim podacima i proverava odnos između podataka, odnosno ispituje logičnost veličina i dimenzija prodajne, transportne i paletne jedinice.

3. SPREDŠIT MODEL ZA OBRAČUN ZARADA

Preduzeće koje je korišćeno kao primer za kreiranje modela bavi se distribucijom robe široke potrošnje. Prodaja u ovom preduzeću je podeljena na divizije. Svaki prodajni program (grupa srodnih proizvoda) ima svoju diviziju. Kanali prodaje u okviru jedne divizije se dele na MT (*Modern trade* – moderna trgovina) i TT (*Traditional trade* – tradicionalna trgovina). Moderna trgovina se odnosi na trgovačke lance, odnosno na ključne kupce. To su kupci koji tokom dužeg vremena naručuju veće količine proizvoda. Tradicionalna trgovina se odnosi na „komšijske prodavnice“ koje posluju svaka za sebe. Glavna razlika među tipovima radnji jeste ta što su lanci prodavnica malobrojniji u odnosu na drugi tip radnji, ali ovakvi tipovi radnji, često poručuju veće vrednosti proizvoda. Tradicionalne radnje poručuju manje vrednosti proizvoda, ali je njima pokrivena veća teritorijalna površina pa zato njihov značaj nikako ne treba zanemariti. Kupce obilaze prodavci koji formiraju fakture preko svojih radnih centara – skraćeno RC. Svaki prodavac, u zavisnosti koje kupce obilazi, pripada odgovarajućem kanalu prodaje – MT ili TT. U zavisnosti od toga na mesečnom nivou dobija ciljeve. Prodavci koji pripadaju MT kanalu ciljeve dobijaju u obliku novčanih vrednosti – prodaje koju je potrebno da ostvare, ali i vrednosti inicijative. Inicijativa je aktivnost podrške prodaje određenih vrsta proizvoda, odnosno stimulacija prodaje određenih proizvoda. TT prodavci takođe imaju ciljeve u obliku vrednosti inicijative, ali pored toga imaju i ciljeve distribucije – broj kupaca kod kojih treba da formiraju minimalno jednu fakturu.

Svako mesec se određuje broj prodajnih dana. Na osnovu ukupnog broja dana i proteklog broja prodajnih dana kao i različitih vrsta ostvarenja prodavaca, može se vršiti estimacija njihovih rezultata na kraju meseca.

Model opisan u ovom radu vrši izračunavanje plata zaposlenih prodavaca na osnovu trenutno ostvarenih

rezultata. Ukoliko rezultati nisu zadovoljavajući model predlaže rešenje. Kako bi definisana funkcija bila ostvarena neophodno je da model dobija ulazne podatke. Ulazni podaci modela za obračun plata prodavaca su: šifra radnog centra, ime i prezime zaposlenog, pripadnost kanalu prodaje, ukupan broj prodajnih dana za posmatrani period, ciljevi po kanalima prodaje, za posmatrane kategorije (inicijative, neto, distribucija), ostvarenja po kanalima prodaje, za posmatrane kategorije (inicijative, neto, distribucija) i osnovne vrednosti plate po kanalima prodaje. Na Slici 10. prikazani su ulazni podaci modela u *Excel* dokumentu.

Datum ažuriranja: 19.08.2015		Osnovna TT plata: 45.000				
Ukupan broj prodajnih dana: 21		Osnovna MT plata: 50.000				
Protoklo dana: 20						
Ime i prezime	Radni centar	Kanal prodaje	Distribucija (broj kupaca)	Ostvarenje	Inicijativa	Ostvareno
Pera Peric	1	TT	178	158	146.100	59.465
Mila Ilic	2	TT	197	118	130.955	51.397
Sanja Ladic	3	TT	188	168	137.466	126.449
Milenko Popovic	4	TT	154	121	128.340	114.462
Marko Savic	5	TT	193	176	136.386	108.914
Aleksandra Martinovic	6	TT	192	89	140.489	54.601

Ime i prezime	Radni centar	Kanal prodaje	Inicijativa	Ostvarenje	Neto cilj	Neto ostvarenje
Sava Mijatovic	98	MT	1.192.640	905.719	2.399.703	1.005.664
Milos Mladenovic	97	MT	1.289.166	678.207	2.239.129	2.067.625
Mila Maricic	96	MT	1.341.922	1.221.656	2.190.704	1.824.415
Jovana Bastajic	95	MT	1.178.681	541.753	2.039.095	1.980.328
Milomir Jetic	94	MT	1.183.732	799.430	2.242.819	1.825.379
Sanja Maric	93	MT	1.029.216	630.251	2.018.752	1.059.638

Slika 10: Ulazni podaci modela

Ciljevi se unose na početku meseca, a ostvarenja se funkcijom *vlookup* ažuriraju iz *BEX analyzer*-a, koji podatke povlači iz *SAP* baze pomoću definisanih upita. Na početku meseca se određuje ukupan broja dana prodaje, a nakon ažuriranja ostvarenja, neophodno je uneti broj proteklih prodajnih dana na koje se ostvarenja odnose. Nakon što dobije ulazne podatke, sistem vrši obračun plata u zavisnosti od kanala prodaje kome posmatrani zaposleni pripada. Generalno posmatrano, plata se obračunava kao zbir osnovnog dela plate i bonusa koji se određuje na osnovu ostvarenja. Osnovna plata za TT prodavce je 45.000, a za MT prodavce 50.000 RSD. Visina bonusa koju svaki od njih može da ostvari je respektivno: 60.000 i 90.000 RSD. Bonus se dobija u zavisnosti od ponderisanog indeksa ostvarenja (PI), prema definisanim ključevima.

$$PI (MT) = 0,6 * \text{procenat ostvarenja neto cilja} + 0,4 * \text{procenat ostvarenja cilja inicijative}$$

$$PI (TT) = 0,6 * \text{procenat ostvarenja cilja distribucije} + 0,4 * \text{procenat ostvarenja cilja inicijative}$$

Tabela 1: Preračun bonusa

PI - MT kanal	Procenat max bonusa	PI - TT kanal	Procenat max bonusa
0,65 – 0,74	0,15	0,5 – 0,64	0,2
0,75 – 0,84	0,35	0,65 – 0,74	0,3
0,85 – 0,89	0,85	0,75 – 0,84	0,4
0,9 – 0,94	0,9	0,85 – 0,89	0,6
0,95 – 0,99	0,95	0,9 – 0,94	0,85

1 - ...	1	0,95 - ...	1
---------	---	------------	---

Kako bi prodavac proverio vrednost iznosa plate koju će dobiti na kraju posmatranog perioda, ukoliko nastavi prodaju prema trenutnoj dinamici, potrebno je da u radnom listu „Prikaz za zaposlene“ odabere svoje ime (Slika 11). Na osnovu toga funkcija pronalazi njegov radni centar, što je podatak za dobijanje ostvarenih rezultata kao i komentar da li je potrebno uticati na ostvarenja kako bi se ostvarili optimalni rezultati. Ove vrednosti su ujedno i izlaz iz sistema koji prikazuje (Slika 12):

- Vrednost plate koja će biti ostvarena na kraju posmatranog perioda, ako se prodaja nastavi prema trenutnoj dinamici;
- Procenat ostvarenja zadatih ciljeva;
- Upravljačku akcija koju treba preduzeti kako bi se poboljšao procenat ostvarenja ciljeva, a samim tim i plata.



Slika 11: Selektovanje imena i prezimena zaposlenog iz padajućeg menija

U cilju unapređenja modela potrebno je da se vrednosti dobijene kao izlaz uporede sa vrednostima postavljenim kao cilj na ulazu u sistem. Eventualna odstupanja korisnicima modela daju informacije o tome šta treba izmeniti kako bi se izlaz poboljšao. Ove funkcije vrše senzor, komparator i kontroler. Senzor vrši pretvaranje izlaznih podataka u oblik koji je pogodan za poređenje sa unapred utvrđenim planskim vrednostima. U slučaju posmatranog modela, planska vrednost su ciljevi koji su definisani za planski period (ukupan broj prodajnih dana u mesecu). Ostvarenja predstavljaju vrednosti koje prodavci ostvare za vremenski period koji je jednak broju proteklih dana prodaje. Kako bi poređenje ovih podataka bilo moguće, senzorom se vrši proračun ostvarenja prodavaca na kraju meseca, ako bi se prodaja nastavila trenutnom dinamikom.

Jovana Bastajic	
Šifra radnog centra:	95
Kanal prodaje:	MT
Procenat ostvarenja cilja inicijative:	44%
Procenat ostvarenja cilja distribucije:	/
Procenat neto ostvarenja:	82%
Plata:	63.500
Komentar na ostvarenje:	Potrebno je poboljšati neto i ostvarenja inicijative. Da bi se ostvario neto cilj, dnevno je potrebno ostvariti 124832 RSD. Do ostvarenja cilja inicijative, dnevno je potrebno ostvariti: 269553 RSD

Slika 12: Prikaz trenutnih ostvarenja zaposlenog (izlaz iz sistema)

Ulazni podaci koje senzor dobija su: ostvarenje konkretnog prodavca; ukupan broj i broj proteklih prodajnih dana u tom mesecu. Deljenjem vrednosti ostvarenja sa brojem proteklih dana prodaje; dobija se

prosečna vrednost prodaje po danu. Kada se ta vrednost pomnoži sa ukupnim brojem prodajnih dana u mesecu; dobija se vrednost ostvarenja koju će prodavac ostvariti na kraju perioda ako nastavi prodaju prema trenutnoj dinamici. Izlaz iz senzora (vrednost ostvarenja na kraju perioda, za posmatranog prodavca); dalje se koristi kao jedan od ulaza za komparator. Senzor vrši obračun prema sledećoj formuli:

$$\text{Ostvarenje prodavca na kraju perioda} = \frac{\text{Trenutno ostvarenje}}{\text{Broj proteklih prodajnih dana}} * \text{Ukupan br prodajnih dana}$$

Ulazne i izlazne vrednosti senzora u Excel modelu prikazane su na Slici 13.

Ime i prezime	Radni centar	Kanal prodaje	Cilj distribucije (broj kopiranih)	Ostvarenje distribucije	Cilj inicijative	Ostvarenje inicijative	Ostvarenje distribucije na kraju perioda	Ostvarenje inicijative na kraju perioda
Pera Peric	1	TT	161	151	2.19.538	139.980	93%	268.810
Mila Ilic	2	IT	194	90	1.20.280	2.75.212	46%	54.300
Sanja Ladic	3	IT	150	147	2.800.720	2.800.720	98%	2.800.720

Slika 13: Ulazni podaci senzora i izlazne vrednosti

Komparator služi za poređenje vrednosti koje dobija od senzora, što u slučaju posmatranog modela predstavlja vrednost ostvarenja posmatranog prodavca na kraju planskog perioda (ako nastavi prodaju prema trenutnoj dinamici); sa planski utvrđenom vrednošću cilja koji je definisan na početku posmatranog perioda. Izlaz komparatora je procenat ostvarenja ciljeva što je u modelu prikazano kao Index ostvarenja. Ulazne i izlazne vrednosti komparatora u Excel modelu prikazane su na Slici 14.

Ime i prezime	Radni centar	Kanal prodaje	Cilj distribucije (broj kopiranih)	Ostvarenje distribucije	Ostvarenje inicijative	Ostvarenje distribucije na kraju perioda	Ostvarenje inicijative na kraju perioda	Index distribucije	Index inicijative
Peric	1	IT	161	151	2.19.538	139.980	93%	100%	100%
Ilic	2	TT	194	90	1.20.280	2.75.212	46%	54%	33%
Ladic	3	TT	150	147	2.800.720	2.800.720	98%	100%	100%

Slika 14: Ulazne i izlazne vrednosti komparatora

Procenat ostvarenja ciljeva je ulaz u kontroler. Moguće vrednosti procenta ostvarenja ciljeva mogu se kategorizovati na sledeći način: nema odstupanja (ostvarenja su u skladu sa ciljevima – ako je procenat jednak ili veći od 95%), vrednosti ostvarenja su manja od vrednosti ciljeva (ako je procenat manji od 95%) i vrednosti ostvarenja su veća od definisanih ciljeva (ako je procenat ostvarenja veći od 100%).

U zavisnosti od toga kojoj kategoriji vrednost procenta ostvarenja cilja pripada, kontroler daje upravljačke akcije koje treba preduzeti. Upravljačke akcije su formulisane u zavisnosti od kanala prodaje kome prodavac pripada, kao vrednosti koje prodavac treba dnevno da ostvari kako bi do kraja posmatranog perioda postigao zadati cilj. Ako je vrednost procenta ostvarenja cilja veća ili jednaka 95%,

poruka kontrolera je da su ostvarenja distribucije (za TT; odnosno neto ostvarenja ako je u pitanju MT kanal prodaje) i inicijative dobra, što znači da prodavac treba da nastavi istim intenzitetom prodaje. Kada je vrednost procenta ostvarenja cilja manja od 95%, u zavisnosti od toga koji kanal prodaje je u pitanju i na koji cilj se procenat ostvarenja odnosi moguće opcije su:

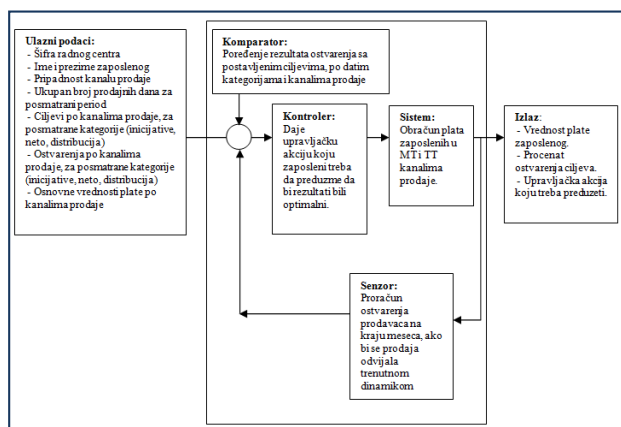
- Kada su za TT kanal prodaje procenti ostvarenja ciljeva inicijative i distribucije manji od 95% kontroler šalje poruku da je potrebno poboljšati ostvarenja distribucije i inicijative, pri čemu daje broj različitih kupaca kojima treba fakturisati robu u jednom danu i novčanu vrednost koju je potrebno dnevno ostvariti kako bi se ostvario cilj inicijative.
- Kada su za MT kanal prodaje procenti ostvarenja ciljeva inicijative i neto ciljeva manji od 95% kontroler šalje poruku da je potrebno poboljšati neto i ostvarenja inicijative pri čemu daje novčane vrednosti koje je potrebno da prodavac.

Po analogiji se formiraju upravljačke odluke za ostale kombinacije vrednosti procenta ostvarenja ciljeva u zavisnosti od kanala prodaje.

KOMPARATOR		KONTROLER
Index distribucije	Index inicijative	Komentar na trenutne rezultate
109%	109%	Ostvarenja distribucije i inicijative su dobra.
94%	53%	Potrebno je poboljšati ostvarenja distribucije i inicijative. Da bi se ostvario cilj distribucije, broj različitih kupaca kojima treba fakturisati robu u jednom danu je: 30. Do ostvarenja cilja inicijative, dnevno je potrebno ostvariti: 19609 RSD.
111%	54%	Ostvarenja distribucije su dobra, potrebno je poboljšati ostvarenja inicijative. Da bi se ostvario cilj inicijative, dnevno je potrebno ostvariti: 22306 RSD.
75%	110%	Ostvarenja inicijative su dobra, potrebno je poboljšati ostvarenja distribucije. Da bi se ostvario cilj distribucije, broj različitih kupaca kojima treba fakturisati robu u jednom danu je: 10. Do ostvarenja cilja inicijative, dnevno je potrebno ostvariti: 4334 RSD.
82%	90%	Potrebno je poboljšati ostvarenja distribucije i inicijative. Da bi se ostvario cilj distribucije, broj različitih kupaca kojima treba fakturisati robu u jednom danu je: 10. Do ostvarenja cilja inicijative, dnevno je potrebno ostvariti: 4334 RSD.

Slika 15: Prikaz ulaznih i izlaznih podataka kontrolera

Vrednosti koje kontroler daje u obliku upravljačkih akcija, dobijene su tako što se od vrednosti cilja oduzme vrednost trenutnog ostvarenja i podeli sa brjem preostalih dana prodaje. Izlaz kontrolera je upravljačka akcija koju prodavac treba da preduzme kako bi se postigli optimani rezultati – ostvarenje definisanog cilja prodaje i postizanje maksimalnog bonusa. Ulazne i izlazne vrednosti kontrolera u *Excel* modelu prikazane su na Slici 15. Objedinjen prikaz modela i njegovih delova prikazan Slikom 16.



Slika 16: Šematski prikaz funkcionisanja modela

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazana dva modela, odnosno spredšit model za upravljanje matičnim podacima artikala u maloprodaji i spredšit model za obračun stimulacija na zarade prodavaca.

Kada govorimo o prvom modelu, važno je napomenuti da su matični podaci nosioci osnovnih informacija o artiklima. Važno je napomenuti da definisani model ne garantuje fizičku tačnost unesenih veličina. Model samo ispituje kvantitativne odnose između podataka i validira vrednosti popunjenih polja. Provera stvarnih vrednosti o artiklima je odgovornost i obaveza drugih kontrolnih tačaka u procesu. Područje i mogućnost značajnog unapređenja modela jeste potpuna automatizacija rada i potpuna autosugestija (maksimalno uočavanje grešaka u odnosu podataka) modela, odnosno eliminisanje već pomenutih nedostataka modela. Kreiranje funkcija pomoću VBA u *Excel*-u značajno proširuju njegovu upotrebu u poslovanju. Ovo je jedan od načina da se preračuni koji se često koriste, standardizuju kako se ne bi pisale komplikovane formule. Samostalno kreiranje funkcija, korisniku omogućava slobodu da sam definiše koje promenljive želi da uzme u obzir, da vrši razne kalkulacije sa njima; pri čemu može da koristi i standardne excel funkcije; kao i da na kraju definiše željene izlaze iz sistema. Ovakav pristup smanjuje mogućnost grešaka, samim tim može se reći da doprinosi povećanju produktivnosti rada.

Kada govorimo o drugom modelu, model omogućava da se nakon svakog proteklog prodajnog dana, ažuriranjem vrednosti ostvarenja i broja poretklih dana u modelu, svaki prodavac, nezavisno od toga kom kanalu pripada, može videti kakva su mu trenutna ostvarenja i visina plate u skladu sa tim ostvarenjima. Na osnovu toga model mu pruža upravljačku akciju koju treba da preduzme kako bi popravio ostvarenja i postigao ostvarenje ciljeva. Na taj način zaposleni blagovremeno može da reaguje na vrednosti ostvarenja i samim tim, na kraju planskog perioda, ostvari postavljene ciljeve.

LITERATURA

- [1] Grossman, T. Accuracy in spreadsheet modelling systems. arXiv preprint arXiv:0807.3183, (2008).
- [2] Kostić K., Antić S. Đorđević L. Informacioni sistemi malih i srednjih preduzeća – skripta, interni material sa predavanja, Fakultet organizacionih nauka, (2014).
- [3] Power, D. J. A. brief history of spreadsheets. DSSResources. COM, WorldWideWeb, <http://dssresources.com/history/sshistory.html>, version, 3, 08-30.+ , (2004).
- [4] Antić S, Đorđević L. Interni materijali sa predavanja i vežbi iz predmeta „Informacioni sistemi malih i srednjih preduzeća“, Fakultet organizacionih nauka, (2015).

[5] Antić S, Đorđević L. Interni materijali sa predavanja i vežbi iz predmeta „Upravljački sistemi i modeli“, Fakultet organizacionih nauka, (2015).

[6] Kostić K, Izrada i korišćenje poslovnih modela. Fakultet organizacionih nauka, 45-46, (2012).

[7] Kostić K, Antić S, Đorđević L. (Informacioni sistemi preduzeća u Excel-u. Fakultet organizacionih nauka, 24-25, (2014).

[8] Omerbegović Bijelović J, Planiranje i priprema proizvodnje i pružanja usluga. Fakultet organizacionih nauka, 22, (2006).

MOGUĆNOST UPRAVLJANJA RAČUNAROM POMOĆU MOŽDANIH SIGNALA

THE POSSIBILITIES OF CONTROLLING COMPUTER WITH BRAIN WAVES

Dejan Lacmanović¹, Miodrag Ivković¹, Izabela Lacmanović², Dušanka Milanov¹
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin¹
Fakultet za sport, Beograd²

Sadržaj – Ovaj rad ima za cilj da prikaže mogućnost čitanja EEG signala, posebno EOG i EMG signala koji mogu biti prepoznati od strane računara i pretvoreni u predefinisane akcije. U radu će biti prikazan i značaj interfejsa koji za cilj ima jednostavnu upotrebu računara od strane osoba sa visokim stepena invalidnosti. Prikazaće se problemi, rešenja i mogućnosti upravljanja računarom pomoću moždanih signala.

Abstract – Aim of this paper is to introduce the possibility of reading EEG signals, especially EOG and EMG signals, and method to recognize and convert that signals to predefined computer actions. This work will also present importance of the interface with a goal to enable simple use of computers by disabled persons. This paper show problems, solutions and the possibilities of controlling computer with brain waves.

1. UVOD

Ljudsko društvo je zasnovano na komunikaciji koja igra važnu ulogu u našoj svakodnevici. Komunikacijom se sporazumevamo, prenosimo naše emocije i znanje.

Kada se nađe u situaciji da ne može da komunicira, osoba nije u mogućnosti da uživa u svim pogodnostima koje komunikacija daje, kao što su izražavanje misli, osećanja i razmena znanja. Posebno teška situacija je kada osoba nije u mogućnosti da koristi ni moderne uređaje za komunikaciju kao što su kompjuteri ili mobilni telefoni.

Cilj ovog rada je da ponudi jedno viđenje rešenja za lica sa invaliditetom ili druga lica koja nisu ustanju da koriste druge načine komunikacije. Upotrebom biotehnoških uređaja i veštom konstrukcijom interfejsa moguće je izgraditi jednostavno rešenje koje omogućuje komunikaciju licima sa najtežim oblicima invaliditeta. Daljom adaptacijom interfejsa moguće je prilagoditi rešenje za specifične zahteve korisnika, a daljim razvojem biotehničkih uređaja povećati kvalitet i preciznost upotrebe [1].

2. POTREBA ZA KOMUNIKACIJOM KOD SPECIFIČNIH ZDRAVSTVENIH PROBLEMA

Brojna zdravstvena stanja mogu uticati na sposobnost komunikacije. Zdravstvena stanja koja kombinuju onesposobljenu motornu i govornu sposobnost su najtipičniji primer ovih bolesti. Moguća zdravstvena stanja mogu biti amputacije kao i razni oblici paralize. Paraliza može biti prouzrokovana zapaljivim procesima,

vaskularnim incidentima, degenerativnim bolestima, kancerom i povredama moždanih struktura, kao i povredama kičmene moždine i perifernog nervnog sistema. Uzrok mogu biti bolesti koje utiču na mišićni sistem kao što su zapaljenski procesi i degenerativne bolesti. Jedan od najčešćih simptoma ovih poremećaja je gubitak motorne funkcije, koji se može manifestovati kao slabost (pareza) ili kompletan gubitak motornih funkcija ili grupe mišića (paraliza). Slabost ili gubitak motorne funkcije mogu uticati na samo jedan ekstremitet (monopareza ili monoparaliza), može uticati samo na jednu stranu tela (hemipareza ili hemiparaliza), gornje ili donje ekstremitete (parapareza ili paraplegija) ili na sve ekstremitete (kvadripareza ili kvadriplegija). Pored svega navedenog, osobe u pojedinim stanjima mogu patiti i od gubitka autonomnih telesnih funkcija (npr. disanje). Ozbiljnost stanja osobe zavisi od težine povrede ili napretka bolesti [1].

Sposobnost govora može biti degradirana na nivou moždanih struktura, na nivou perifernog nervnog sistema i na nivou organa koji su zaduženi za govor.

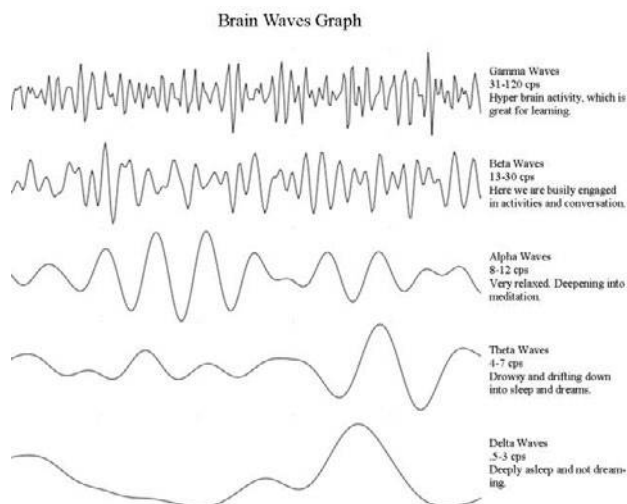
Kada se pojavi kombinacija ova dva simptoma, gubitka motornih funkcija, kao i funkcije govora, osoba više nije u mogućnosti da komunicira. Ovo možemo podeliti na dva nivoa, gde komunikacija nije uopšte moguća i slučajevi gde osoba ima teškoće u komunikaciji; gde postoji neki oblik komunikacije, ali je teško razumljiv zbog prirode bolesti (npr. Cerebralna paraliza).

Osim medicinskih problema postoji mogućnost upotrebe kod osoba koje su preživele teške saobraćajne nesreće, kada u toku oporavka, nakon teške saobraćajne nesreće, osoba ne može da koristi ruke, noge i govor za komunikaciju. Kod ovih osoba se javlja snažna potreba za komunikacijom radi izražavanja svojih emocija, misli i želja.

Kod svih osobama kod kojih je oduzeta moć standardne komunikacije, kvalitet života je teško narušen jer nisu u stanju da se kreću, govore, da obavljaju njihove uobičajene dnevne aktivnosti kao i da učestvuju u društvenim aktivnostima. Osobe padaju u depresiju sa jakom letargijom, poremećajem sna, niskim samopouzdanjem i povlačenjem u sebe. S obzirom da ne mogu da komuniciraju i ne mogu da se uklupe u društvo, osobe padaju u još teže stanje praćeno potpunim odbijanjem saradnje i komunikacije.

3. HARDVERSKO REŠENJE

Mozak predstavlja teritoriju koja se veoma istražuje u poslednjih nekoliko decenija. Mozak zadaje komande pomoću infrastrukture nervnih vlakana koji su raspoređeni čitavim telom. Svaki nerv prenosi odgovarajuće impulse od mozga ka odgovarajućem mišiću [2]. BCI uređaji su uređaji koji „hvataju“ ove signale i pokušavaju da ih interpretiraju. BCI je skraćenica za “Brain Computer Interface” [1] uređaje koji mogu da detektuju određene EEG (elektro encefalograf) signale. Na slici 1 je grafički prikazan izgled određenih moždanih signala dobijenih pomoću BCI čitača. BCI uređaji koriste elektrode koje detektuju moždane talase. Ovi moždani talasi imaju različitu jačinu i najjači su EMG (elektro miograf) i EOG (elektro okulograf) signali. Ova grupa signala se koristi za detekciju akcija od strane korisnika za unos podataka u računar. Moždani talasi su rezultat misaonog procesa i mentalnog stanja korisnika. Uređaj koji se koristi u ovom radu je proizvod firme OCZ pod nazivom NIA *Neural Impulse Actuator* i predstavlja stariju generaciju uređaja za detekciju moždanih signala [3]. Ovaj uređaj je odabran zbog svoje niske cene, koja se trenutno može nabaviti samo kao korišćeni proizvod ali po ceni od svega desetak dolara. Ovaj uređaj može da detektuje pokrete očiju, grčenje vilice kao i alfa i beta moždane talase. Detekcija se vrši korišćenjem EOG, EMG i EEG funkcija. BCI se ponaša kao HID (*Human Interface Device*) i omogućava unos nekoliko akcija u računar. Korisnik vrši interakciju sa računarom u potpunosti bez upotrebe ruku [2].



Slika 1. Grafički prikaz signala moždanih talasa dobijenih pomoću BCI uređaja

Primer ne invazivne upotrebe BCI uređaja prikazan je na slici 2, gde se putem elektroda čitaju moždani talasi i prevode u akcije korisnika [4]. Elektrode su postavljene na čelo korisnika i ima ih ukupno 3 komada. Svaka elektroda prima EEG signal i prosleđuje mikro kontroleru koji obrađuje signale. Ovi obrađeni signali se šalju putem virtualnog serijskog porta i USB veze na računar koji ih dalje analizira i prevodi u akcije.



Slika 2. Prikaz ne invazivne metode primene BCI uređaja

Prednost BCI uređaja je što ne zahteva hiruršku intervenciju, za razliku od neuro protetike, što predstavlja veliku prednost za testiranje uređaja. Time se izbegavaju bespotrebni hirurški zahvati kao i post operativne procedure i upotreba lekova protiv odbacivanja stranih tela. Već uveliko ugroženo zdravstveno stanje osobe ostaje sačuvano od mogućih infekcija. Samim tim pacijent je bolje pripremljen za nove medicinske procedure koje bi rešile, izlečile stanje u kome se nalazi [5].

Da bi povećali preciznost uređaja i da bi smanjili šum koji se stvara prilikom prenosa signala između površine kože i uređaja, uređaj je modifikovan sa EKG (elektro kardiogram) elektrodama, medicinskog nivoa kvaliteta. Nakon modifikacije, nivo grešaka i šuma smanjio se za 70% što je učinilo uređaj mnogo upotrebljivijim. Modifikacija je, takođe, podigla ergonomiju uređaja jer originalni dizajn za postavljanje elektroda nije odgovarao svakom korisniku.

4. SOFTVERSKO REŠENJE I INTERFEJS

Prilikom dizajniranja softvera za osobe sa invaliditetom i osobe koje su teško povređene, mora se voditi računa da softver bude što je više moguće prilagođen potrebama korisnika [6,7]. To podrazumeva upotrebu jasnih i jednostavnih vizuelnih elemenata koji neće remetiti koncentraciju osoba. Interfejs mora biti jasno vidljiv i lako upravljiv od strane korisnika.

Težina invaliditeta razlikuje se od slučaja do slučaja pa i aplikacija mora biti prilagođena različitim nivoima invaliditeta. Softverski mehanizam selekcije je dizajniran na takav način da se može upotrebljavati sa samo jednom akcijom za najteže slučajeve invaliditeta.

Korisnički interfejs se sastoji od tri reda koji se po određenom vremenskom šablonu automatski i naizmenično menjaju i korisnik nema kontrolu nad ovim postupkom.

Pre upotrebe uređaj je potrebno jednom kalibrirati da bi operaciono pojačalo koje se nalazi u uređaju bilo prilagođeno nivoima moždanih signala korisnika. Kada je proces kalibracije izvršen, program je funkcionalan za upotrebu.

Proces aktivacije akcije je prilagođen zagrižanju korisnika. Kada korisnik aktivira zagrižaj vilice ili recimo postavi

jezik ka gornjem nepcu i simulira pritisak vilice, aktivira se akcija selekcije.

Da bi se smanjila greška i nenamerna selekcija, postoji mogućnost privremene deaktivacije akcije. Ovaj proces je moguće aktivirati migom desnog oka. Ponovnim namigivanjem sa desnim okom proces aktivacije je odobren i moguće je nastaviti unos slova. U desnom gornjem uglu je postavljena signalizacija unosa, sa crvenim kvadratom je označena blokada unosa, dok je sa zelenim kvadratom označena aktivacija unosa slova.

U prvoj fazi selekcije korisnik mora da prepozna u kojem redu se nalazi grupa traženih slova i odgovarajućom akcijom odabere red. Primer ove selekcije je dat na slici 3.



Slika 3. Prikaz interfejsa pri odabiru redova

U drugoj fazi kada korisnik odabere red, potrebno je odabrati traženo slovo i tada računar prelazi na automatski proces selekcije sa redova na izbor ćelije u odgovarajućoj koloni. Kada se određeno slovo osvetli, korisnik može selektovati traženo slovo. Primer selekcije ćelije slova je prikazan na slici 4.



Slika 4. Prikaz interfejsa pri odabiru traženog slova

Istraživanjem se zaključilo da je ovakav odabir najefikasniji i po pitanju selekcije i po pitanju utrošenog vremena. Utvrđeno je da se korisnik najbrže adaptira na ovaj način upotrebe. Broj redova, kao i broj kolona se može prilagoditi, ali se pokazalo da je izbor od 3x9 (3 reda 9 kolona) ili 4x7 najefikasniji. Zbog veće korisne radne površine ekrana, upotrebljena je selekcija tipa 3x9. U slučaju da korisnik koji je ušao u traženi red ne odabere nijedno slovo, proces selekcije prelazi iz kolonskog režima odabira u odabir redova. Da bi se korisniku olakšao unos podataka urađene su odgovarajuće optimizacije. Prva optimizacija podrazumeva da se nakon svake selekcije reda, prva kolona prikaže sa blagim zastojem od 400ms, i nakon toga se nastavlja regularna

selekcija ćelija. Druga optimizacija vodi računa da se nakon odabira ćelije slova, takođe uradi blagi zastoj i nastavi sa novom selekcijom reda. U praksi se pokazalo da je bolje nakon selekcije reda, izaći i pod selekcije i nastaviti sa selekcijom redova. Na ovaj način je automatizovan proces vraćanja u mod selekcije reda.

Sa programerskog dela urađena je optimizacija selekcije zastoja reda i kolone pomoću višenitnog programiranja u programskom jeziku C#. Ovde je veoma značajno istaći da prilikom čekanja u niti ne sme da se koristi metoda *Thread.sleep()*, jer ona ne može da se trenutno prekine, što ugrožava sinhrono izvršavanje programa. Ovaj problem je elegantno rešen upotrebom objekta *ManualResetEvent* i umesto metode *Thread.sleep()* je korišćena metoda *Wait.One*.

```
var signalled = mre.WaitOne
(TimeSpan.FromMilliseconds (vreme_odabira +
dodatak));
```

Nadalje *if (!signalled)* se izvršava ako nema brzog prekida u okviru niti.

Kada treba da se odgovarajuće stanje pauze u niti nasilno prekine dovoljno je pozvati metodu *mre.Set()* i tada se momentalno završava stanje čekanja u niti. S obzirom da je vrednost promenljive *signalled* sada true, uslov *if (!signalled)* se ne izvršava. Proces nastavka rada niti se izdaje naredbom *mre.Reset()*, gde mre predstavlja objekat *ManualResetEvent mre = new ManualResetEvent(false);*

Kod koji je značajan za rad sa metodama za sistemski pristup resursima pozicije kursora miša, pokretanja klika odgovarajućeg dugmeta, pokretanje pozadinske aplikacije i postavljanje aplikacije da bude na vrhu ostalih prozora je dat u nastavku rada:

```
enum SystemMetric
{
    SM_CXSCREEN = 0,
    SM_CYSCREEN = 1,
}

[DllImport("user32.dll")
static extern int GetSystemMetrics (SystemMetric
smIndex);

int CalculateAbsoluteCoordinateX(int x)
{
    return (x * 65536) / GetSystemMetrics
(SystemMetric.SM_CXSCREEN);
}

int CalculateAbsoluteCoordinateY(int y)
{
    return (y * 65536) / GetSystemMetrics
(SystemMetric.SM_CYSCREEN);
}

[DllImport("user32.dll")
public static extern int SetForegroundWindow(IntPtr
point);

[DllImport("user32.dll", EntryPoint = "SetCursorPos")
[return: MarshalAs(UnmanagedType.Bool)]
private static extern bool SetCursorPos(int X, int Y);
```

```
[DllImport("user32.dll", CharSet = CharSet.Auto,
CallingConvention = CallingConvention.StdCall)]
public static extern void mouse_event(uint dwFlags, uint
dx, uint dy, uint cButtons, uint dwExtraInfo);
```

```
private const uint MOUSEEVENTF_MOVE = 0x01;
private const uint MOUSEEVENTF_LEFTDOWN = 0x02;
private const uint MOUSEEVENTF_LEFTUP = 0x04;
private const uint MOUSEEVENTF_RIGHTDOWN = 0x08;
private const uint MOUSEEVENTF_RIGHTUP = 0x10;
private const uint MOUSEEVENTF_ABSOLUTE = 0x8000;
```

```
public void DoMouseClicked()
{
    uint X = (uint)Cursor.Position.X;
    uint Y = (uint)Cursor.Position.Y;
    mouse_event(MOUSEEVENTF_LEFTDOWN
MOUSEEVENTF_LEFTUP, X, Y, 0, 0);
}
```

```
public void DoMouseMove(int x, int y)
{
    uint X = (uint)Cursor.Position.X;
    uint Y = (uint)Cursor.Position.Y;
    SetCursorPos((int)X + x, (int)Y + y);
}
```

```
private void MoveCursor(int x, int y)
{
    this.Cursor = new Cursor(Cursor.Current.Handle);
    Cursor.Position = new Point(Cursor.Position.X + x,
Cursor.Position.Y + y);
    Cursor.Clip = new Rectangle(this.Location, this.Size);
}
```

```
public void ActivateTargetApplication(string processName,
List<string> barcodesList)
{
    Process p = Process.Start("winword.exe");
    p.WaitForInputIdle();
    IntPtr h = p.MainWindowHandle;
    SetForegroundWindow(h);
    SendKeys.SendWait("k");
    IntPtr processFoundWindow = p.MainWindowHandle;
}
```

5. ZAKLJUČAK

Upotreba BCI uređaja uz prilagođavanje interfejsa omogućava novu perspektivu paralizovanim osobama, osobama sa teškim oblicima invaliditeta i osobama u procesu rehabilitacije. Upotrebom ne-invazivne metode osobama se omogućuje da komuniciraju na moderan način, da uzmu aktivnu ulogu u komunikaciji tako što će prvi inicijalizovati razgovor ili dopisivanje. Upotreba u rehabilitaciji poboljšava opšte zdravstveno stanje osobe, produžava im život i samim tim daje im šansu da žive dovoljno dugo da dožive otkriće u medicini koje će ih izlečiti i rešiti njihov problem trajno.

Softversko rešenje je nezavisno od tipa uređaja za unos što u mnogome uvećava mogućnosti upotrebe novih BCI uređaja u budućnosti. Trenutni prikaz rešenja koristi samo jednu akciju za unos, ali bilo koji broj akcija je moguć, što znači da sa boljim BCI uređajem, softver može da poveća brzinu i preciznost rada.

Aplikacija se može upotrebiti sa bilo kojim uređajem koji daje diskretne signale koji se mogu koristiti za unos u računar. Na ovaj način postiže se još viši nivo pristupačnosti, jer različiti nivoi invaliditeta podrazumevaju i različita stanja osoba i različite potrebe za prilagođavanjem.

Poseban značaj rešenja predstavlja mogućnost za edukaciju osobama sa invaliditetom, čime se omogućava inkluzija marginalizovanih osoba kao posledice invaliditeta i daje veliku šansu za profesionalni razvoj. Sledeći korak je razvoj dodataka za upotrebu tekst editora i implementacija okruženja za razvoj softvera koje bi omogućilo pisanje knjiga i programiranje osobama, što bi dovelo i do mogućeg zaposlenja ili samo-zaposlenja.

LITERATURA

[1] D. Lacmanović, M. Kojadinović, Z. Veljković, V. Zavišin and G. Nikolić, "Neural Communicator," E-Society, vol. 1, no. 1, pp. 9-18, 2010.

[2] R. Walker, Secret Worlds: Brain, DK Children, 2002.

[3] E. Grabianowski, "How Brain-computer Interfaces Work," [Online]. Available: <http://computer.howstuffworks.com/brain-computer-interface.htm>. [Accessed September 2014].

[4] P. Pollack, "Brain control gives hope to the paralyzed," ARS Technica. [Online]. Available: <http://arstechnica.com/uncategorized/2006/07/7262-2/>. [Accessed July 2014].

[5] L. Robinson, "Our Words: See Hear Think Say", [Online]. Available: <http://ldrobinson.blogspot.com/2011/06/our-words-see-hear-think-say.html>. [Accessed July 2014].

[6] Cyberkinetics, "BrainGat: Turning Thoughts into Action," 2014. [Online]. Available: <http://www.cyberkineticsinc.com/>. [Accessed September 2014].

[7] M. McKee, "NASA develops 'mind-reading' system." New Scientist, [Online]. Available: <http://www.newscientist.com/article/dn4795-nasa-develops-mindreading-system.html>. [Accessed September 2014].

ULOGA NOVOG KONCEPTA LIČNE KARTE U RAZVOJU MOBILNIH SERVISIA ELEKTRONSKE UPRAVE U REPUBLICI SRBIJI

Miladin Ivanović, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije
 dr Predrag Đikanović, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije
 mr Vojkan Nikolić, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije
 Duško Sivčević, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

Apstrakt: *Intenzivni razvoj IKT koji se sve više bazira na mobilnim tehnologijama izmenio je potrebe i navike krajnjih korisnika. Pristup brzim Internet konekcijama i upotreba „pametnih“ telefona i tablet računara omogućili su korisnicima kontinualan pristup raznovrsnim mobilnim servisima u pokretu; bez obzira na vreme i mesto. Slični izazovi postavljaju se i pred dalji razvoj elektronske uprave u Republici Srbiji, a ogledaju se u sve većoj potrebi za mobilnim servisima. Prateći moderne IKT trendove i potrebe građana Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije razvija koncept nove lične karte koja će omogućiti proces bezbedne digitalne autentifikacije na mobilnim uređajima i na taj način podstaći razvoj mobilnih servisa elektronske uprave u Republici Srbiji.*

1. UVOD

Razvoj elektronske uprave u Republici Srbiji otpočeo je pre više od 6 godina uspostavljanjem Strategije razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji za period od 2009. do 2013. godine i pratećeg Akcionog plana. „Strategija se zasniva na usvojenim opredeljenjima Vlade za razvoj informacionog društva i reforme državne uprave sadržanih u Strategiji razvoja informacionog društva u Republici Srbiji („Službeni glasnik RS“, broj 87/06) i Strategiji reforme državne uprave u Republici Srbiji.“ [1] Ubrzo nakon donošenja Strategije, kao jedan od njenih prioriteta, u junu 2010. godine uspostavljen je nacionalni portal eUprava kao osnovno mesto pristupa uslugama elektronske uprave. Korisnicima ovaj portal omogućava jednostavno pronalaženje elektronskih usluga po različitim kriterijumima, uputstva za korišćenje elektronskih usluga i jedinstven korisnički interfejs za njihovu upotrebu, dok za implementatore usluga ovaj portal nudi jedinstvenu platformu za razvoj i prezentovanje istih. Do danas u Republici Srbiji je razvijeno više stotina različitih usluga za građane, pravne subjekte i organe uprave koje su dostupne na portalu eUprava. Razvoj ovih elektronskih usluga podrazumevao je uvođenje u upotrebu digitalne sertifikate, mogućnost digitalne autentifikacije i digitalna dokumenta građana, sa jedne strane, i uspostavljanje odgovarajuće zakonske regulative koja prati ove savremene koncepte, sa druge strane. Trenutno u Srbiji postoji 6 sertifikacionih tela koje izdaju kvalifikovane elektronske sertifikate. [2]

Prepoznavši značaj navedenih koncepata digitalnih sertifikata, digitalne autentifikacije i digitalnog dokumenta, kao i značaj i mogućnosti elektronske uprave u opštem smislu, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije (MUP RS) je još od 2008. godine počelo sa izdavanjem ličnog identifikacionog dokumenta građana (lične karte) u formi smart kartica sa kontaktnim čipom, na kome se pored osnovnih podataka o građaninu nalazi elektronski sertifikat za autentifikaciju i opciono elektronski sertifikat za digitalno potpisivanje. Zamišljeni koncept identifikacionog dokumenta se pokazao kao izuzetno praktičan i prihvaćen. Do danas je izdato preko 5.092.641 ličnih karata sa čipom, a lična karta je ujedno postala i osnovni nosilac digitalne autentifikacije korisnika usluga elektronske uprave, na nacionalnom portalu eUprava Republike Srbije. Treba napomenuti i da je sastavni deo Ministarstva unutrašnjih poslova RS Sertifikaciono telo MUP RS, koje je na osnovu uredbe koju je donela Vlada Republike Srbije upisano u Registar sertifikacionih tela 2010. godine, kao i to da MUP RS poseduje sopstvenu infrastrukturu i potrebne tehničko-tehnološke kapacitete za personalizaciju smart kartica.

„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 Mrežom državnih organa (MDO) i nadogradnja 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.“ [3]

Uspostavljanjem EKSTRANET sistema razvijene su i prve elektronske usluge za građane. Na početku jednostavnije usluge poput zakazivanja termina za podnošenje zahteva za dokumenta, a kasnije i kompleksnije elektronske usluge visokog nivoa sofisticiranosti poput Produženja registracije vozila na ovlašćenim tehničkim pregledima ili

Zamena stare vozačke dozvole za novu (kartičnu). Danas MUP RS predstavlja instituciju čije se elektronske usluge u najvećoj meri koriste od strane građana i kao takav MUP RS se može smatrati jednim od pokretača razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji.

Uprkos velikim naporima koji su do sada učinjeni na polju razvoja elektronske uprave, može se reći da i dalje zaostajemo za tehnološki razvijenim zemljama. Razvoj mobilnih tehnologija i njihova velika dostupnost doveli su do revolucije u svetu komunikacija, načinu života i potrebama čoveka. Tako danas, većina ljudi ne može da zamisli život bez mobilnog telefona sa pristupom Internetu i njegovim servisima i sadržajima. Kao posledica toga sve je veći i akcenat na razvoju IKT servisa za mobilne uređaje poput tableta i smart telefona. Slično je i sa potrebama elektronske uprave koje se više ogledaju u neophodnosti razvoja usluga koncipiranih za mobilne uređaje, odnosno mobilnih usluga (servisa) elektronske uprave. Ovakav tehničko-tehnološki koncept omogućio bi građanima korišćenje elektronskih usluga „u pokretu“, bez obzira na vreme i mesto, što je uzevši u obzir današnji način života neizostavna potreba. Razvoj mobilnih servisa sa sobom nosi i brojne tehnološke i tehničke izazove, a jedan od njih je i potreba za uspostavljanje sigurne mobilne autentifikacije (autentifikacija putem mobilnih uređaja) što podrazumeva i upotrebu sigurnog nosioca digitalne identifikacije korisnika.

2. KONCEPT NOVOG IDENTIFIKACIONOG DOKUMENTA GRAĐANA (NOVE LIČNE KARTE)

Postojeći identifikacioni dokument građana koncipiran je kao kartični dokument, a građani se na osnovu sopstvenih potreba mogu slobodno opredeliti za dokument sa čipom, ili bez čipa. Dokument sa čipom predstavlja kontaktnu smart karticu sa *ISO 7816-A* kontaktnim interfejsom, na čijem čipu su pored neophodnih bezbednosnih elemenata smešteni osnovni podaci o građaninu: fotografija, otisak prsta, svojeručni potpis, kao i elektronski sertifikat za autentifikaciju. „Na zahtev imaoca lične karte, u skladu sa posebnim propisima, u čip se upisuju kvalifikovani elektronski sertifikat i odgovarajući podaci za formiranje kvalifikovanog elektronskog potpisa tako da ta lična karta postaje sredstvo za formiranje kvalifikovanog elektronskog potpisa, u skladu sa zakonom.“ [4] Građani koji poseduju ličnu kartu sa čipom i sertifikat za kvalifikovani elektronski potpis mogu se bezbedno autentifikovati na nacionalnom portalu eUprava i drugim portalima gde se to zahteva i na taj način ostvariti pravo na skup elektronskih usluga koji taj portal nudi. Pored

toga, građani mogu digitalno potpisivati dokumenta, transakcije, elektronsku poštu i dr. Treba napomenuti i da je aktuelna lična karta u hardverskom i softverskom smislu izrađena po najaktuelnijim i najvišim bezbednosnim standardima. To je potvrđeno i činjenicom da do danas nije prijavljena nijedna zloupotreba lične karte sa čipom, kao ni falsifikat iste.

Idući u korak sa modernim IKT trendovima i novim potrebama građana, MUP Republike Srbije razvija novi koncept lične karte koji će prateći najaktuelnije i najviše IKT bezbednosne trendove obezbediti veću sigurnost podataka na samom čipu kartice, ali i set novih funkcionalnosti.

Osnovna novina na ličnoj karti biće novi čip koji će pored postojećeg kontaktnog interfejsa imati i beskontaktni *ISO 14443* kompatibilni interfejs koji će omogućiti bezbedan beskontaktni pristup podacima na čipu. Beskontaktnim interfejsom biće u velikoj meri proširena funkcionalna i upotrebna vrednost lične karte kao sredstva digitalne identifikacije, a ovakav koncept će svakao uticati i na razvoj novih servisa.

Unapređenje postojeće lične karte, gledano sa tehničko-tehnološkog aspekta, usko je povezano sa pravno-regulatornim procesima u kojima se donose zakoni i regulative. Njihovo međusobno usaglašavanje u velikoj meri direktno utiče na upotrebnu vrednost samog dokumenta. Ovo za MUP RS istovremeno znači i usaglašavanje sa regulativama, preporukama i standardima EU koje smo kao država u procesu pridruživanja EU u obavezi da ispunimo. Primer EU regulative koja će u velikom meri direktno uticati na upotrebu lične karte kao sredstva digitalne autentifikacije je *eIDAS* regulativa kojom će između ostalog biti omogućeno korišćenje lične karte kao sredstva digitalne autentifikacije u državama članicama EU (izvan teritorije Republike Srbije). Osim toga, unapređenje lične karte u ovom smislu, kao i predstojeće usaglašavanje regulative i proces pridruživanja EU sa može omogućiti da se lični dokument koristi i kao putna isprava na teritoriji EU.

„Sa ciljem da obezbedi ispravno funkcionisanje unutrašnjeg tržišta istovremeno težeći odgovarajućem nivou sigurnosti sredstava elektronske identifikacije i poverljivim servisima, ovom se regulativom:

- a) utvrđuju uslovi pod kojima države članice priznaju sredstva elektronske identifikacije fizičkih i pravnih lica koja su obuhvaćena prijavljenim sistemom elektronske identifikacije druge države članice;
- b) utvrđuju pravila za poverljive servise, posebno za elektronske transakcije; i
- c) uspostavlja pravni okvir za elektronske potpise, elektronske pečate, elektronske vremenske žigove,

elektronska dokumenta, usluge elektronske preporučene dostave i usluge sertifikacije *web* sajtova.“ [8]

Usaglašavanje sa *eIDAS* regulativom omogućilo bi građanima Republike Srbije da u zemljama EU obavljaju bezbedne elektronske transakcije, digitalno potpisuju elektronska dokumenta, koriste usluge elektronske uprave koje nude zemlje EU (prijava boravka stranca, notarske usluge...) i koriste druge elektronske servise koristeći sopstvenu ličnu kartu kao sredstvo digitalne autentifikacije.

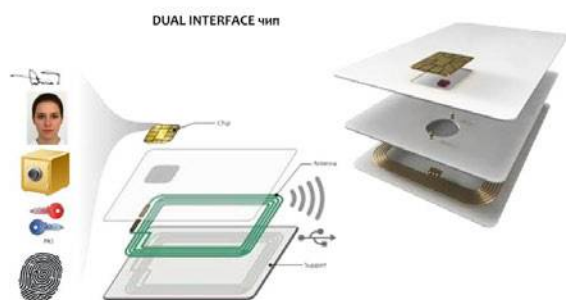
3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE NOVOG IDENTIFIKACIONOG DOKUMENTA

Nova lična karta u tehničkom smislu predstavlja kontaktno-beskontaktnu smart karticu (*dual interface*). Pod *dual interface* smart karticom u slučaju nove lične karte podrazumeva se da je čip kartice upakovan u polikarbonatne slojeve sa *ISO 7816* interfejsom za kontaktni pristup (pristup podacima preko čitača smart kartica) i *ISO 14443-A* interfejsom za beskontaktni pristup.

Osnovne tehničke karakteristike čipa kartice u smislu memorijskog prostora, bezbednosnih elemenata, podrške za kriptografske algoritme i protokole i dr. su:

- *Common Criteria EAL5+* bezbednost podataka na čipu;
- *EEPROM* memorija na čipu 80KB;
- Održivost podataka na čipu do 25 godina (do 500.000 ciklusa obrade);
- *ROM* memorija 264 KB;
- *RAM* memorija 7,5 KB;
- Podrška za beskontaktno protokole *MIFARE DESFire*, *MIFARE Classic* i *MIFARE Flex*;
- Interfejs za *NFC* komunikaciju;
- *High-speed 3-DES* koprocesor (64-bit parallel);
- *High-speed AES* koprocesor (128-bit parallel);
- Podrška za *RSA* i *ECC* enkripciju.

Značajna karakteristika čipa novog identifikacionog dokumenta je u podršci za *NFC* (*Near Field Communication*) tehnologiju komunikacije. *NFC* je



Slika 1: Fizička struktura *dual interface* smart kartice.

oblik beskontaktno komunikacije baziran na radio talasima koji uređajima poput pametnih telefona i tablet računara omogućava bezbedan prenos podataka (čitanje/upis). S obzirom da većina mobilnih uređaja koji su danas dostupni na tržištu podržavaju ovu tehnologiju beskontaktno komunikacije, otvara se mogućnost za razvoj različitih mobilnih servisa gde se lična karta javlja u ulozi bezbednog nosioca digitalne autentifikacije, a na taj način i kao pokretač razvoja sigurnih mobilnih servisa u Republici Srbiji.

Dužina ključeva za autentifikaciju i digitalno potpisivanje na čipu lične karte su u skladu sa aktuelnim bezbednosnim preporukama dužine 2048k.

4. ULOGA NOVE LIČNE KARTE U RAZVOJU MOBILNIH USLUGA ELEKTRONSKE UPRAVE U REPUBLICI SRBIJI

Današnje vreme karakteriše konstantna potreba za pristupom informacijama i raznim servisima koje Internet nudi korisnicima „u pokretu“, a koje je podstaknuto ubrzanim razvojem i velikom rasprostranjenošću mobilnih uređaja i sve većom dostupnosti brzih *3G* i *4G* konekcija. Ujedno to predstavlja i novi izazov za IKT. U skladu sa tim, korisnici sve više očekuju od servisa za mobilne uređaje. U kratkom vremenskom periodu gotovo svi servisi Interneta koje smo koristili na kućnim računarima postali su dostupni na pametnim telefonima i tablet računarima. Elektronska pošta, pristup socijalnim mrežama, kompjuterske igre, vesti, elektronsko bankarstvo i drugi servisi danas se u većini slučajeva koriste mobilno. Slična očekivanja odnose se i na razvoj servisa elektronske uprave. Uprkos velikim izazovima i očekivanjima, sa mobilnim servisima elektronske uprave u Republici Srbiji se nije daleko stiglo. Do sada, uglavnom su razvijeni servisi bazirani na zakazivanju termina za izdavanje dokumenata i potvrda pred organima javne uprave putem *SMS*-a, kao i onih koji nude informacije o raznim upravnim postupcima i procedurama. Kao glavna prepreka u razvoju složenijih servisa elektronske uprave uglavnom se javlja nemogućnost digitalne autentifikacije korisnika preko mobilnih uređaja i relativno skupa rešenja koja ovo omogućavaju.

U Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije, pre svega kao servisu građana, postoji svest o novonastalim potrebama građana i IKT izazovima. U skladu sa tim razvija se novi koncept identifikacionog dokumenta koji će kroz navedena tehnička i bezbednosna unapređenja omogućiti veću sigurnost, dostupnost, mobilnost, ali i mogućnost za realizaciju novih funkcionalnosti u skladu sa postojećim trendovima. Jedno od svakako najvećih prednosti nove lične karte u odnosu na staru ogleda se u mogućnosti beskontaktnog pristupa podacima na čipu.

Danas većina mobilnih uređaja koji se mogu naći na tržištu poseduju *NFC* interfejs preko koga je moguće ostvariti bezbedan pristup podacima na čipu lične karte. Na ovaj način je prevaziđen problem neophodnosti posedovanja čitača smart kartica za pristup podacima na čipu, što je u slučaju aktuelne lične karte bio ograničavajući faktor upotrebljivosti sevisa, a samim tim i prihvatanje ovog rešenja od strane građana. Sa druge strane, primenom ovakvog koncepta koji pruža mogućnost beskontaktnog pristupa podacima obezbeđuje se korišćenje lične karte kao sredstava za bezbednu autentifikaciju korisnika na mobilne uređaje. Samim tim, nova lična karta se javlja u ulozi bezbednog nosioca digitalne autentifikacije za mobilne uređaje što je osnovni preduslov u razvoju mobilnih servisa elektronske uprave, ali i drugih servisa koji podrazumevaju digitalnu autentifikaciju, digitalno potpisivanje i enkripciju.

Posebna prednost u korišćenju lične karte kao sredstva za digitalnu autentifikaciju ogleda se u činjenici da je ona obavezan dokument za građane. U skladu sa Zakonom o ličnoj karti „Državljanin stariji od 16 godina života koji ima prebivalište na teritoriji Republike Srbije dužan je da ima ličnu kartu.“ [4] Odabirom lične karte sa čipom i upisom kvalifikovanog sertifikata za formiranje elektronskog potpisa građanima se pruža mogućnost da se bez naknade, preko mobilnih i drugih uređaja, autentifikuju u digitalnom svetu i da obave bezbedne transakcije korišćenjem različitih elektronskih servisa.

5. MUP REPUBLIKE SRBIJE U ULOZI PRUŽAOCA MOBILNIH SERVISA ELEKTRONSKE UPRAVE

Potreba za razvojem elektronskih usluga za građane, privredne subjekte i zaposlene u državnim organima Republike Srbije je uslovlila razvoj elektronske uprave u Republici Srbiji. Za MUP RS je to značilo „otvaranje“ ,do tada, strogo zatvorenog informacionog sistema i obezbeđenje sigurnog i bezbednog pristupa evidencijama MUP-a od strane drugih državnih organa i institucija. „Zbog obavljanja poslova iz svoje nadležnosti i vođenja evidencija podataka MUP Republike Srbije ima važnu ulogu u *eGovernment*-u Republike Srbije. Zbog toga bilo je potrebno da MUP Republike Srbije obezbedi bezbedno i funkcionalno rešenje koje bi omogućilo razmenu podataka i odvijanje kolaboracije poslovnih procesa između MUP-a Republike Srbije i okruženja (drugi državni organi i privredni subjekti)“. [5]

U skladu sa navedenim potrebama razvijen je Ekstranet sistem sa infrastrukturom koja može da odgovori na izazove elektronske uprave, kao što su veliki protok informacija, komunikacija sa velikim

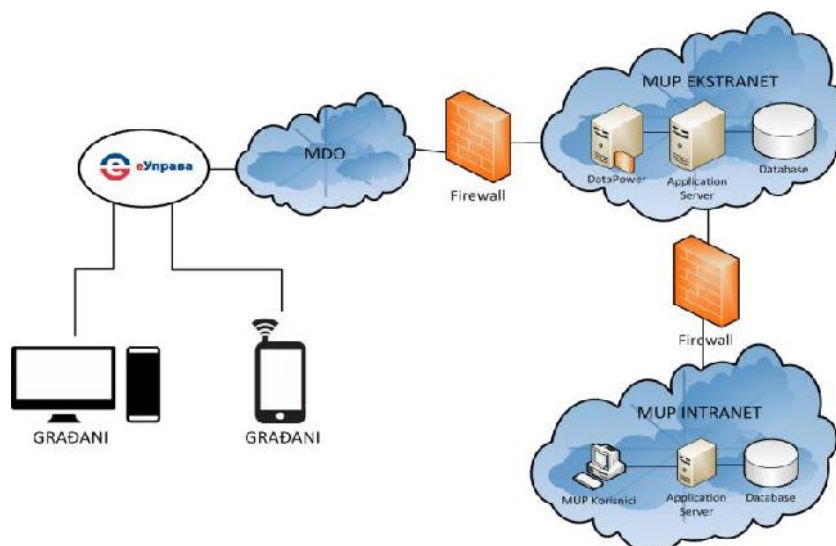
brojem spoljnih sistema i zaštita podataka u skladu sa aktuelnim bezbednosnim standardima. „Ovakvo rešenje je doprinelo da razni spoljašnji korisnici mogu da koriste određene evidencije podataka kojima raspolaže MUP Republike Srbije, a i da se potrebni podaci za poslovne procese koji se odvijaju u MUP-u Republike Srbije prikupe na bezbedan način od drugih vlasnika podataka izvan mreže MUP-a. Na ovaj način, Ekstranet je omogućio funkcionalnu integraciju Intraneta MUP-a Republike Srbije i drugih informacionih sistema koji njemu ne pripadaju.“ [6] Preko Ekstranet sistema do danas je uspešno ostvarena komunikacija i elektronska razmena podataka sa velikim brojem državnih organa i institucija u Republici Srbiji i pruženo više više od 10 elektronskih usluga za građane koje su dostupne na portalu eUprava.

Osim za realizaciju komunikacije sa spoljnim sistemima, Ekstranet sistem je koncipiran i za komunikaciju sa mobilnim uređajima MUP-a kako bi policijskim službenicima na terenu bilo omogućeno da dobijaju podatke kada su van kancelarija i kada su u pokretu. Pristup mobilnih uređaja Ekstranet sistemu MUP RS realizovan je preko *3G* oblaka Telekom Srbija. Sistem za razmenu podataka sa mobilnim uređajima predstavlja proširenje Jedinstvenog informacionog sistema (JIS) MUP-a 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*“. [7]

U realizaciji MJIS-a i servisa za mobilne uređaje primenjene su posebne mere zaštite podataka u vidu bezbedne autentifikacije na sam mobilni uređaj, enkripcije podataka u prenosu sa algoritmima razvijenim posebno za ove potrebe, *L3VPN*, *SSL* i dr. Za potrebe bezbedne autentifikacije korišćene su službene legitimacije radnika MUP-a RS, u vidu *dual interface* smart kartice kojima se policijski službenik putem *NFC* protokola predstavlja sistemu, a na osnovu čega mu se u skladu sa odobrenim privilegijama omogućava pretraga podataka u internim evidencijama.

Iskustva stečena u razvoju sigurnih servisa i aplikacija za mobilne uređaje, kao i primena bezbedne autentifikacije na mobilne uređaje korišćenjem *dual interface* smart kartice, putem *NFC* protokola, MUP RS planira da primeni i u razvoju mobilnih servisa elektronske uprave za svoje građane. Upotreba beskontaktnog interfejsa lične karte će podstaći razvoj novih usluga, ali i unapređenje postojećih za mobilne



Slika 2: Arhitektura Ekstranet sistema MUP-a za pružanje usluga elektronske uprave

platforme. Pored toga, otvara se mogućnost za razvoj raznih *ePolice* servisa za građane, a preko MJIS-a MUP Republike Srbije i za policajce na terenu koji će preko mobilnih uređaja moći da očitaju podatke sa lične karte i na licu mesta preko 3G mreže vrše razne operativne provjere po evidencijama MUP *online*.

Osnovni cilj MUP-a RS je zadovoljstvo građana, a ono se u IKT smislu može postići samo kroz bezbedne i pouzdane servise koji omogućavaju interakciju sa MUP-om 27/7/365.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj mobilnih tehnologija i njihova rasprostranjenost u velikoj meri utiču na naš svakodnevni život. Raznovrsni mobilni servisi koji nam se nude u vidu elektronskog bankarstva, elektronske pošte, pristupa socijalnim mrežama i slično, učinili su mobilne uređaje poput pametnih telefona, osnovnim sredstvom za prikupljanje, čuvanje i razmenu informacija. Potreba za razvojem servisa za mobilne uređaje sve je veća i raznovrsnija.

Razvoj elektronske uprave je poslednjih godina u velikoj meri olakšan primenom koncepata *G2C*, *G2G* i *G2B* poslovanja. Građanima i poslovnim korisnicima je obezbeđena veća funkcionalnost i dostupnost raznim elektronskim uslugama. Uprkos tome, razvoj mobilnih servisa elektronske uprave u Republici Srbiji se javlja kao sve veća potreba. Osim jednostavnih usluga u vidu SMS zakaziva i informativnih usluga nije se daleko stiglo. Jedan od osnovnih razloga za to je problem digitalne autentifikacije korisnika putem mobilnih uređaja.

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, idući u korak sa aktuelnim IKT trendovima i potrebama građana, razvija novi koncept lične karte koja će kroz mogućnost beskontaktnog pristupa podacima sa mobilnih uređaja obezbediti građanima

sredstvo za digitalnu autentifikaciju, sadržano u obaveznom identifikacionom dokumentu. Praktična iskustva stečena u upotrebi Službene legitimacije radnika MUP-a RS i razvoju mobilnih servisa i aplikacija za službene potrebe MUP RS iskoristiće se za implementaciju pouzdanih i sigurnih mobilnih servisa za građane. U tom smislu, nova lična karta biće osnovni pokretač razvoja mobilnih servisa elektronske uprave u Republici Srbiji.

7. LITERATURA

- [1] <http://slglasnik.info/sr/83-12-10-2009/16768-strategija-razvoja-elektronske-uprave-u-republici-srbiji-za-period-od-2009-do-2013-godine.html>, (07.07.2015.)
- [2] <http://epotpis.mtt.gov.rs/>, (07.07.2015.)
- [3] *G2G integracija MUP-a Republike Srbije sa portalom eUprava*, V. Nikolić, J. Protić, P.Đikanović, ETRAN 2013, ETRAN 2013.
- [4] *Zakon o ličnoj karti*, Službeni glasnik RS (br.62/2006 i 36/2011), 2011.
- [5] *eGovernment Republike Srbije – Produženje registracije motornih i priključnih vozila*, mr. Vojkan Nikolić, dr. Predrag Đikanović, Duško Batočanin, YU INFO 2013
- [6] *Integracija web servisa MUP-a Republike Srbije sa portalom eUprave*, mr Vojkan Nikolić, Saša Radovanović, INFOTECH 2012, 2012.
- [7] *Mobilni JIS Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije: Policijske pretrage*, dr Predrag Đikanović, mr Saša Radovanović, mr Vojkan Nikolić, INFOFEST 2014
- [8] *Regulativa (EU) br. 910/2014 evropskog parlamenta i veća*, Evropski parlament i evropsko veće, Službeni glasnik EU, 2014.

RAČUNARSTVO U OBLAKU U SRBIJI – PREGLED STANJA CLOUD COMPUTING IN SERBIA – A SURVEY

Dunja Majstorović¹, Dušan Vujošević¹

Računarski fakulter¹

Sadržaj – U ovom radu, na osnovu saradnje sa dva domaća klad provajdera i poređenjem ponuda pet domaćih ponuđača, napravljen je objektivni pregled opcija koje su dostupne našim kompanijama. Osim međusobnog poređenja domaćih pružalaca usluga, dat je i presek dobrih i loših strana korišćenja servisa sveprisutnih, globalnih klad kuća, gde se kao veliko pitanje nameće sigurnost poverljivih informacija. Zakoni o podacima, prisutnost tehničke podrške, visoka prilagodljivost i prisniji odnos sa klijentima su osobine koje staju na stranu lokalnih provajdera, dok globalni dobijaju bitku u skalabilnosti i dimaničnom sistemu naplate.

Abstract – In this paper, we give an overview of cloud services available to Serbian companies and compare them. Also, we discuss some of the flaws and benefits of employing services offered by large, global providers, raising the ever-popular concern of data security. Privacy laws, tech support accessibility, high adaptability to user needs and a closer relationship with customers are the qualities that side with local providers, while the big ones offer unrivaled scalability and dynamic billing systems.

1. UVOD

Računarstvo u oblaku danas je neporecivo jedan od glavnih trendova u sferi informacionih tehnologija, i to s razlogom: ne samo da se prelaskom na oblak štede finansijska sredstva inače neophodna za ulaganje u skupu opremu i električnu energiju koju ova oprema troši, već kompanije dobijaju mogućnost i da outsorsuju svoje IT procese, te da se fokusiraju na svoju osnovnu delatnost. Računarstvo u oblaku (eng. *cloud computing*) predstavlja model za omogućavanje sveprisutnog, *on-demand* pristupa deljenim resursima (mrežama, serverima, skladištima podataka, aplikacijama, servisima) koji mogu biti pruženi na raspolaganje brzo i uz minimalan napor servis provajdera. Model „oblaka“ se, prema američkom Nacionalnom institutu za standarde i tehnologiju [1], sastoji od pet bitnih osobina, tri osnovna modela usluga i četiri tipa arhitekture prema okruženju kome je oblak namenjen. Ovi termini su, radi konzistentnosti, kratko razjašnjeni u nastavku.

1.1. „Pet bitnih osobina“

Prva i možda najvažnija osobina je samo-usluživanje na zahtev. Podrazumeva da klijent može, onda kada mu je potrebno – ma kada to bilo, početi da koristi više resursa, a da na strani provajdera nema ljudske interakcije, to jest, sistem je automatizovan. Druga osobina, neophodna za glatko funkcionisanje usluge, je širokopolasni pristup mreži. Klijent servisima koje mu provajder pruža pristupa preko interneta, pa je poželjno da prema internetu ima

dobru konekciju. Upravo zato što se usluga ne nalazi lokalno već „u oblaku“, klijentski uređaj ne mora biti hardverski jaka mašina, već može da bude i jednostavan terminal (npr. mobilni telefon, tablet, prenosni računar). Združavanje resursa je treća, ali ne tako nova osobina. Resursi kao što su memorijske jedinice za skladištenje, procesori, propusni opseg itd. se „združavaju“, čime se postiže virtuelno akumuliranje onoga što provajder nudi. Ovim se dobija tzv. bazen resursa (eng. *resource pool*) iz koga korisnici uzimaju ono što im je potrebno, a vraćaju kada im više ne treba. Četvrta osobina, brza elastičnost, to jest skalabilnost, stvara iluziju da su mogućnosti koje provajder nudi beskonačne i uvek dostupne. Ovo se postiže tako što, kada se javi potreba za većom količinom resursa, klijent veoma brzo zauzima resurs i počinje da ga koristi. Analogno, kada mu se potrebe smanje (ili završi ono što je radio), jednostavno otpušta resurs koji od tog trenutka mogu koristiti drugi klijenti. Poslednja, peta osobina je najvažnija za sagledanje ove tehnologije sa ekonomskog stanovišta: naplata po potrošnji. Pošto klijenti ne koriste usluge provajdera non-stop već po potrebi, logično je i da račun na kraju meseca ne bude fiksni već prilagođen onome što je klijent zapravo potrošio. Upravo zbog ove osobine sve više kompanija svoje informacione sisteme prebacuje iz lokalnog u udaljeno okruženje: umesto da grade velike *data centre* čija implemetacija i održavanje iziskuju ogromne troškove, firme se opredeljuju da usluge koje su im potrebne traže od servis provajdera.

1.2. Modeli usluga

Prvi model, softver kao usluga (SaaS – *Software as a Service*), predstavlja scenario u kom klijent koristi aplikacije koje se izvršavaju u oblaku, to jest na infrastrukturi koja je u vlasništvu provajdera. Ovim aplikacijama bi trebalo da može da se pristupi iz jednostavnih korisničkih interfejsa, kao što su veb pretraživači ili obični programski interfejsi. U ovakvom scenariju, korisnik nema kontrolu nad infrastrukturom koju koristi i ne može upravljati njome – to je odgovornost lica koje je vlasnik same infrastrukture. Drugi model, platforma kao usluga (PaaS – *Platform as a Service*), je model kojim se obezbeđuje razvojno okruženje u kome će korisnik razvijati sopstvenu aplikaciju (program, servis ili nešto treće) i onda izvršavati i održavati to što je napravio na platformi provajdera. Za razliku od prethodnog, u ovom scenariju korisnik ima veću kontrolu – može upravljati aplikacijama i eventualno izmeniti neka podešavanja u okruženju koje koristi za razvoj, ali i dalje ne može uticati na infrastrukturu (mreža, serveri, operativni sistemi, jedinice za skladištenje itd.) koja se nalazi u oblaku. Treći i poslednji među osnovnim modelima je infrastruktura kao usluga (IaaS – *Infrastructure as a Service*). Ovo je model koji klijentu daje najviše slobode pri korišćenju i

upravljanju resursima, ali i najviše košta. U slučaju da korisnik izabere ovaj tip usluge, moći će da izvršava proizvoljan (svoj) softver, da upravlja aplikacijama i operativnim sistemom koji koristi, memorijskim entitetima i eventualno će imati mogućnost da bira mrežne komponente (na primer *firewall* uređaje) koje će uposliti za svoje potrebe.

1.3. Podela prema nameni

U zavisnosti od toga u čijem je vlasništvu i ko sve koristi infrastrukturu zvanu klaud, definisana je sledeća podela:

1. Privatni oblak: infrastruktura koju ekskluzivno koristi jedna kompanija (koja se eventualno sastoji od više poslovnih jedinica - ogranaka). Oblak je privatn zato što ga jedna kompanija poseduje ili zato što samo jedna kompanija njime upravlja. Takođe postoje slučajevi gde jedan privatn oblak deli više firmi, ali i slučajevi gde je infrastruktura jednog oblaka distribuirana na više različitih lokacija.
2. Oblak zajednice ili zajednički oblak (eng. *community cloud*), entitet koji koriste organizacije sa zajedničkim interesovanjima, na primer tela sa sličnom ili istom misijom, sigurnosnim zahtevima, bezbednosnim polisama itd. Može biti u vlasništvu jedne ili više organizacija iz te zajednice ili neke treće strane.
3. Javni oblak: model gde su resursi dostupni širokoj javnosti. Može biti u vlasništvu neke kompanije, akademske ustanove, državne vlasti ili u podeljenom vlasništvu između gore navedenih. Infrastruktura se uglavnom nalazi kod nekog provajdera, koji je i održava.
4. Hibridni oblak: spoj više oblaka koji mogu biti bilo privatni ili javni, koji ostaju zasebni entiteti ali su združeni tako da međusobno mogu deliti aplikacije, raspoređivati opterećenje itd. Takođe se kaže da kompanija koristi hibridni oblak kada istovremeno poseduje i/ili koristi i privatnu i javnu infrastrukturu, koje se dodiruju bar u jednoj tački.

2. PONUDA U SRBIJI

U ovom odeljku sumarizovana je ponuda domaćih klaud provajdera, na osnovu podataka uzetih od sledećih pet kompanija: NetCast d.o.o., SBB d.o.o. (Eunet), COMING - Computer Engineering d.o.o., Mainstream d.o.o. (mCloud) i Telekom Srbija a.d. Podaci su, u zavisnosti od kompanije, dobijeni usmenim putem, pismenom prepiskom, i na kraju, uvidom u javno dostupne ponude na njihovim veb stranicama. Pošto je primarni cilj rada prikaz stanja na tržištu Srbije, a ne poređenje samih ponuđača, u daljem tekstu svesno se ne iznose detalji o tome na kog ponuđača se koja konstatacija odnosi.

Najpre, kategorizujmo njihove usluge prema osnovnim modelima (IaaS, PaaS, SaaS). Od pet navedenih, samo dva operatera podržavaju sva tri modela, dok svaki operater istovremeno podržava najmanje dva. Jedini model koji svih pet provajdera podržava je IaaS, od čega se kod dva provajdera ova usluga svodi na hosting veb sajtova, u okviru čega klijent nema mnogo mogućnosti za upravljanje zakupljenim resursima, to jest za njihovu specifičnu

konfiguraciju. Uglavnom se radi o serverima ograničenog kapaciteta, koji mogu biti ili Linux ili Windows, sa opcijom dodavanja nekoliko dopunskih programa izabranom operativnom sistemu. Cene sličnih ponuda kod različitih ponuđača se neznatno razlikuju, gde se kod kupovine instanci servera uglavnom može primetiti niža cena za Linux u odnosu na Windows servere.

Pri analizi domaćeg tržišta, primećen je nedostatak prisustva dve važne osobine klaud tehnologije: elastičnost i naplata po potrošnji. Za ove dve stavke se može reći da su ključna razlika između „običnog“ iznajmljivanja resursa i onoga što podrazumeva oblak. Stalno dostupna brza skalabilnost, koja korisniku garantuje mogućnost da skoro momentalno poveća resurse onda kada su mu potrebni, i to automatski, uz minimalnu interakciju sa osobljem svog provajdera. Dok svih pet domaćih ponuđača koji su u ovom radu uzeti u obzir poseduju impresivnu infrastrukturu te bez pogovora mogu garantovati skalabilnost svojim klijentima, sam zahtev za proširenje resursa se uglavnom sprovodi kontaktiranjem tehničkog osoblja, bilo pozivom ili elektronskom poštom. Druga važna osobina, naplata po potrošnji, vidno izostaje iz ponuda, s obzirom da korisnik za većinu usluga potpisuje ugovor, u kome je definisana cena po godišnjem, mesečnom ili dnevnom nivou.

Iako su globalni provajderi kao što su Amazon, Google, Microsoft i ostali oliče klauda, manji provajderi takođe imaju svoje prednosti u odnosu na velike. Najpre treba uzeti u obzir podatke koji se čuvaju, obrađuju ili pak samo „prolaze“ kroz iznajmljene resurse - svaka zemlja definiše sopstvene polise i zakone o podacima, prava na privatnost, procedure za prikupljanje i analizu poverljivih informacija. U našoj zemlji postoji nekoliko zakona koji se tiču ovog pitanja, uključujući i Ustav, koji garantuje zaštitu podataka o ličnosti [2]. Međutim, opšte je poznato da postoji drastična razlika između zakona o privatnosti u Sjedinjenim Američkim Državama i evropskim zemljama. Konkretno, ova razlika dozvoljava američkim agencijama da prikupljaju i analiziraju sav mrežni saobraćaj koji prolazi kroz njihovu infrastrukturu, odnosno opremu koja je smeštena unutar njihovih granica [3]. S obzirom da se većina data centara globalnih provajdera nalazi upravo u Severnoj Americi, ova činjenica predstavlja nezgodnu prepreku za sve one organizacije koje posluju sa iole poverljivim informacijama. U stručnoj javnosti se već nekoliko godina vodi žustra rasprava o tome da li je uopšte legalno da evropske kompanije ovim putem svoju infrastrukturu, aplikacije, baze ili podatke prebacuju „preko okeana“ [4]. Iz ovih nedoumica se može zaključiti da je za firme i organizacije koje posluju u oblasti finansija, zdravstva, školstva, ili uopšteno, za firme koje barataju ličnim podacima građana, ipak bolje da te podatke drže u okviru svojih država. Svih pet domaćih kompanija koje su iznad navedene, svoju infrastrukturu čuvaju u Srbiji i garantuju da podaci njihovih klijenata neće napustiti granice naše zemlje, što očigleno, nije slučaj sa globalnim ponuđačima. Druga prednost manjih ponuđača u odnosu na velike je zasigurno prisustvo tehničke podrške. Nije realno očekivati da će globalni igrači imati predstavnika u svim zemljama, što znači da će podrška korisnicima biti ograničena na udaljenu pomoć, i to na stranom jeziku. Sa

druge strane, lokalni provajderi su fizički prisutni, što implicira kvalitetniju podršku, ali i mogućnost obuke klijenata. Osim toga, „lice-u-lice“ saradnjom se ostvaruje partnerski odnos, što dozvoljava lakše kreiranje rešenja po meri korisnika. Visoka prilagodljivost je nešto što naši provajderi ističu u svojim ponudama, što zaista jeste značajna prednost u odnosu na generalizovana, „isti kroj za sve“ rešenja koja nude globalni provajderi.

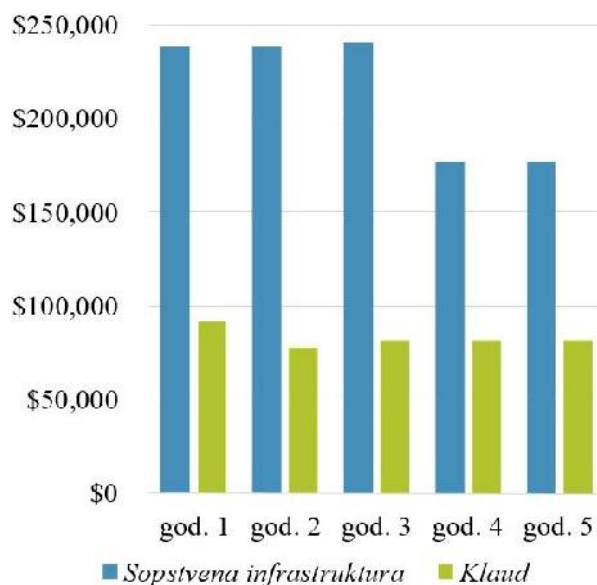
Što se tiče *backup* i *disaster recovery* sistema, svih pet kompanija ih imaju, bilo kao rešenje za zaštitu resursa koje klijent iznajmljuje, ili kao posebna usluga, kojom se osigurava infrastruktura koju klijent poseduje *on-premises*. Iako se poslednjih nekoliko godina naporno radi na globalnom povećavanju svesti o važnosti postojanja sistema za oporavak od katastrofa, čini se da ova tema isplivava na površinu tek onda kada se katastrofe dogode. Brojna su istraživanja koja dokumentuju uzroke i posledice, a još brojnija ona koja predlažu i analiziraju novine u ovoj oblasti. Već neko vreme, implementacija *disaster recovery* rešenja u oblaku umesto izgradnje sopstvenog, se podrazumeva kao pametnija i jeftinija opcija, i za korisnike i za provajdere. Preduzeća čiji sistemi, odnosno podaci ne mogu trpeti ni najmanji prekid u radu, za osiguravanje od katastrofe sve češće se oslanjaju čak i na više oblaka istovremeno. Ova ideja, detaljno razmotrena u [5], obećava još veću stabilnost i sigurnost za sisteme koji za ispravno funkcionisanje zahtevaju potpunu redundantnost. Zvanični podaci o tehničkoj pripremljenosti domaćih firmi na neočekivane prekide ne postoje, ali neka svetska istraživanja pokazuju da slika nije sjajna ni na globalnom nivou. Godišnji izveštaj Saveta za oporavak od katastrofa [6] otkriva da u prošloj godini tek trećina otkaza nije nanela novčane gubitke, dok su u ostalim slučajevima oni iznosili od nekoliko hiljada do nekoliko miliona dolara.

3. EKONOMSKA OPRAVDANOST OBLAKA

Ekonomija igra važnu ulogu u odluci sve većeg broja kompanija da „migriraju“ u oblak. Njihova računica je jednostavna: troškovi zakupljivanja resursa u oblaku su često i do nekoliko puta niži od troškova nabavke, održavanja a zatim i obnavljanja sopstvene infrastrukture. Osim ove tri stavke, treba imati u vidu i potrebu za IT stručnjacima, njihovu konstantnu edukaciju, stalno obnavljanje licenci, kao i velike količine električne energije potrebne za rad opreme. U prethodnim godinama, objavljeno je na desetina istraživanja, studija slučaja i proračuna o isplativosti klad rešenja.

Jedan od novijih izveštaja, koji je 2015. sačinila firma OSF Commerce, poredi cenu hostovanja aplikacije u oblaku i na sopstvenoj infrastrukturi, i to za period od 5 godina. Za analizu prvog scenarija (implementacija u oblaku), uračunati su troškovi migracije aplikacije na novu platformu, ljudski rad i cene potrebnih klad resursa, koje su formirane kombinovanjem cena usluga provajdera Azure, Amazon i Rackspace. Cena drugog scenarija (rešenje sa sopstvenom infrastrukturu) uključuje ljudski rad, kupovinu hardvera i cenu održavanja istog. U oba slučaja, u obzir su uzete cene koje bi bile postignute u „normalnim“ okolnostima, to jest, kod klad usluga se nije

računalo na popuste, niti je za sopstvenu infrastrukturu birana najnaprednija – najskuplja oprema, već uređaji srednjeg kvaliteta i vrednosti. Rezultat ovog poređenja vidi se na slici 1 [7].



Slika 1. Poređenje cena za hostovanje aplikacije lokalno i u oblaku.

Međutim, rasprava se ne završava tvrdnjom da se prelaskom na oblak štedi novac, jer su neki provajderi povoljniji od drugih, pa nije dovoljno samo odlučiti se na promenu, već i odabrati ponudu najprimereniju svojim potrebama. Kompanije uvek teže da dodatno uštede sredstva, te konstantno traže nove načine da smanje potrošnju a uvećaju dobit. Provajderi, naravno, svesni ove činjenice, snižavaju cene i kreiraju primamljive pakete za dugoročne korisnike. Dakle, osim definisanja sopstvenih potreba, potencijalni klijenti treba i da uporede cenovnike različitih ponuđača, analiziraju kvalitet ponuda i predvide troškove na duži period. Kada se radi o globalnim provajderima, kompanije mogu uštedeti vreme i osloniti se na mnoge, već postojeće proračune, izvedene od strane trećih lica – firmi specijalizovanih za analitiku, koje kreiraju studije slučaja i na osnovu njih donose zaključke o odnosu kvaliteta i cene određene ponude. Primer izveštaja koji bi mogao poslužiti u te svrhe bilo bi poređenje cena Google i Amazon klad, izdato od strane ESG laboratorije [8], gde se zaključuje da je Google na-zahtev naplata jednostavnija i jasnija, sa popustima za dužu upotrebu, u odnosu na Amazon naplatu koja je kompleksnija. Ovde se, na primer, ističe da iako i Amazon nudi popuste za dugoročne korisnike, popust se može ostvariti samo ako se dugoročna saradnja dogovori i plati unapred. Ovakve, često skrivene razlike su upravo detalji na koje treba obratiti pažnju pri donošenju odluke.

Pošto je *ušteda* ključna reč kada se o kladu govori u kontekstu ekonomije, postavlja se pitanje u koje svrhe se uštedeni resursi troše. IDC (*International Data Corporation*), američka firma koja se bavi analitikom, u decembru 2014. godine objavila je rezultate istraživanja o pogodnostima i beneficijama koje klad tehnologija donosi preduzećima širom sveta, zasnovanog na 19.080

kompanija učesnica, i to podeljeno po regionima sveta. Oko 50% ispitanika je potvrdilo da očekuju da će njihov prelazak na klaud za direktnu posledicu imati rast prihoda, gde ista ta polovina planira da novac tako ušteden alocira na druge IT projekte [9].

Osim kroz poređenje troškova, ekonomičnost oblaka može se ilustrovati i na primeru iskorišćenosti kapaciteta. Kada preduzeće nabavlja IT opremu, ono kupuje hardver koji može da zadovolji trenutne, ali i buduće potrebe. Naravno, kao što u poslovanju ništa nije konstantno, tako ni potrebe za računarskim kapacitetima nisu iste, već kompanija u određenim trenucima koristi više kapaciteta nego tokom ostatka godine. Realno stanje je takvo da jedno preduzeće u proseku ne iskoristi ni 50% kapaciteta svojih resursa, što znači da je izvesna svota novca izdvojena za nešto što se ne koristi. Očigledno, implementacija klauda rešava ovaj nedostatak pošto omogućava najam samo neophodnih kapaciteta. Na ovaj način, plaća se isključivo ona količina IT resursa koja je realno iskorišćena [10].

4. ZAKLJUČAK

Ekonomski pokazatelji jasno govore da je prebacivanje resursa u oblak najisplativije rešenje za kompanije i pojedince kojima je potrebna bilo velika računarska moć, prostor za skladištenje, platforma za razvoj aplikacija itd. Postavlja se pitanje, ako je već ova tehnologija dostupna domaćim i stranim firmama koje posluju u našoj zemlji, zašto nisu više spremne i zainteresovane za promenu? Treba imati na umu da, osim što je kompanijama koje se odluče na ovaj korak finansijska ušteda skoro zagarantovana, smanjuje se i sveukupna potrošnja električne energije, što je dobro za okolinu, i postiže veća dostupnost servisa za korisnike, što je dobro za poslovanje. Takođe, mnoge zemlje već danas implementiraju klaud u državnim organizacijama, preko koga nude usluge svojim građanima, čime se postižu velike uštede u budžetu, a povećava dostupnost uprave stanovništvu. Dakle, može se reći da je računarstvo u oblaku tehnologija budućnosti, koja će koristiti ne samo velikim korporacijama, već i manjim i srednjim preduzećima, javnoj upravi, i na kraju, pojedinačnim korisnicima.

Ukoliko se izuzmu globalni ponuđači, koji zbog bezbednosnih pitanja i nisu opcija za organizacije koje barataju poverljivim informacijama, može se reći da u našoj zemlji postoji solidna ponuda klaud servisa, i to od strane provajdera od kojih korisnici mogu očekivati visok kvalitet usluge. Uprkos svim činjenicama, progres je u našem regionu spor. Kao glavni razlog za skeptičnost domaćih organizacija prema oblaku, naši sagovornici – predstavnici domaćih provajdera, navode nepoverenje u ekonomičnost ovog rešenja, u bezbednost podataka i nedovoljnu edukovanost inženjera zaduženih za dizajn i razvoj sistema u kompanijama koje i dalje kupuju i održavaju sopstvenu infrastrukturu.

Kao prvi korak prema IT modernizaciji u preduzećima, predlaže se detaljna analiza iskorišćenosti postojećih resursa, a zatim i poređenje cena izgradnje, odnosno održavanja sopstvene infrastrukture u odnosu na

iznajmljivanje klauda usluga. Sledeći korak, odluka o promeni strategije, može biti olakšana testiranjem - većina provajdera nudi besplatno isprobavanje određenih servisa, što menadžerima i inženjerima pruža mogućnost da procene da li im ponuda odgovara ili ne. Olakšavajuća okolnost je i ta, što je tehnička podrška prisutna, kako za pomoć klijentima u radu sa novim sistemom, tako i za inicijalnu implementaciju i edukaciju korisnika.

Iz svega navedenog može se zaključiti da u Srbiji danas postoji zrelost za implementaciju računarstva u oblaku u mnogim sferama, ali i odličan temelj za dalji razvoj ove tehnologije. U ovom radu ukazali smo na njene mnoge prednosti u odnosu na postojeće sisteme, te sada treba tražiti način da se ona što bolje iskoristi, kao što je to slučaj i u ostatku sveta.

NAPOMENA

Autori se zahvaljuju provajderima – firmama COMING - Computer Engineering d.o.o. i NetCast d.o.o. na spremnosti na saradnju u obliku pružanja podataka i deljenja iskustava na osnovu kojih je sačinjena većina ovog rada i donet zaključak.

LITERATURA

- [1] Mell P. and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology", U.S. Department of Commerce, Special Publication 800 – 145, 2011.
- [2] Ustav Republike Srbije, član 42, Službeni glasnik RS br. 98/2006.
- [3] European Parliament, Policy Department - Citizens' Rights and Constitutional Affairs, "Study for the LIBE Committee: A Comparison between US and EU Data Protection Legislation for Law Enforcement", 2015.
- [4] P. Baillie, "Can European Firms Legally Use U.S. Clouds To Store Data?", Forbes, 2012.
- [5] Gu Y., Wang D. and C. Liu, "DR-Cloud: Multi-Cloud Based Disaster Recovery Service", Tsinghua Science and Technology, Vol. 19, No 1, ISSN 1007-0214, 2014.
- [6] Disaster recovery preparedness council, "The State of Global Disaster Recovery Preparedness", Annual Report, 2014.
- [7] OSF Commerce, "Points to Investing in On-Premise or Cloud", 2015.
- [8] Kaufmann A, and K. Dolan, "Price Comparison: Google Cloud Platform vs. Amazon Web Services", ESG Lab White Paper, 2015.
- [9] Casemore B., Mahowald R., Perry R. and B. McGrath, "Don't Get Left Behind: The Business Benefits of Achieving Greater Cloud Adoption", IDC White Paper, Sponsored by Cisco, 2015.
- [10] M. Redžić, COMING, "Ekonomska opravdanost cloud-a", Business&IT, broj 5, PC PRESS, 2015.

MEDIS UPITNIK - PRIMENA MOBILNOG RAČUNARSTVA U MEDICINI

MEDIS QUESTIONNAIRE - APPLICATION OF MOBILE COMPUTING IN MEDICINE

Dženan Avdić, Aldina Avdić
Državni univerzitet u Novom Pazaru

Sadržaj – Stalnim napretkom mobilnih i uopšte informacionih tehnologija otvaraju se mogućnosti njihove primene u raznim sferama društvenih delatnosti, a svakako među najvažnijima su briga o zdravlju i medicina. Pa se tako u poslednje vreme srećemo sa terminima e-zdravstvo i m-zdravstvo, koji nam, kao oblasti medicinske informatike, omogućavaju sigurno skladištenje i efikasnu obradu medicinskih informacija, portabilnost usluga i decentralizaciju zdravstvenog sistema. U ovom radu opisana je aplikacija za m-zdravstvo koja bi trebalo da olakša medicinskim radnicima uzimanje i beleženje podataka o anamnezi pacijenata.

Abstract - The constant advancement of mobile and general information technology opens up possibilities for their application in various spheres of social activity, and certainly among the most important health care and medicine. So in recent times we meet with the term e-health and m-health, which, as the field of medical informatics, provide secure storage and efficient processing of medical information, the portability of services and decentralization of the health system. This paper describes an m-health application, which should facilitate medical workers taking and recording the patients anamnesis data.

1. UVOD

Savremena zdravstvena zaštita odavno je prevazišla okvire u kojima je potrebno isključivo posedovanje medicinskog znanja, već je, u velikoj meri, postala multidisciplinarna, zahtevajući veštine tehničke i informatičke orijentacije. Tako visokospecijalizovane grane kao što su hirurgija u kojoj asistiraju roboti, metode trodimenzionalnog snimanja unutrašnjih organa, elektronski karton i telemedicina, automatizovana laboratorijska istraživanja, veštački organi, nanomedicina i druge, zahtevaju mnoga znanja i veštine iz oblasti inženjerstva (računarskog, softverskog, elektrotehničkog, biomedicinskog i drugih u oblasti tehničkih nauka) kao i bioinformatike, informacionih i komunikacionih tehnologija [1, 2].

Takođe, kako bi se objektivno utvrdilo stanje zdravlja pacijenta i donela ispravna klinička odluka na osnovu analize mnoštva relevantnih podataka, potrebno je medicinske informacije tačne, razumljive, nedvosmislene i pristupačne. Zbog toga se javlja potreba za istovremenom analizom i integracijom medicinskih informacija različite prirode (npr. slika, tekst, numeričke analize i rezultati) koje su nastale u različitim fazama

ispitivanja i terapije. Ovaj skup relevantnih podataka mora biti arhiviran i tako organizovan da lekaru omogućava lak pristup, pretraživanje i manipulaciju. Informacije treba da budu u obliku koji poštuje odgovarajuće standarde i koji omogućava lak prenos, kako bi se omogućila razmena podataka između različitih medicinskih sistema. Ovim problemom bavi se mlada naučna oblast koja u sebi objedinjuje medicinska i inženjerska znanja - biomedicinski inženjering (BMI) [3].

E-zdravstvo (engl. eHealth, e-Health) relativno je nov termin nastao krajem devedesetih godina prošlog veka i označava novi, efikasniji način pružanja zdravstvenih usluga temeljen na savremenim tehnologijama uz vrlo visok stepen integracije sistema, povećavajući mobilnost lekara i pacijenata. Primenom e-zdravstva u sistemima zdravstvene zaštite objedinjuju se ICT procesi u cilju poboljšanja performansi klasičnih zdravstvenih sistema.

Sve više zemalja uvodi ICT u zdravstveni sistem kroz elektronske zdravstvene kartone, telemedicinu, upravljanje znanjem o zdravlju, virtualne zdravstvene timove, mobilno zdravstvo, lečenje temeljeno na prikupljenim podacima o obrađenim slučajevima i upravljanje specijalističkim medicinskim podacima. Elektronsko zdravstvo obuhvata niz usluga koje se ostvaruju korišćenjem medicinskih i informacionih tehnologija. Cilj je da se omogući lakše i uspešnije lečenje pacijenata i kvalitetnija medicinska usluga bez administrativnih ograničenja [4].

Prednosti e-zdravstva u najužem smislu su sledeće: elektronsko praćenje i beleženje istorije bolesti pacijenta tokom njegovog života, pristup podacima o pacijentima bilo gde i bilo kada, imajući u vidu zaštitu podataka, i brz prenos informacija pacijentima korišćenjem online usluga i telemedicine.

M-zdravstvo predstavlja e-zdravstvo u užem smislu, koje se oslanja na upotrebu mobilnog i sveprisutnog računarstva u zdravstvu i medicini [5, 6].

Idejnim tvorcem sveprisutnog računarstva smatra se Mark Weiser (vizija o računarima ugrađenim u svakodnevne objekte iz našeg okruženja). U njegovoj viziji, ljudi istovremeno ostvaruju interakciju sa stotinama računara, posredstvom bežične komunikacije [7].

Sveprisutno računarstvo predstavlja skup nekoliko novih elemenata IT tehnologija. Obuhvata računare i senzore: u uređajima, alatima, opremi, u kućama, na radnim mestima, fabrikama i u odevnim artiklima. Uređaji i

senzori mogu biti mobilni (bežični PDA uređaji ili smart telefoni), ili mogu biti ugnježeni u okruženje (senzori i kompjuterski čipovi), u zidove ili u opremu. Obuhvata i komunikaciju između uređaja i senzora kroz sveprisutnu infrastrukturu žičanu ili bežičnu vezu.

Jedna od glavnih karakteristika sveprisutnog računarstva je to što su uređaji uglavnom mali i sadrže minijaturne komponente i takođe ugnježene na ili u uređajima tako da npr. u jednom mobilnom telefonu se može nalaziti multimedijalni komunikacioni uređaj sa kamerom, internetom i satelitskim lociranjem (GPS).

Bežični uređaji predstavljaju osnovne uređaje u sveprisutnim računarskim sistemima. Pojam bežični odnosi se na oblik telekomunikacije kada se signal prenosi posredstvom elektromagnetnih talasa, tj. korišćenjem bežične konekcije.

Bežični uređaji koji se koriste u sveprisutnom računarstvu mogu biti: *mobilni telefon* – obezbeđuje konektivnost portabilnih i mobilnih, kako personalnih, tako i poslovnih aplikacija, *PDA* – obuhvata različite mobilne, ručne uređaje za skladištenje i pretraživanje personalnih i/ili poslovnih informacija. Mogu se kombinovati sa telefonskim sistemima i bežičnim mrežama, *tablet PC* – bežični računar koji korisniku omogućuje beleženje informacija korišćenjem digitalne olovke za pisanje na ekranu osetljivom na dodir. Informacije zabeležene na tablet PC, mogu se dalje editovati, pretraživati, indeksirati, slati korišćenjem email-a ili mobilnog telefona [8].

Mobilna aplikacija opisana u radu namenjena je bežičnim uređajima kao što su pametni mobilni telefoni i tablet uređaji koji koriste Android operativni sistem.

Rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju je dat osvrt na povezana istraživanja u oblasti m-zdravstva. Zatim su opisane tehnologije koje su bile neophodne za izradu opisane aplikacije. Nakon toga je dat opis aplikacije za dinamičko kreiranje šablona za uzimanje anamneze pacijenata korišćenjem mobilnih uređaja. Na kraju je dat zaključak i pravci daljeg istraživanja na ovu temu.

2. POVEZANA ISTRAŽIVANJA

Pregled upotrebe pametnih telefona u medicini detaljno je izložen u [9]. U radu [10] opisana su ograničenja i dobre prakse prilikom kreiranja veb aplikacija i aplikacija za pametne uređaje za medicinske svrhe. U istom radu kao primer opisana je aplikacija kojom se vrši slučajno raspoređivanje pacijenata u grupe za potrebe kliničkih ispitivanja. Mobilna aplikacija za upravljanje listom za transport pacijenata namenjena medicinskom osoblju opisana je u radu [11].

U radu [12] opisana je MobiCare aplikacija koja opisuje značaj primene bežičnih mreža kako bi se omogućilo korišćenje mobilnih medicinskih aplikacija u kući pacijenta i na otvorenom. Zatim je dat pogled na mobilne

aplikacije koje koriste dodatne uređaje sa senzorima kojima se mere telesna temperatura, šećer u krvi i pritisak, i kao primer opisana aplikacija eCAALYX u radu [13]. Mobilne aplikacije namenjene za pomoć pacijentima obolelih od dijabetesa opisane su u radovima [14, 15].

Kako su podaci koji se koriste u aplikacijama za m-zdravstvo osteljive prirode, u radu [16] su aplikacije podeljene u dve grupe, jednu čine grupe aplikacije koje treba da zadovolje odgovarajuće regulative, dok drugu čine aplikacije koje ne moraju ispunjavati odgovarajuće uslove.

I domaći autori bavili su se značajem medicinskih informacionih sistema, pa je njihova primena u obrazovanju opisana u radu [17]. A primenom mobilnih aplikacija u cilju unapređenja zdravstva u regionu bave se autori u radu [18].

3. TEHNOLOGIJE

Android aplikacija MedIS je realizovana u razvojnom okruženju Eclipse. Za njenu izradu bilo je potrebno, pored Androida, poznavanje Java i XML tehnologija. Aplikacija podržava novu verzije Android operativnog sistema od 4.0 (API 14) do 5.0 (API 21) što čini oko 85% od ukupnog broja Android uređaja [19].

Operativni sistem Android se zasniva na Linux 2.6 i 3.x verziji za systemske servise. Operativni sistem Android je zvanično izdat kao sistem otvorenog koda pod Apache Software Foundation licencom.

XML je akronim od eXtensible Markup Language, a konzorcijum W3C prihvatio ga je kao standard za označavanje dokumenata. XML je jednostavno najrobusnija, najpouzdanija i najfleksibilnija dosad izumljena sintaksa za dokumente. XML nema fiksni skup oznaka i elemenata koji bi trebalo da zadovolje svačije potrebe u svim oblastima i zauvek. Hemičari mogu upotrebljavati elemente koji opisuju molekule, atome, veze, reakcije i ostale entitete koji se sreću u hemiji. Agenti za prodaju nekretnina mogu upotrebljavati elemente koji opisuju stanove, stanarine, provizije, lokacije i druge entitete potrebne za nekretnine. Slovo X u imenu XML potiče od reči Extensible (proširiv), što znači da se jezik može proširivati i prilagođavati da bi zadovoljio različite potrebe [20].

4. MOBILNA APLIKACIJA MEDIS UPITNIK

Cilj aplikacije je da olakša rad medicinskim radnicima prilikom uzimanja anamneze. Uz pomoć ove aplikacije, medicinski radnici imaju mogućnost da na mobilnom uređaju kreiraju odgovarajući upitnik i izvrše njegovo popunjavanje. Formulari na ovaj način nisu fiksirani, i mogu, uz zavisnosti od potrebe, imati odgovorajući broj i tip pitanja, čime se značajno smanjuje redundantnost podataka.

Korisnici aplikacije su medicinski radnici. Pod šablonima se podrazumeva niz pitanja određenog tipa (tekstualni

odgovor, jedan od više mogućih odgovora, više od više odgovora). Prilikom kreiranja šablona specificira se tekst pitanja, tip pitanja, kao i mogući odgovori. Na osnovu šablona može se kreirati dokument, koji je specijalni slučaj šablona. Tom prilikom je potrebno dati odgovore na postavljena pitanja. Dokumenti i šabloni se čuvaju u vidu XML dokumenata.

Tako medicinski radnik koji koristi aplikaciju može kreirati odgovarajući upitnik za pitanja i sačuvati ga pod određenim šablonom, ili popuniti taj šablon i sačuvati pod LBO brojem pacijenta. Pretraga se može vršiti po šablonima anamneze i po pacijentima.

Medis (MEDicinski Informacioni Sistem) upitnik pruža korisniku sledeće mogućnosti:


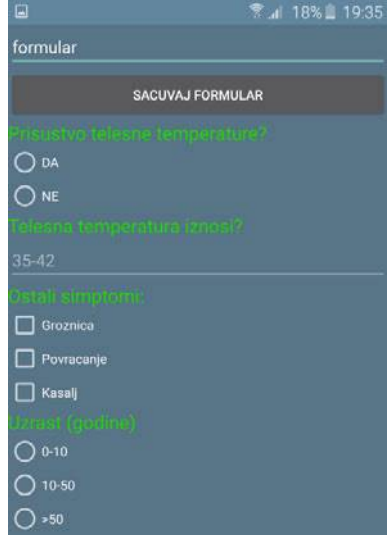
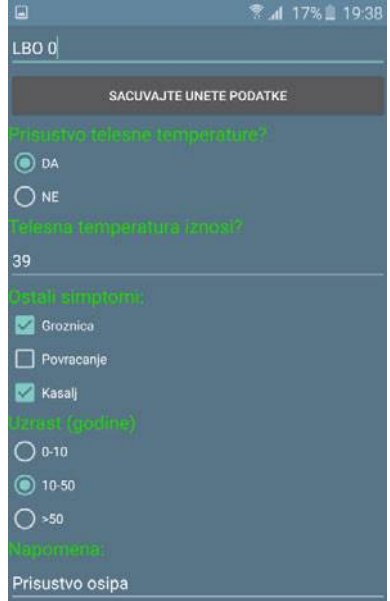
- kreiranje novih šablona/dokumenta;
- pregled postojećih šablona/dokumenta;
- izmena šablona/dokumenta;
- brisanja šablona/dokumenta;
- pretraga po šablonima/dokumentima;
- broj pitanja u šablonu određuje se u toku kreiranja, dinamički;
- pitanja u okviru šablona dele se u tri tipa (sa tekstualnim odgovorom, izbor jedan od više, izbor više od više).

Tabela 1. Pretraga šablona i izbor tipa pitanja

Opis funkcionalnosti	Slika ekrana
Početni ekran	
Pretraga po formularima	
Pretraga po LBO broju pacijenta	
Unošenje jednog pitanja u formular	

Neke od mogućnosti aplikacije kao i njihov opis prikazane su u tabelama 1 i 2. Izgled jednog šablona prikazan je u tabeli 2, kao i konkretnog popunjenog primerka tog šablona.

Tabela 2. Dodavanje pitanja i kreiranje šablona

Opis funkcionalnosti	Slika ekrana
Kreiranje jednog pitanja u šablonu	
Izgled i čuvanje kreiranog šablona	
Popunjavanje šablona i čuvanje podataka o konkretnom pacijentu	

Prikaz dela XML dokumenta u kome se čuvaju šabloni i dokument prikazan je na slici 1.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<formular>
  <polje id="0">
    <tip>0</tip>
    <pitanje>Prisustvo telesne temperature?</pitanje>
    <odgovor1 atr1="1">DA</odgovor1>
    <odgovor2 atr2="0">NE</odgovor2>
    <odgovor3 atr3="0"/>
  </polje>
  <polje id="1">
    <tip>3</tip>
    <pitanje>Telesna temperatura iznosi?</pitanje>
    <odgovor1 atr1="">39</odgovor1>
    <odgovor2 atr2=""/><odgovor3 atr3=""/>
  </polje>

```

Slika 1. Deo XML reprezentacije popunjenog šablona

5. ZAKLJUČAK

Mobilno računarstvo postaje sve prisutnije u svim oblastima ljudske delatnosti, pa ne treba ostaviti neiskorišćene mogućnosti koje nudi ako se primeni u medicini.

U radu je opisana aplikacija urađena za Android uređaje kojom se na jednostavan način kreira, popunjava i čuva elektronski upitnik o zdravstvenom stanju pacijenta. Prednosti korišćenja ove aplikacije su u fleksibilnosti obrasca koji se popunjava, i koji odgovara potrebama pacijenta. Višestruko korišćenje obrasca omogućeno je kroz funkcionalnost kreiranja više dokumenata na osnovu jednog obrasca. Još jedna od prednosti je olakšana mogućnost pretrage dokumenata. Ova aplikacija podatke čuva u XML formatu, tako da se oni kasnije mogu lako transformisati i koristiti u okviru drugih softverskih pod sistema koji se primenjuju u datoj medicinskoj ustanovi.

U budućnosti, imajući u vidu sve veću pristupačnost i integraciju senzora u mobilne uređaje, funkcionalnosti aplikacije mogle bi se proširiti čitanjem rezultata senzora i njihovim beleženjem.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je delimično finansiralo Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije po projektima III-44007 i TR-35026.

LITERATURA

- [1] Coiera, E. "Guide to health informatics", CRC Press, 2015.
- [2] Shortliffe, E. H. "Biomedical Informatics: The Science and the Pragmatics. In Biomedical Informatics", pp 3-37, Springer London, 2014.
- [3] Bronzino, J. D. and Peterson, D. R. "Biomedical engineering fundamentals", CRC Press, 2014.
- [4] Choudhri, A., Kagal, L., Joshi, A., Finin, T. and Yesha, Y. "PatientService: electronic patient record redaction and delivery in pervasive environments. In Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry", Healthcom Proceedings. 5th International Workshop on IEEE , pp. 41-47, 2003.

- [5] Perera, C. "The evolution of E-Health—mobile technology and mHealth. Journal of Mobile Technology in Medicine", Journal of Mobile Technology in Medicine, Vol. 1, No. 1, pp. 1-2, 2012.

- [6] Shieh, Y. Y., Tsai, F. Y., Wang, M. D. and Lin, C. M. C. "Mobile healthcare: opportunities and challenges", In Management of Mobile Business, International Conference on the IEEE, pp. 50-50, 2007.

- [7] Weiser, M. "The computer for the 21st century" Scientific american, 1991.

- [8] Krumm, J. "Ubiquitous computing fundamentals" CRC Press, 2009.

- [9] Wac, K. "Smartphone as a personal, pervasive health informatics services platform: literature review", arXiv preprint arXiv:1310.7965, 2013.

- [10] Holzinger, A. and Maximilian E.. "Mobile computer Web-application design in medicine: some research based guidelines." Universal Access in the Information Society, pp. 31-41, 2007.

- [11] Holzinger, A., Jürgen T. and Stefan B.. "Work lists for the transport of patients." ICE-B 2008, pp. 454, 2008.

- [12] Yesmin, S. "Mobile Application for Secure Healthcare System.", 2013.

- [13] Boulos, M. N., Wheeler, S., Tavares, C. and Jones, R. "How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX", Biomedical engineering online, Vol. 10, No. 1, pp. 24, 2011.

- [14] Cocosila, M., Constantinos, C. and Yufei Y. "M-healthcare for patient self-management: a case for diabetics." International Journal of Electronic Healthcare Vol. 1, No. 2, pp. 221-241, 2004.

- [15] El-Gayar, O., Timsina, P., Nawar, N. and Eid, W. "Mobile applications for diabetes self-management: status and potential.", Journal of diabetes science and technology, Vol. 7, No. 1, pp. 247-262, 2013.

- [16] Barton, A. J. "The regulation of mobile health applications", BMC medicine Vol. 10, No. 1, pp. 46, 2012.

- [17] Janković, D., Rajković, P. and Stanković, T. "Primena medicinskih informacionih sistema u edukaciji i istraživanjima u medicini.", Acta Medica Medianae, Vol. 51, No.1, 2012.

- [18] Uzelac, A., Zoranović, D., Gligorić, N., Vučetić M. and Vuković, S. "Unapređenje zdravstvenog sistema zemalja u razvoju primenom mobilnih tehnologija", Arhiv za tehnicke nauke, Vol. 5, No. 1, str. 63-70, 2011.

- [19] Meier, R. "Professional Android 4 application development", John Wiley & Sons, 2012.

- [20] Bray, T., Paoli, J., Sperberg-McQueen, C. M., Maler, E. and Yergeau, F. "Extensible markup language (XML)", Second Edition, <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>, 1998.

MODEL OTVORENE INOVACIJE

OPEN INOVATION MODEL

Nikola Vasić¹, Ana Zekavica¹, Milica Vasić², Nebojša Jerinić¹
Beogradska poslovna škola Visoka škola strukovnih studija¹
Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beograd²

Sadržaj – Inovacije i inovativnost igraju ključnu ulogu u vođenju svakog poslovanja, bez obzira da li se radilo o uvođenju novog proizvoda, usluge ili procesa. One dovode do rasta poslovanja, ostvarivanje profita, kompetitivnosti ali i postojanosti na tržištu. Kompanije koje vrše stalne inovacije svojih proizvoda i usluga, stvaraju sebi šansu da ostvare mnogo bolju tržišnu poziciju od kompanija koje to ne rade, upravo zbog brzine reagovanja na promene nastale u okruženju. Iz tog razloga, inovativnost predstavlja jednu od pet najbitnijih stavki kompanija širom sveta. Generisanje svežih ideja za rešavanje problema kao i pronalaženje novih proizvoda, usluga i procesa, deo su intelektualnog kapitala, bez kojih kompanija nikako ne može opstati u uslovima promenljivog tržišta. U radu je predstavljen model otvorene inovacije.

Abstract – Innovations and innovation play a key role in running any business, regardless of whether it was the introduction of new products, services or processes. They lead to the growth of the business, making profit, but competitiveness and stability in the market. Companies that carry out constant innovation of its products and services, create their chance to make a much better competitive position than their counterparts that do not work, because the speed of response to changes in the environment. For this reason, innovation is one of the five most important items companies worldwide. Generating fresh ideas for solving problems and finding new products, services and processes are part of the intellectual capital, without which the company could not possibly survive in the changing market conditions. This paper presents a model of open innovation.

1. UVOD

Dok se kompanije u svetu i dalje oslanjaju na sopstvenu funkciju istraživanja i razvoja za dobijanje novih rešenja, veliki broj drugih osetio je da dotasni model internog istraživanja i razvoja nije više efektivan. Karakteriše ga preniska produktivnost, predugi vremenski period od ideje do komercijalizacije, previsoki troškovi kao i kratak životni ciklus proizvoda.

Vremenom, kompanije su uvidele da do kvalitetnih ideja mogu doći i iz izvora koji ne pripadaju samoj kompaniji, uz znatno niže troškove i kraće vreme. U potrazi za idejama okrenule su se spoljnom okruženju, tj. otvorile su svoj proces inoviranja uvođenjem novog poslovnog modela inovativnosti koji je poznat kao „model otvorenih inovacija“. S obzirom da se radi o novom modelu, veliki broj kompanija skeptičan je, jer uvođenje ovog modela svakako podrazumeva veliki broj promena u

organizacionim procesima. Međutim pored tog rizika, velike kompanija kao što je između ostalih *Proctor&Gamble*, uvele su ovaj model i postigle odlične rezultate. Kompanije se uvođenjem ovog modela stiču mogućnost povezivanja sa širokom mrežom, vrlo često, internacionalnih stručnjaka i institucija koje smatraju da imaju kvalitetne ideje i koriste njihova rešenja za svoje probleme, naravno uz plaćanje određene nadoknade.

Čitav ovaj proces međusobnog pronalaženja kompanija sa eksternim znanjem, ne bi bio tako efikasan i efektivan da ne postoji određena organizacija, koja bi ih na adekvatan način povezala. Ukoliko ta organizacija postoji, i pomaže proces sradanje dve strane, tada se govori o posrednicima na tržištu otvorenih inovacija. Glavi zadatak ove organizacije jeste povezivanje ponude, sa jedne strane, i tražnje na drugoj strani, praveći na taj način veze između kompanija koje traže ideje u spoljnom okruženju (tražioci inovacija) i visoko kvalifikovanih institucija koje mogu da ponude rešenje (pronalazači ideja).

2. MODEL OTVORENE INOVACIJE

Opšte je poznato da inovacije imaju ključni uticaj na rast, profitabilnost, kompetitivnost i postojanost jedne organizacije. Kompanije koje vrše stalne inovacije svojih proizvoda i usluga, stvaraju sebi šansu da ostvare mnogo bolju tržišnu poziciju od kompanija koje to ne rade, upravo zbog brzine reagovanja na promene nastale u okruženju.

Dok su se ranije kompanije oslanjale na sopstvenu funkciju istraživanja i razvoja, u novije vreme one shvataju da se velika količina znanja i ideja može dobiti upravo iz spoljnog okruženja, van granica matične organizacije. Danas se pristup i upravljanje eksternim znanjem i njegova implementacija u interne procese, smatra ključnim faktorom postizanja kompetitivne prednosti na tržištu. Razlog zbog kojeg danas veliki broj kompanija prihvata ovaj model poslovanja je taj da je veliki broj istih shvatio da tradicionalni model internog istraživanja i razvoja nije više efektivan tj. da je sve učestalija pojava niže produktivnosti, nepotrebnog trošenja resursa kao i predugog perioda od dobijanja ideje do njene konceptualizacije.

Model otvorene inovacije definiše se kao model koji kompanije koriste, sa ciljem stvaranja i zadržavanja vrednosti saradujući sa eksternim partnerima. [11]

Kompanije koje imaju zatvoreni model inovacije, razmišljaju na sledeći način:

- Svi kvalitetni ljudi iz oblasti rade za njih,
- Da bi profitirali od istraživanja i razvoja, neophodno je da ga u celosti sami sprovedu, razviju i iznesu na tržište
- Ako sprovedu najbolja istraživanja u industriji, biće prvi
- Ukoliko dođu do najboljih ideja u industriji, biće prvi
- Trebalo bi da kontrolišu svoj proces istraživanja, kako konkurentske kompanije ne bi profitirale od njihovih ideja

Za razliku od principa modela zatvorene inovacije, model otvorene inovacije ima sledeće principe:

- Neophodna je saradnja sa kvalitetnim ljudima unutar i van industrije
- Eksterno istraživanje i razvoj može stvoriti veliku vrednost za kompaniju, dok je internom neophodan deo vrednosti koja se istraživanjem stvori.
- Nije neophodno da kompanija odradi istraživanje da bi od njega profitirala
- Kompanija može biti prva i ukoliko pametno iskoristi kako interna tako i eksterna znanja
- Moguće je profitirati i tako što drugi koriste ideje određene kompanije, ali isto tako bi ta kompanija mogla profitirati od kupovine intelektualnog vlasništva ukoliko to služi njenim interesima.

U danasnjim uslovima brzo promeljivog okruženja, organizacije mogu stvoriti znatno veću vrednost za kupce ukoliko u svoje interne procese inovacije integrišu eksterno znanje i eksternu intelektualnu svojinu. A isto tako, znanja i intelektualna svojina koja leži duboko, sakrivena unutar same kompanije može naći primenu u drugim organizacijama kroz formiranje joint venture-a ili izdavanje licenci.

Samim tim, razlikuju se dva tipa inovacija:

- *Outside-in* inovacije. Nastaju kada se u proces internog istraživanja unesu eksterne ideje, tehnologije ili intelektualna svojina.
- *Inside-out* inovacije. Dešavaju se kada organizacije licenciraju ili prodaju sopstvenu intelektualnu svojinu ili tehnologiju.

3. POSREDNICI NA TRŽIŠTU OTVORENIH INOVACIJA

Kako bi izašle u susret novonastalim potrebama tržišta, kompanije stalno vrše inoviranje svojih proizvoda i usluga. Ideje o inovacijama menadžment kompanije najčešće traži u svom internom okruženju, tj unutar same kompanije, međutim postoje i situacije kada menadžment izlazi iz okvira kompanije, pa ideje traži u spoljnom okruženju. Iz tog razloga, jedan od ključnih zadataka menadžera jeste formiranje poslovnog modela koji će postojati da bi povezoao eksterne izvore znanja sa potrebama određene kompanije za novim idejama, koje bi dovele do generisanja profita. Kako bi se odgovorilo ovim izazovima, u novije vreme pojavljuje se sve veći broj posrednika koji povezuju dve zainteresovane strane tržišta (među najpoznatijima su *InnoCentive*, *NineSigma* i *Creax*). Ovi posrednici povezuju ponudu i tražnju na tržištu, praveći veze između kompanija

koje traže ideje u spoljnom okruženju (tražioci inovacija) i visoko kvalifikovanih institucija koje mogu da ponude rešenje (pronalazači ideja).

Posrednici na tržištu otvorenih inovacija mogu se definisati na sledeći način: Organizacija koja se ponaša kao agent ili broker u bilo kom aspektu procesa inovacije između dve zainteresovane strane. Posredničke aktivnosti podrazumevaju: pružanje pomoći u pronalasku informacija o potencijalnim saradnicima, posredovanje u transakcijama između dve strane, kao i pružanje pomoći u pronalasku fondova i podrške za predložene inovacije nastale saradnjom dve strane. [17]

Na tržištu otvorenih inovacija posrednici imaju tri glavne funkcije:

- Objavljaju tražnju za poslovnim rešenjima.
- Formiraju mrežu odnosa između dve suprotne strane
- Upravljaaju procesom saradnje ove dve strane

Kada se govori o tržištu otvorenih inovacija i posrednicima na njemu, ne može se izbeći pojam višestrane platforme. Ove platforme definišu se kao platforme koje povezuju više odvojenih ali međusobno zavisnih grupa ljudi ili organizacija. Vrednost za svoje korisnike stvaraju tako što se ponašaju kao posrednici na tržištu otvorenih inovacija i na taj način povezuju one koji traže rešenje i one kojima je rešenje neophodno. Da bi se vrednost stvorila neophodno je da se obe strane opslužuju simultano tj ako se uspostavlja uspešna veza između različitih grupa. [18]

Što se tiče poslovnog modela posrednika na tržištu otvorenih inovacija, može se reći da oni predstavljaju platformu pomoću koje se prkosi dotadašnjem zatvorenom tržištu inovacija, kroz stvaranje mreža, pomoću kojih se povezuju dve strane tržišta. Jedna strana je ta kojoj je potrebno rešenje, a druga je ta koja nudi rešenje za definisani problem. Poslovni model posrednika na tržištu otvorenih inovacija može se opisati kroz šest karakteristika svakog poslovnog modela.

4. INNOCENTIVE-POSREDNIK NA TRŽIŠTU OTVORENIH INOVACIJA

Kada govorimo o modelu otvorenih inovacija, kompanije koje tragaju za eksternim izvorima znanja imaju određene troškove prilikom pronalaska ljudi ili organizacije koji bi eventualno našli rešenje za zadati problem. Sa druge strane, ljudi ili organizacije koje smatraju da imaju znanje koje mogu da podele sa spoljnim okruženjem, imaju troškove da pronađu te organizacije kojima je pomoć potrebna. Kompanija *InnoCentive* je uvidela ovaj jaz između dve strane i prepoznala ga kao svoju poslovnu šansu. *InnoCentive* predstavlja platformu pomoću koje se stvaraju veze između organizacija koje imaju određeni problem i zahtevaju rešenje, i ljudi tj. organizacija koje mogu da ponude rešenje za nastali problem. Dok je na početku svog poslovanja ova platforma bila u vlasništvu proizvođača lekova, danas *InnoCentive* predstavlja nezavisnu neprofitnu organizaciju koja saraduje sa kompanijama kao što su *Proctore&Gamble*, *Solvay* i *Rockefeller* fondacija.

Kompanije koje postavljaju poslovne izazove na sajt InnoCentive-a nazivaju se „tragačima“. Ukoliko dođu do rešenja za svoj problem na ovaj način, daju nagadu koja može iznositi od pet hiljada do milion dolara. Naučnici koji pokušavaju da nađu rešenje za poslovne izazove kompanije nazivaju se „ponuđači rešenja“. Vrednost koji zapravo nudi InnoCentive platforma je povezivanje ove dve strane radi ostvarivanja obostrane koristi, što u stvari predstavlja i karakteristiku poslovnih modela višestranih platformi. Metodologija koju ova organizacija koristi zove se Inovacija vođena izazovom (*Challenge Driven Innovation (CDI)*). Ova metodologija predstavlja način rada pomoću kojeg se ubrzava proces tradicionalnog istraživanja ali i znatno smanjuje troškovi inoviranja.

InnoCentive poslovni model predstavlja novi vid poslovnog modela koji se pre svega odnosi na online poslovanje. Internet platforma koju je izgradio InnoCentive omogućava različitim kompanijama i neprofitnim organizacijama da u potrazi za inovacijom, iznesu svoj problem na sajtu *InnoCentive*-a. Sa druge strane, ljudi i organizacije koje nude svoje ideje na pomenutom sajtu, imaju priliku da ukoliko njihova ideja bude izabrana, budu nagrađani od strane saradnje koja rešenje traži. Od ovakvog načina poslovanja sve strane u saradnji imaju koristi.

5. ZAKLJUČAK

Dok su se ranije kompanije oslanjale na sopstvenu funkciju istraživanja i razvoja, u novije vreme one shvataju da se velika količina znanja i ideja može dobiti upravo iz spoljnog okruženja, van granica matične organizacije. Razlog zbog kojeg danas veliki broj kompanija u svetu prihvata ovaj model poslovanja je taj da je veliki broj istih shvatio da tradicionalni model internog istraživanja i razvoja nije više efektivan tj. da je sve učestalija pojava niže produktivnosti, nepotrebnog trošenja resursa kao i predugog perioda od dobijanja ideje do njene konceptualizacije. Kompanije u našoj privredi i dalje se oslanjaju na tradicionalan način istraživanja i razvoja, propuštajući na taj način mogućnost da na brži i efikasniji način dođu do inovativnih rešenja za svoje probleme. Na taj način ne samo da se koči razvoj nauke u zemlji, već se koči i čitav njen privredni i društveni razvoj. Prvi korak ka otklanjanju ovih kočnica bio bi otvaranje postojećih zatvorenih modela poslovanja velike većine kompanija iz naše privrede. Međutim, s obzirom na veliki broj stručnjaka u zemlji a i preduzeća u privredi, pitanje je da li bi se ove dve strane pronašle međusobno, bez nečije pomoći. To bi predstavljao vrlo težak zadatak za kompanije iz privrede, jer je nemoguće da poznaju sve moguće stručnjake i institucije koje bi uspešno mogle da reše njihov problem ili da dođu do inovacije. Da bi se čitav ovaj proces ubrzao i da bi se mogle na pravi način iskoristiti sve prednosti modela otvorenih inovacija, neophodno je angažovati određenog posrednika koji će uz pomoć stručnog osoblja i prethodnih iskustava dosta brže doći do kvalitetnih stručnjaka, nego što bi to uradila sama kompanija. Na taj način kompanije bi uz niže troškove i manje vremena došle do inovacija koje su joj neophodne radi uspešnog poslovanja na tržištu. Pored toga kompanije

iz privrede bi imale priliku da na različitim sastancima direktno komuniciraju sa članovima projektnih timova kada bi ima jasno iznosile svoje probleme i potrebe. Skraćivanjem kanala komunikacije postiže se da se potreba za inovacijom bolje razume pa samim tim i da se što bolje na nju odgovori.

LITERATURA

- [1] Osterwalder, A. and Pigneur, Y. „Business Model Generation“, 2010.
- [2] Isckia, Thierry; Lescop, Denis, “Open innovation within business ecosystems: a tale from Amazon.com”, 2009.
- [3] Cui, Z., Loch, C. H., Grossman, B. and He, R. Outsourcing Innovation. *Resrceah Technology Management* 52, 54-63, 2009.
- [4] Chesbrough, H. „Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology“, Boston: Harvard Business School Press, 2003.
- [5] Chesbrough, H. “Business model innovation: It’s not just about technology anymore“, *Strategy and lidership*, vol. 35 no. 6, pp. 12-17, 2007.
- [6] Chesbrough, H. and Rosenbloom, R.S, 2000, „The role of the business model in capturing value from innovation: Evidence from Xerox Corporation’s technology spin-off companies“, *Industrial and Corporate Change*, vol 11, no 3 pp 529-855. Henry Lopez-Vega, Wim Vanhaverbeke, „How innovation intermediaries are shaping the technology market. An analysis of their business model“, University of Hasselt, Vlerick Management School, 2009.
- [7] Howells, J. “Intermediation and role of intermediaries in innovation“ *Rearsch Policy*, vol. 35, 2006.
- [8] Linder, J.C., Cantrell, S. "Changing business models: surveying the landscape", White Paper, Institute for Strategic Change, Accenture, 2000.
- [9] Magretta, J. “Why business model matter”, *Harvard Business Review*, 2002.
- [10] Malik, Khaleel; Georghiou, Luke; Grieve, Bruce, “Developing new technology platforms for new business models”: Syngenta’s partnership with the University of Manchester, 2011. Powell, W.W. (1990): “Neither Market nor Hierarchy: Network forms of organization”, *Research in Organizational Behavior*
- [11] Sawhney, M. and Parikh, “Where Value Lives in a Networked world”, *HBR*, January, 79-86, 2001.
- [12] Teece, D.J. “Business Models, Business Strategy and Innovation”, *Long Range Planning*, Forthcoming
- [13] <http://tbmdb.blogspot.com/2009/12/business-model-example-lego-turning.html>
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Two-sided_market
- [15] www.innocentive.com

- [16] Radovanović, J. „Informatika za ekonomiste“, Ekonomski fakultet u Nišu, Niš, 2008.
- [17] Radišić, J. Finansijski menadžment, Visoka poslovna škola, Beograd, 2004.
- [18] Stankić, R. Elektronsko poslovanje, Ekonomski fakultet, Beograd, 2007.
- [19] Todorović, E. Informaciona tehnologija za menadžment, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, Srbija, 2006.
- [20] Vunjak, N. Finansijski menadžment (knjiga 5– Poslovne finansije), Bečej-Subotica, Proleter - Ekonomski fakultet, 2005.
- [21] Vasković, V. Sistemi plaćanja u elektronskom poslovanju, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2007.
- [22] E.Vuksanović, „Elektronsko bankarstvo“, Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije, Beograd, 2006.
- [23] Veljović, A. And Radojičić, M. “Menadžment informacioni sistemi, ICIM-Izdavački centar za industrijski menadžment, Kruševac, 2006.
- [24] Varagić, D. „Vodič kroz raj i pakao Internet m@rketinga“, Novi Sad, Prometej, 2000.
- [25] Vujić, V. “Menadžment ljudskih kapitala”, FHTM, Opatija, 2006.
- [26] Banks, J. and S.J.Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- [27] Bodily, S. “Spreadsheet Modeling as a Stepping Stone“, Interfaces, Vol. 16, No. 5, pp 34-52, 1986.
- [28] Protić, D. “Simulacija rada Aerodroma Beograd“, Zbornik radova, SinfoN, str. 75-81, Zlatibor, 1994.

RAZVOJ INFORMACIONOG SISTEMA ZA EVIDENCIJU TERENSKIH AKTIVNOSTI RADNIKA JP „NACIONALNI PARK ĐERDAP“

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR RECORDS FIELD ACTIVITIES OF WORKERS OF PE „DJERDAP NATIONAL PARK“

Dejan Pavlović, dipl.inž.el.¹
JP „Nacionalni park Đerdap“ Donji Milanovac¹

Sadržaj – U radu je opisan razvoj informacionog sistema koji je prvenstveno namenjen za evidenciju terenskih aktivnosti zaposlenih u Službi zaštite, unapređenja, promovisanja i održivog razvoja JP „Nacionalni park Đerdap“, a koji može biti primenjen i za potrebe terenskih aktivnosti ostalih službi preduzeća uz određene modifikacije.

Abstract – This paper presents development of information system primarily dedicated for records field activities of workers of the Department of protection, promotion and sustainable development of PE “Djerdap National Park”, and also can be used with some modifications for the purposes of field activities of other departments.

1. UVOD

U okviru svojih aktivnosti, zaposleni radnici Službe zaštite, unapređenja, promovisanja i održivog razvoja JP „Nacionalni park Đerdap“ veoma često obavljaju različite poslove i zadatke na terenu. Tokom terenskih aktivnosti, podaci se uglavnom prikupljaju i beleže na papir. Tako prikupljeni podaci se kasnije u cilju izrade zapisnika ili izveštaja prekucajavu na lokalnim računarima zaposlenih i uglavnom se skladište na više različitih mesta.

Da bi se izbeglo skladištenje podataka na različitim mestima (računarima), te da bi se *backup* podataka vršio brže i jednostavnije i koristili standardizovani obrasci – formulari za evidenciju aktivnosti sa terena, razvila se ideja za razvojem informacionog sistema za potrebe rada službe, koji bi na jednostavan način omogućio unos i pretragu podataka, pružao na uvid posećene lokalitete korišćenjem Google Maps[®] servisa [1] i imao mogućnost generisanja PDF izveštaja.

2. KARAKTERISTIKE SISTEMA

Za realizaciju sistema korišćene su dostupne web tehnologije. Sistem je zamišljen da bude instaliran na centralizovanom računaru (serveru). Serveru bi se pristupalo sa klijentskih računara korišćenjem standardnih web pretraživača (*Google Chrome, Firefox Mozilla, Opera, Microsoft Explorer* i dr.).

Obzirom da se radi o web zasnovanom sistemu, moguće ga je realizovati *lokalno* - da radi u internoj mreži instaliran na localhost-u kome mogu da pristupe samo računari koji pripadaju lokalnoj mreži, ili da bude *javno dostupan* - instaliran na lokalnom serveru na koji je moguće pristupiti daljinskim putem (pomoću dodeljene

statičke IP adrese), ili pak da bude realizovan *daljinski* instaliran na udaljenom web serveru (web host-u).

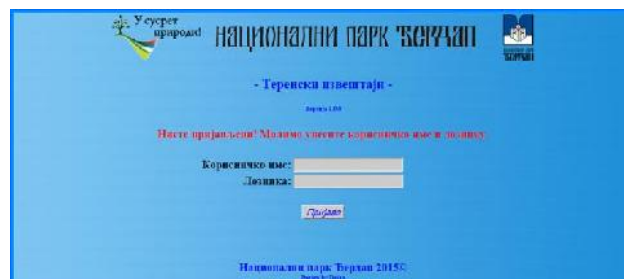
Ukoliko se sistemu može pristupiti daljinski i ako se koristi neki od prenosnih uređaja, sistemu se može pristupiti i direktno sa terena.

Za realizaciju sistema korišćen je PHP [2] programski jezik i FPDF biblioteka [3] (za generisanje PDF izveštaja), JavaScript, jQuery, HTML, CSS, Google Maps API i MySQL baza podataka.

Sistemu se pristupa individualno i korisnik sistema može da ima uvid jedino u svoje podatke ili da vrši njihovu izmenu.

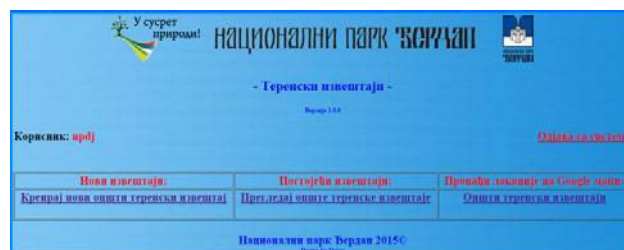
3. OPIS SISTEMA

Na slici 1. prikazana je stranica za pristup sistemu. Korisničko ime i lozinka se dodeljuju od strane administratora sistema.



Slika 1. Pristup sistemu

Uspešnim logovanjem pojavljuje se stranica sa glavnim menijem koji omogućava kreiranje novog izveštaja, pregled postojećih izveštaja ili pregled terenskih aktivnosti na Google mapi (slika 2). Obzirom da se radi o sistemu u razvoju, trenutno je moguće pristupiti samo *opštim terenskim izveštajima*. U kasnijoj fazi razvoja biće omogućen pristup i drugim oblicima (formularima) terenskih izveštaja, a u zavisnosti od potrebe posla.



Slika 2. Glavni meni

Stranica (formular) za kreiranje novog izveštaja izgleda kao na slici 3.

Slika 3. Stranica za kreiranje novog izveštaja

Stranica za kreiranje novog izveštaja omogućava unos podataka - vrstu predmeta, lokalitet, geografske koordinate, datum, tekst izveštaja i ostalih podataka.

Podaci kao što su predmet, lokalitet i datum su obavezni jer se pregled lokacija na Google mapi pretražuju tj. prikazuju po tim kriterijumima.

Ukoliko su svi podaci pravilno uneti, sistem prikazuje poruku na ekranu kao na slici 4.

Slika 4. Povratna informacija

U slučaju da neke od informacija nisu pravilno unete ili nisu u odgovarajućem formatu, sistem prikazuje odgovarajuću povratnu informaciju – poruku.

Fotografije sa lokaliteta se ne unose direktno u bazu podataka već u zaseban direktorijum (radi uštede memorijskog prostora baze i zbog mogućeg usporenja

rada baze tokom vremena i veće količine unetih podataka).

Prozor za unos fotografija prikazan je slikom 5.

Slika 5. Unos nove fotografije

Stranica za pregled podataka prikazana je slikom 6. Formular za pretragu baze podataka je sličan formularu za unos podataka. Pretraga podataka se može vršiti po nekom od zadatih kriterijuma – unetih podataka, ili se mogu prikazati svi podaci. Na slici 6. je prikazan deo ekrana pregleda baze podataka koja se odnosi na "bespravnu seču". U bazu je trenutno moguće uneti do pet fotografija po izveštaju, ali će se u kasnijoj fazi izrade sistema taj broj povećati. Moguće je izvršiti ažuriranje podataka ili štampati izveštaj u PDF formatu.

Slika 6. Pregled baze podataka

Ažuriranje podataka vrši se pomoću posebne PHP skripte za ažuriranje, dok je za generisanje PDF dokumenta korišćena FPDF - PHP dinamička biblioteka za prikaz UTF-8 karaktera tj. ćirilicnog fonta. Pored FPDF biblioteke za generisanje UTF-8 PDF izveštaja mogu da se koriste TFPDF, UFPDF ili neke druge biblioteke. Testiranjem se pokazalo da je FPDF biblioteka

najpogodnija za generisanje izveštaja sa ćirilicnim fontom za primenu u ovom sistemu. Slikom 7. prikazan je izgled stranice za ažuriranje izveštaja, dok je slikom 8. prikazan deo generisanog PDF izveštaja.

У сусрет природи! НАЦИОНАЛНИ ПАРК 'СРБИЈА'

Поштом: СТРАВА
Корисник: npdj

Прегледајте опште извештаје
Унеси нове фотографије

Предмет (по предмету бр., име пројекта, тема састанка)	Бесправна сеча
Град, Општина	Медвеђа
Локалитет [К.О., к.п., опис (опционо)]	1000000000
Географска дужина	44.251301
Географска ширина	22.134600
Датум	2015-09-25
Подносилац извештаја	Медвеђа
Остали присутни [име и институција (инвеститор, извођач активности, институције) и др.), организатор (у случају састанка развојног...)]	Референт шумарски техничари: [Име, Презиме] и [Име, Презиме]
<p>ПРЕВЕНТА: На територији катастарске парцеле [Идентификација је 1 катастарске парцеле]</p> <p>НАПОМЕНА (резултати извештаја), закључци, привремене и др.)</p> <p>Нена додатни напомене!</p> <p>Линк фотографија 1: fotografije/fotografije/4_02_1.jpg</p> <p>Линк фотографија 2: fotografije/fotografije/nema_fotografije.jpg</p> <p>Линк фотографија 3: fotografije/fotografije/nema_fotografije.jpg</p> <p>Линк фотографија 4: fotografije/fotografije/nema_fotografije.jpg</p> <p>Линк фотографија 5: fotografije/fotografije/nema_fotografije.jpg</p>	

Ажурирај

Национални парк Србија 2015©
Dimitar St. Dimitar

Slika 7. Stranica za ažuriranje izveštaja

Општи теренски извештај

Предмет (по предмету бр., име пројекта, тема састанка,...)

Бесправна сеча

Град, Општина

Медвеђа

Локалитет [К.О., к.п., опис (опционо)]

1000000000

Географска дужина

44.251301

Географска ширина

22.134600

Slika 8. Deo generisanog PDF izveštaja

Deo PHP kôda za generisanje PDF izveštaja (korišćenjem FPDF biblioteke) i prikazanog slikom 8. je kao što sledi:

```
<?php
define('FPDF_FONTPATH','fpdf/font/');
require('fpdf/fpdf.php');
require('db.php');
if($_GET['id'])
{
    $qry = mysql_query("SELECT * FROM podaci Where id='".$_GET['id']."'") or die(mysql_error());
    $data = mysql_fetch_array($qry);
    $bp_predmet = $data['bp_predmet'];
    $bp_grad = $data['bp_grad'];
    $bp_lokalitet = $data['bp_lokalitet'];
    $bp_lon = $data['bp_lon'];
    $bp_lat = $data['bp_lat'];
    $bp_datum = $data['bp_datum'];
```

```
$bp_podiz = $data['bp_podiz'];
$bp_ostali = $data['bp_ostali'];
$bp_izvestaj = $data['bp_izvestaj'];
$bp_napomena = $data['bp_napomena'];
$bp_sl1 = $data['bp_sl1'];
$bp_sl2 = $data['bp_sl2'];
$bp_sl3 = $data['bp_sl3'];
$bp_sl4 = $data['bp_sl4'];
$bp_sl5 = $data['bp_sl5'];
```

```
$pdf = new FPDF('P','mm','A4');
$pdf->AddPage();
$pdf->AddFont('FreeSerif','FreeSerif.php');
$image1 = "zaglavlje/npdj_logo4.png";
$pdf->Image($image1);
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',20);
$pdf->SetTextColor(124, 0, 120, 123);
$pdf->SetXY(10, 40);
$pdf->Write(5, "Општи теренски извештај");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',14);
$pdf->SetTextColor(124, 0, 120, 123);
$pdf->SetXY(10, 65);
$pdf->Write(5, "Предмет (по предмету бр., име пројекта, тема састанка,...)");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',12);
$pdf->SetTextColor(0, 0, 0, 0);
$pdf->SetXY(10, 80);
$pdf->Write(5, "$bp_predmet");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',14);
$pdf->SetTextColor(124, 0, 120, 123);
$pdf->SetXY(10, 100);
$pdf->Write(5, "Град, Општина");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',12);
$pdf->SetTextColor(0, 0, 0, 0);
$pdf->SetXY(10, 110);
$pdf->Write(5, "$bp_grad");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',14);
$pdf->SetTextColor(124, 0, 120, 123);
$pdf->SetXY(10, 125);
$pdf->Write(5, "Локалитет [К.О., к.п., опис (опционо)]");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',12);
$pdf->SetTextColor(0, 0, 0, 0);
$pdf->SetXY(10, 135);
$pdf->Write(5, "$bp_lokalitet");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',14);
$pdf->SetTextColor(124, 0, 120, 123);
$pdf->SetXY(10, 150);
$pdf->Write(5, "Географска дужина");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',12);
$pdf->SetTextColor(0, 0, 0, 0);
$pdf->SetXY(10, 160);
$pdf->Write(5, "$bp_lon");
```



```
$pdf->SetFont('FreeSerif',14);
$pdf->SetTextColor(124, 0, 120, 123);
$pdf->SetXY(10, 175);
$pdf->Write(5, "Географска ширина");
```

```
$pdf->SetFont('FreeSerif',12);
$pdf->SetTextColor(0, 0, 0, 0);
$pdf->SetXY(10, 185);
$pdf->Write(5, "$bp_lat");
```

...

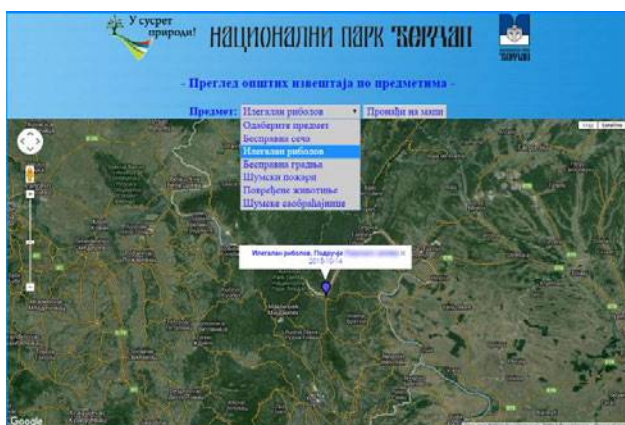
Prikaz posećenih lokaliteta tokom terenskih aktivnosti vrši se pomoću Google Maps servisa, korišćenjem odgovarajućih Google Maps API-a.

Slikom 9. prikazana je stranica kojom je moguće izvršiti izbor - pretragu terenskih izveštaja na osnovu kriterijuma: *predmet*, *lokalitet* ili *datum*.



Slika 9. Pregled mapa

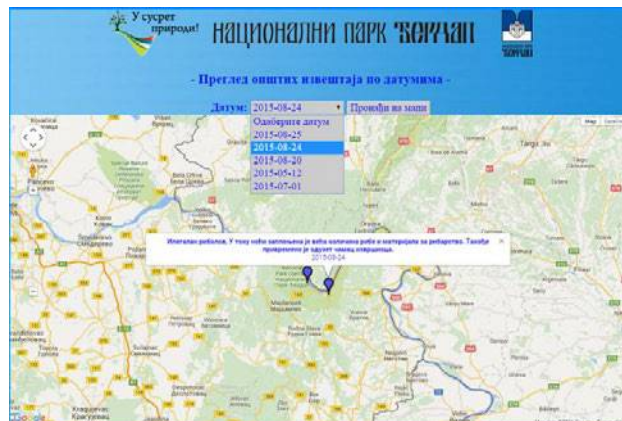
Na slici 10. prikazan je pregled posećenih lokaliteta na osnovu predmeta (sistem iz baze podataka prikazuje posećene lokalitete na osnovu naziva predmeta). Lista korišćenih predmeta u sistemu je opciona - u cilju testiranja sistema. Moguće je izbor klasičnog Google map prikaza ili Google satelitskog prikaza. "Klikom" markera na mapi se prikazuju dodatne informacije u vezi izvršene terenske aktivnosti.



Slika 10. Pregled lokaliteta po predmetima

Takođe, može se definisati pregled posećenih lokaliteta i po drugim kriterijumima - grad, opština, geografske koordinate (širina i dužina), podnosioci izveštaja i sl., ali je tokom testiranja sistema pregled vršen na osnovu gore navedena tri kriterijuma.

Na slici 11. je prikazan pregled posećenih lokaliteta na osnovu datuma. Na slici je korišćen klasičan prikaz Google mape.



Slika 11. Pregled lokaliteta po datumima

4. ZAKLJUČAK

U radu je opisan informacioni sistem koji je još uvek u razvoju i koji treba da služi za evidenciju terenskih aktivnosti prvenstveno zaposlenih u Službi zaštite, unapređenja, promovisanja i održivog razvoja JP „Nacionalni park Đerdap“. Sistem je zamišljen tako da olakša vođenje evidencije o terenskim aktivnostima - pruži osnovne informacije o svrsi posete lokalitetu i da izvrši prikaz na Google mapi. Takođe, zamišljen je da mu se može pristupiti i daljinskim putem - putem weba i da ima mogućnost generisanja izveštaja "jednim klikom" za štampanje po potrebi.

Svaki od korisnika sistema ima uvid samo u svoje podatke - pristupa im korisničkim imenom i lozinkom, pri čemu su sve stranice (PHP skripte) sistema zaštićene sesijom. Ukoliko neovlašćeni korisnik pokuša da pristupi nekoj od PHP stranica sistema, prikazuje se poruka kojom se obaveštava da nema pristup i prikazuje se link koji vodi do pristupne (login) stranice.

Sistem za sada još uvek nema operativnu primenu. Njegov rad je spešno testiran na localhost-u. Nabavkom odgovarajućih resursa - hardvera, očekuje se njegova implementacija.

ZAHVALNICA

Finansijska sredstva za prezentaciju ovog rada omogućilo je Javno preduzeće "Nacionalni park Đerdap" sa direktorom Lazarom Mitrovićem.

LITERATURA

- [1] Google Maps API Web services <https://developers.google.com/maps/web-services/overview>
- [2] K. Tatroe, P. MacIntyre, R. Lerdorf "Programming PHP - 3rd Edition", February 2013. Third Edition
- [3] FPDF Library (PDF Generator) <http://www.fpdf.org>

DETEKCIJA SLIČNOSTI U PROGRAMSKOM KODU KORIŠĆENJEM GST ALGORITMA

SOURCE CODE SIMILARITY DETECTION USING GST ALGORITHM

Marko Mišić¹, Marko Živković¹, Jelica Protić¹, Milo Tomašević¹
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet¹

Sadržaj – Kao posledica razvitka informacionih tehnologija, plagijarizam postaje sve učestaliji problem u različitim oblastima inženjerstva. Predmet plagijarizma može biti i izvorni programski kod, pogotovu na računarskim kursevima na univerzitetima. Da bi se sprečila ova nepoželjna pojava, koriste se alati za detekciju sličnosti u programskom kodu. U ovom radu je prikazana implementacija jednog modularnog i proširivog sistema za detekciju sličnosti izvornog koda programa napisanih u programskom jeziku C++. Algoritam za detekciju sličnosti je baziran na Greedy-String-Tiling (GST) tehnici, optimizovanoj Karp Rabinovim algoritmom za uparivanje stringova. Alat je testiran na primeru od 125 projektnih zadataka sa kursa Operativni sistemi na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Rezultati rada alata su poređeni sa popularnim alatima JPlag i Moss i kratko diskutovani.

Abstract – The development of information technologies led to expansion of plagiarism in different fields of engineering. The source code can be also plagiarized, especially in university courses in computing. To prevent this malpractice, source code similarity detection tools have been used. This paper presents an implementation of modular and extensible system for source code similarity detection in programs written in C++ programming language. Similarity detection algorithm is based on Greedy-String-Tiling (GST) technique, optimized with Karp Rabin algorithm for string matching. The tool was tested using 125 project assignments from Operating systems course at the School of Electrical Engineering, University of Belgrade. Obtained results are compared with popular tools JPlag and Moss and briefly discussed.

1. UVOD

Plagijarizam predstavlja neetički čin korišćenja nečijeg rada bez eksplicitnog referisanja originalnog autora [1]. Plagijarizam u izvornom programskom kodu je čest problem na univerzitetima, pogotovu na računarskim kursevima. Nezanemarljiv broj studenata prilikom izrade svojih projektnih i domaćih zadataka kopira kompletan ili delove koda iz zadataka drugih studenata sa kursa ili nekih drugih dostupnih izvora [2].

Problem plagiranja studentskih programa može se rešavati pomoću javno dostupnih softverskih alata. Pregled metoda plagiranja i poređenje ovih alata se može videti u [1] i [3], a određeni detalji će biti izloženi i u ovom radu. Cilj ovog rada je implementacija sistema za detekciju plagijarizma izvornog koda programa pisanih u

programskom jeziku C++. Osnova ideja je bila da se implementira jednostavan i brz alat, pisan na jeziku C ili C++, kako bi bio pogodan za paralelizaciju korišćenjem postojećih tehnologija za centralne i grafičke procesore. Efikasna, postojeća rešenja su uglavnom implementirana kao web servisi, a često su pisana na programskom jeziku Java i sl. Takođe, jedan broj postojećih alata nije otvorenog koda. Korišćena je tehnika tokenizacije i algoritam za upoređivanje stringova Greedy-String-Tiling (GST) [4] proširen Karp Rabinovim algoritmom. Poseban akcenat je stavljen na modularnost razvijenog sistema i njegovu proširivost, kako bi se izmene jednostavno vršile.

Rad je podeljen na nekoliko sekcija. U drugom poglavlju je dato više detalja o detekciji plagijarizma, metodima za njegovo prikriivanje i pristupima za detekciju sličnosti u izvornom programskom kodu. U trećem poglavlju je dato više detalja o algoritmima za poređenje, dok su implementacioni detalji dati u četvrtom poglavlju. Peto poglavlje daje evaluaciju implementiranog sistema. U poslednjem poglavlju su dati zaključak i mogućnosti za dalja istraživanja.

2. O DETEKCIJI SLIČNOSTI U PROGRAMSKOM KODU

Programski kod nije teško plagijarizovati, a često za to i nisu potrebne naročite programerske veštine. Sa druge strane, teško je sa stopostotnom sigurnošću utvrditi da li je neki deo koda plagijat ili ne. Stoga se može govoriti o detekciji sličnosti u programskom kodu, gde se finalna odluka o počinjenom plagijarizmu prepušta čoveku nakon manualne inspekcije. Pritom, detekcija sličnosti u programskom kodu je komplikovana i vremenski zahtevna radnja. Često je potrebno uporediti izvorne fajlove koji sadrže više hiljada linija koda. Alati za detekciju sličnosti moraju biti otporni na različite modifikacije koda, koje se rade da bi plagijarizovan kod izgledao drugačije od plagiranog rešenja. Postoji više tehnika modifikacije programskog koda koje se koriste za prikriivanje plagijarizma. Prema [1], modifikacije izvornog koda se mogu klasifikovati u dve glavne kategorije: leksičke i strukturalne modifikacije.

Leksičke modifikacije obično ne zahtevaju nikakve veštine programiranja. U većini slučajeva ovaj tip modifikacija se lako detektuje i ignoriše. Ove modifikacije uključuju izmene u formatiranju programskog koda, izmenu ili brisanje komentara, promenu izlaza programa. U preimenovanje identifikatora spada izmena imena klasa, funkcija, promenljivih.

Ukoliko su promenljive istog tipa, moguće ih je zajedno deklarirati. Moguće je dodavati, menjati, ili brisati modifikatore klasa bez promene semantike programa. Moguće je modifikovati konstantne vrednosti, tako da to nema uticaja na semantiku programa i sl.

Strukturalne modifikacije, za razliku od leksičkih modifikacija, zahtevaju poznavanje programiranja i znatno otežavaju detekciju sličnosti. Promene redosleda promenljivih u iskazima i promene redosleda unutar programskih blokova se rade na način koji nema uticaja na semantiku programa. Modifikacija kontrolnih struktura se najčešće manifestuje zamenom ekvivalentnih kontrolnih struktura (petlji ili uslovnih grananja). Strukturalni redizajn izvornog programa je verovatno najefikasnija tehnika maskiranja plagijarizma. Primeri su zamena poziva funkcije telom funkcije ili obrnuto, premeštanje sekvence iskaza u zasebnu funkciju, premeštanje funkcije u zasebnu klasu i sl. Redizajn može uključiti dodavanje suvišnog koda u program. Mogu se dodavati funkcije koje se nikad ne pozivaju, deklarirati promenljive koje se nikada ne koriste, ili dodavati iskazi koji ne menjaju izlaz programa. Vrednost podizraza se može smestiti u zasebnu promenljivu ili obrnuto, a vrednost promenljive se može direktno koristiti u izrazu. Za promenljive i funkcije se može izvršiti modifikacija dosega.

Postoji nekoliko tehnika za detekciju sličnosti u programskom kodu. Najprostije tehnike su bazirane na poređenju teksta kao govornog jezika i zbog toga su neotporne na bilo kakve modifikacije programskog koda. Atributivno-orijentisane kod-bazirane tehnike za svaki program izračunavaju određen broj različitih metrika, tako da se svaki program mapira u jednu tačku u n -dimenzionalnom Dekartovom prostoru. Programi koji se nalaze blizu jedan drugom se smatraju mogućim plagijatima. Ipak, ove tehnike su neotporne već na neke leksičke izmene, pa se u praksi sve ređe koriste.

Tehnike strukturalno orijentisanog poređenja su najviše zastupljene u detekciji sličnosti u programskom kodu i one uključuju strukturu programskog koda i sintaksu programskog jezika na kome je kod napisan. Programski kod se najčešće transformiše u sekvencu tokena, a zatim se poređenjem sekvenci tokena pronalaze preklapajući segmenti. Zbog ulaznih transformacija, strukturalno orijentisani sistemi su neosetljivi na leksičke izmene u programskom kodu, a robustni su i na veliki broj strukturalnih modifikacija. Pored sekvence tokena, programski kod se može opisati i na druge načine. Pojedini pristupi koriste apstraktna sintaktna stabla [5] ili grafove pozivanja [6] na osnovu kojih se vrši analiza strukture programskog koda i dalje poređenje. Ipak, zbog velike složenosti i računске zahtevnosti ovih postupaka, oni se češće koriste u detekciji softverskih klonova, kada se poredi nekoliko programa većeg obima.

Tokenizacija [1] je proces konvertovanja programskog koda u sekvencu smislenih simbola (tokena). Tokeni se biraju tako da predstavljaju suštinske konstrukte u programskom kodu, koje je teško menjati. Tokenizacija

predstavlja pripremnu fazu prilikom detekcije sličnosti, a uloga joj je da narednoj fazi, odnosno algoritmu detekcije sličnosti, dostavi odgovarajući ulaz.

Veći broj alata, kao što su Plaggie, Sherlock i SCSDS, koristi strukturalno orijentisano poređenje, a na strukturalnom poređenju su bazirana i dva veoma popularna i efikasna alata za detekciju sličnosti, JPlag [7] i Measure of Software Similarity (Moss) [8]. O načinu funkcionisanja pomenutih alata će biti više reči u narednom poglavlju. Poređenje više različitih alata se može videti u [1] i [3].

3. ALGORITMI ZA POREĐENJE STRINGOVA

Algoritam poređenja predstavlja srž svakog sistema za detekciju sličnosti. Performanse, efikasnost rada i vreme izvršavanja celog sistema u velikoj meri zavise od algoritma poređenja. U implementaciji ovog sistema korišćeni su algoritmi *Greedy-String-Tiling* [4] i *Karp-Rabin* [9], slično kao u alatu JPlag. Pored ovih algoritama, jedan od efikasnijih algoritama je *Winnowing* [10] algoritam. Zajedničko za sve ove algoritme je što kao svoj ulaz primaju dva stringa, a kao rezultat rada algoritma vraćaju meru njihove sličnosti.

Cilj GST algoritma je pronalaženje svih podstringova koji su jednaki prilikom upoređivanja dva stringa. Pritom, algoritam mora da zadovolji određene uslove. Svaki token prvog stringa može biti uparen sa najviše jednim tokenom drugog stringa. Prema ovom uslovu, nije moguće upariti delove izvornog koda koji su duplicirani u plagijarizovanom programu. Podstringovi moraju biti pronađeni, bez obzira na njihovu poziciju u stringu. Prema ovom uslovu, promena redosleda delova izvornog koda nije efektivna tehnika plagijarizma. Dužim podudaranjima podstringova se daje prednost u odnosu na kratka podudaranja. Duža podudaranja su pouzdanija, dok za kratka podudaranja postoji veća verovatnoća da se radi o slučajnosti. Za drugi uslov je bitno istaći da važi samo ukoliko su premešteni delovi koda veći od minimalne dužine poklapanja (*minimum match length - MML*).

GST algoritam se sastoji iz dve faze. U prvoj fazi se vrši pretraživanje dva stringa, kako bi se pronašlo najveće kontinualno poklapanje podstringova. Pretraživanje se odvija kroz tri ugnježdene petlje. U prvoj petlji se iterira kroz sve tokene prvog stringa. U drugoj petlji se odvija poređenje tokena prvog stringa sa svim tokenima drugog stringa. Ako su tokeni jednaki, treća petlja pokušava da, poređenjem sukcesivnih tokena, produži poklapanje što je više moguće. Na kraju prve faze su pronađeni najduži zajednički podstringovi.

U drugoj fazi se radi obeležavanje (markiranje) svih tokena izdvojenih u prvoj fazi. Obeležavanjem se ti tokeni ne mogu koristiti u prvoj fazi narednih iteracija. Na taj način se garantuje da se svaki token može upariti samo jednom, čime se zadovoljava prvo pravilo. Navedene dve faze se ponavljaju dok se ne pronađu sva poklapanja podstringova. Pošto se maksimalna dužina poklapanja smanjuje u svakoj iteraciji, algoritam se garantovano završava. Kako bi se izbeglo slučajno poklapanje od samo

nekoliko tokena, definisana je minimalna dužina poklapanja (MML).

Složenost GST algoritma je reda veličine $O(n^3)$, ali se može smanjiti određenim optimizacijama baziranim na Karp-Rabinovom algoritmu. Karp-Rabin algoritam [9], traži sva pojavljivanja nekog kratkog stringa, uzorka (*pattern*) P u dužem stringu, tekstu, T , korišćenjem heš funkcije. Da bi se to postiglo potrebno je sračunati heš vrednosti svih podstringova dužine $|P|$ u stringu T . To je moguće uraditi u linearnom vremenu koristeći heš funkciju, koja je u stanju da izračuna vrednost $h(T_i T_{i+1} \dots T_{i+|P|-1})$ na osnovu vrednosti $h(T_{i-1} T_i \dots T_{i+|P|-2})$, T_{i-1} i $T_{i+|P|-1}$. Takva heš funkcija se naziva *rolling* heš funkcijom [10]. Kod *rolling* heš funkcije se podstring $T_i \dots T_{i+|P|-1}$ tretira kao $|P|$ -cifreni broj u nekoj osnovi b , a naredna heš funkcija se računa sekvencom aritmetičkih operacija. Sve heš vrednosti se zatim upoređuju sa heš vrednošću stringa P . Ako su heš vrednosti iste, radi se poređenje pojedinačnih karaktera podstringova, da bi se potvrdila pojava P u T . Složenost ovog algoritma u praksi je skoro linearna. Pseudokod Karp Rabinovog algoritma po uzoru na [11] je dat na Slici 1.

```

KARP-RABIN( $T, P$ )
 $n := \text{length}(T); m := \text{length}(P);$ 
 $p := \text{hash}(P); t := \text{hash}(T[1..m]);$ 
for  $s := 1$  to  $n - m + 1$  do
  if  $p = t$  then
    if  $P[1..m] = T[s..s+m-1]$  then
      print "Match at: ",  $s$ 
    end_if
  if  $s < n - m + 1$  then
     $t := \text{rolling\_hash}(t, T[s+1..s+m])$ 
  end_if
end_for

```

Slika 1. Pseudokod Karp Rabinovog algoritma

Korišćenjem ideje da se podstringovi porede po svojoj heš vrednosti, napravljene su modifikacije u osnovnom GST algoritmu, kojima se prosečna složenost smanjuje na ispod $O(n^2)$. Za sve podstringove stringova A i B , dužine MML, se računaju heš funkcije, što je ostvarivo u vremenu $O(|A| + |B|)$. Svaka heš vrednost dobijena iz stringa A se poredi sa svakom heš vrednošću dobijenom iz stringa B . Ukoliko su te vrednosti iste, počevši od tokena sa pozicija sa kojih su dobijeni heševi, vrši se poređenje po tokenima, kako bi se verifikovalo preklapanje. Algoritam pokušava i da proširi preklapanje izvan dosega tokena pokrivenih heš funkcijom. Kako bi se izbegao kvadratni broj parova poređenja koristi se heš tabela za lociranje podstringova iz B koji imaju istu vrednost heš funkcije kao podstring iz A .

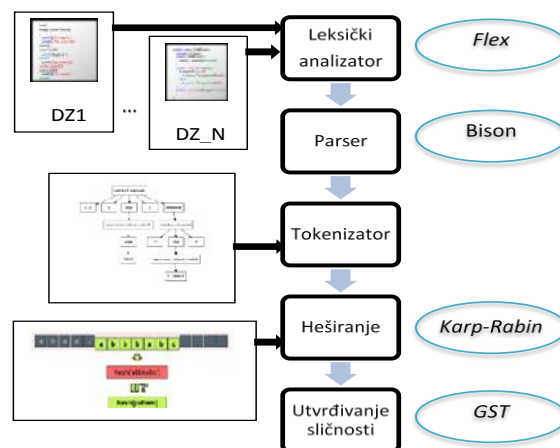
Winnowing [10] algoritam se koristi u alatu Moss. Kod ove tehnike, programski kod se deli na podstringove (tokene) dužine k koji su nazvani *k-gram*-ovi. Svaki karakter u stringu, osim poslednjih $k-1$, predstavlja početak jednog *k-grama*. Za svaki dobijeni *k-gram* se izračunava heš vrednost, koristeći odgovarajuću *rolling* heš funkciju. Biranjem podskupa tih heševa dobijaju se otisci jednog stringa koji se koriste za poređenje. Algoritam garantuje da ukoliko postoji preklapanje čija je dužina bar jednaka dužini garantovanog praga t , onda to

preklapanje mora biti detektovano. Sa druge strane, preklapanja čija je dužina manja od dužine praga šuma, k , se ne uzimaju u obzir. Uvek važi da je $k < t$, a izbor parametara k i t presudno utiče na preciznost algoritma.

4. IMPLEMENTACIONI DETALJI

Predmet ovog rada je implementacija sistema za detekciju sličnosti izvornog koda programa napisanih u programskom jeziku C++. Sistem podržava i većinu konstrukta programskog jezika C. Pri implementaciji sistema, poseban naglasak je stavljen na modularnost i proširivost sistema. Slojevitost sistema je postignuta podelom sistema u pet zasebnih faza: leksičku analizu (lekser), sintaksnu analizu (parser), tokenizaciju, heširanje i merenje sličnosti (Slika 1).

Prve tri faze u sistemu su zavisne od programskog jezika u kojem je pisan izvorni kod i eventualno proširivanje sistema u smislu podržavanja drugih programskih jezika, zahtevalo bi ponovnu implementaciju ovih faza. Poslednje dve faze u sistemu su nezavisne od programskog jezika. Lekser je implementiran pomoću generatora leksičkih analizatora *Flex*. Parser je implementiran pomoću generatora parsera *Bison*. Faze tokenizacije, heširanja i merenja sličnosti implementirane su u programskom jeziku C++.



Slika 1. Faze rada implementiranog sistema

Implementirani sistem spada u grupu strukturalno-orijentisanih kod-baziranih sistema. Sistem je razvijan po uzoru na alat JPlag uz nezatno modifikovan skup tokena. Od tehnika poređenja po strukturi korišćena je tokenizacija, a kao algoritam detekcije sličnosti korišćen je GST algoritam sa modifikacijama inspirisanim Karp-Rabin algoritmom.

U fazi leksičke analize se ulazni niz karaktera koji čini programski kod deli na niz simbola (tokena) koji se prosleđuju u fazu parsiranja. Ti simboli se identifikuju pomoću regularnih izraza. Simboli koji se ove prepoznaju su ključne reči i operatori jezika C/C++. Vodi se računa o broju linije u kojoj se simbol nalazi. U ovoj fazi se vrši detekcija i uklanjanje komentara, modifikatora, deklaracija prostora imena i pretprocesorskih direktiva. Takođe, vrše se još određena

pojednostavljenja u kodu. Puna imena (*fully qualified name*) promenljivih kod klasnih i sličnih tipova se detektuju i tretiraju se na isti način kao i promenljive prostih imena, a parseru se prosleđuje isti token. Detektuje se preklapanje operatora i operatorske funkcije se tretiraju na isti način kao i obične funkcije. Tipovi podataka, čiji se nazivi sastoje od više od jedne reči, dobijaju isti token kao i tipovi sa nazivom od samo jedne reči.

U fazi sintaksne analize se na osnovu priložene gramatike i simbola dobijenih od leksera, prepoznaju ispravne jezičke konstrukcije. Rezultat sintaksne analize predstavlja stablo parsiranja. Parser tokom svog rada komunicira sa tokenizatorom korišćenjem akcija parsera. Skup tokena je baziran na standardnom skupu tokena JPlag-a. Skup tokena je biran tako da karakteriše strukturu programa. Postoji zaseban token za početak i kraj programskih blokova. Podržani su iskazi kontrole toka: *continue*, *break*, *throw*, *return* i sl. Za identifikatore promenljivih koristi se token koji odgovara tipu promenljive. Od aritmetičkih operacija podržane su samo operacija dodele vrednosti, inkrement i dekrement operacije, za koje se koristi isti token.

Tokenizator je implementiran kroz sledeće klase: *Table*, *Scope*, *Token*. Klasa *Token* sadrži polje koje predstavlja identifikator tokena, broj linije u izvornom fajlu na kojoj se token javlja i jedno polje logičkog tipa koje označava da li je token markiran prilikom rada GST algoritma. Klasa *Scope* sadrži listu tokena i pokazivač na objekat klase *Scope*, koji predstavlja spoljašnji doseg. Klasa *Scope* ima metode za dohvatanje i postavljanje tokena, kao i metodu za dohvatanje spoljašnjeg dosega. Klasa *Table* je statička klasa sa kojom komunicira parser.

Heširanje se sprovodi kako bi se poboljšale performanse algoritma za detekciju sličnosti. Heširanje se vrši nad nizom od MML uzastopnih tokena, odnosno njihovih identifikatora. Za heširanje se koristi odgovarajuća *rolling* heš funkcija. Svaki izvorni fajl za poređenje je predstavljen objektom klase *Program*. Klasa *Program* sadrži ime fajla, vektor tokena izvornog fajla, vektor heševa svih MML uzastopnih tokena i heš mapu koja mapira heš vrednost MML uzastopnih tokena na poziciju prvog od tih MML tokena u vektoru tokena. Zadatak ove faze sistema je da popuni vektor heševa i heš mapu svakog od ulaznih fajlova.

U fazi merenja sličnosti se izvršava modifikovani GST algoritma kao što je opisano u prethodnom poglavlju. Mera sličnosti se izračunava pomoću sledeće dve formule:

$$\text{sim}(A, B) = (2 \cdot \text{covarage}(\text{tiles})) / (|A| + |B|) \quad (1)$$

$$\text{covarage}(\text{tiles}) = \sum_{\text{match}(a, b, \text{length}) \in \text{tiles}} \text{length} \quad (2)$$

Efektivno, sličnost dva izvorna koda se određuje na taj način što se broj linija zajedničkog dela koda podeli sa ukupnim brojem linija u oba fajla koji se porede. Ova metodologija je preuzeta iz alata JPlag [12].

5. EVALUACIJA SISTEMA

U ovom poglavlju je sprovedena evaluacija realizovanog sistema, prikazani su relevantni rezultati i data je diskusija rezultata u odnosu na očekivane vrednosti i donesene projektne odluke. Najpre je data rekapitulacija implementacionih odluka, sa osvrtom na nedostatke i moguće optimizacije sistema. Zatim su izloženi rezultati poređenja ovog sistema sa sistemima JPlag i Moss.

Prve dve faze sistema, leksička i sintaksna analiza, prilagođeni su standardu C++98. Sistem podržava i većinu konstrukata programskog jezika C. Pri testiranju leksera i parsera korišćeni su zadaci iz zbirke zadataka za programski jezik C++. Svi zadaci iz navedene zbirke zadataka se uspešno parsiraju. Dodatnim testiranjem je ustanovljeno nekoliko problema pri parsiranju određenih ulaznih fajlova. Implementacija leksera je takva da se pretprocesorske direktive jednostavno ignorišu, uključujući i definicije makroa, što ponekad dovodi do sintakasnih grešaka usled nezavršenih makroekspanzija. Takođe, primećeno je da je gramatika koju koristi parser u nekim slučajevima dvosmislena, što je statički razrešavano davanjem prioriteta deklaracijama. Navedeni nedostaci predstavljaju prostor za dalju nadogradnju sistema.

U fazi tokenizacije je korišćen skup tokena sličan onom koji se koristi kod alata JPlag. S obzirom da je od aritmetičkih operacija podržana samo dodela vrednosti uz proširenje sa inkrementom i dekrementom, prepoznavanje ostalih aritmetičkih operacija bi sasvim izvesno imalo određen uticaj na meru sličnosti. Modifikacija skupa tokena može predstavljati pravac daljeg istraživanja.

U četvrtoj fazi sistema, heširanju, kao heš funkcija korišćena je *rolling* heš funkcija opisana u prethodnom poglavlju. Mana ove heš funkcije je što dobijene heš vrednosti mogu biti prilično velike. Kako bi se izbegli veliki brojevi u [10] se predlaže korišćenje operacija sabiranja i množenja po modulu. Reimplementacija ove faze sistema predstavlja jednu od mogućih optimizacija.

Implementirani GST algoritam u petoj fazi je pogodan za paralelizaciju kako na centralnim, tako i na grafičkim procesorima. Kako prva faza algoritma sadrži tri ugnježdene *for* petlje, korišćenjem OpenMP biblioteke niti bi se mogla obaviti jednostavna paralelizacija na centralnom procesoru. Takođe, ovu fazu sistema je moguće reimplementirati korišćenjem *Winnowing* algoritma, bez potrebe da se menjaju ostale faze sistema. Time bi se dobila veća pouzdanost prilikom detekcije sličnosti, po uzoru na ono što se predlaže u [1].

Pri testiranju sistema korišćeni su projektni zadaci sa predmeta Operativni sistemi sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu. Bilo je dostupno ukupno 125 radova napisanih u programskom jeziku C++ koji se uspešno parsiraju. Manji delovi koda u ovim projektnim zadacima su napisani na assembleru ili korišćenjem makroa. Radovi u proseku sadrže oko 1000 linija izvornog koda. Rezultati

rada sistema su poređeni sa rezultatima javno dostupnih sistema JPlag i Moss sa podrazumevanim parametrima.

Implementirani sistem i JPlag računaju procenat sličnosti dva ulazna fajla po istoj formuli, dok Moss za svaki ulazni fajl daje procenat sadržaja fajla koji je sličan drugom fajlu, kao i broj linija u fajlovima koji se preklapa. Stoga je zbog poređenja sva tri sistema, rezultat koji vrati Moss adaptiran, tako što se broj preklapajućih linija koji vrati Moss množi sa dva, pa se proizvod podeli zbirom broja linija ulaznih fajlova.

Tabela 1. Poređenje rezultata implementiranog sistema i sistema JPlag u opsegu od 10%

Procenat sličnosti	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%
JPlag	5931	1329	325	133	27
Impl.	6886	655	136	54	14
Procenat sličnosti	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
JPlag	2	2	0	0	1
Impl.	3	1	0	1	0

Postoji ukupno 7750 parova ulaznih fajlova, za koje je mera sličnosti računata. Tabela 1 prikazuje broj fajlova za koje je utvrđen određen procenat sličnosti. Rezultati su predstavljeni u opsegu od 10%. Rezultati alata Moss nisu prikazani, jer iako računa procenat sličnosti za sve parove ulaznih fajlova, Moss vraća meru sličnosti najviše 250 najbližijih parova. Iz Tabele 1 se vidi da JPlag i implementirani alat daju relativno slične rezultate u gornjoj polovini opsega, dok u donjoj polovini opsega implementirani sistem daje nešto konzervativnije rezultate. Prethodna istraživanja [3] i [14] pokazuju da procenat sličnosti preko 50% gotovo izvesno ukazuje na plagijat, mada se i nešto niže vrednosti mogu koristiti kada se radi ručna inspekcija i odlučivanje. U tom smislu, implementirani alat daje uporedive rezultate kao i JPlag i radovi koji imaju sličnost preko 50% se u ovom primeru nakon ručnog pregleda ispostavljaju kao plagijati.

Tabela 2. Top-10 poređenje sva tri alata

Parovi studenata	JPlag	Moss	Impl.
am-tt	94	81	86
ln-mi	60	56	59
sb-tm	65	53	62
pp-tm	51	40	56
sm-tm	54	44	55
jv-oo	50	49	49
gd-tm	48	29	36
gd-vs	48	23	32
tm-ua	47	37	34
ip-pd	46	45	46
rm-so	42	46	50
ka-tm	40	37	32
jv-sb	31	25	47
sm-pp	43	32	46

Drugi način testiranja performansi sistema je poređenje *top-n* najbližijih parova ulaznih fajlova [15]. U ovom slučaju vrednost *n* je 10, odnosno upoređuju se rezultati *top-10* najbližijih parova programa za svaki od sistema, što daje minimum 10, a maksimum 30 parova za koje je potom potrebno utvrditi da li zaista predstavljaju plagijate. Rezultati *top-10* poređenja su dati u Tabeli 2. Predstavljeno je ukupno 14 parova. Parovi su imenovani po inicijalima studenata čiji se projektni zadaci upoređuju. Vrednosti u tabeli predstavljaju procenat sličnosti koji je sistem vratio za dati par ulaznih fajlova.

Takođe, da bismo testirali saglasnost lista sličnosti koje alati daju sproveli smo korelaciju analizu korišćenjem Spirmanove korelacije. Spirmanov (3) korelacioni koeficijent se definiše na sledeći način:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (3)$$

gde $d_i = x_i - y_i$ predstavlja razliku rangova. Pri tome, ukoliko postoje duplikati u originalnim vrednostima X_i i Y_i , rangovi x_i i y_i predstavljaju srednje vrednosti pozicija originalnih vrednosti u rastućem poretku. Koeficijent je sračunat za liste koje su dobijene *top-10*, *top-20* i *top-50* poređenjem na prethodno opisani način.

Tabela 3. Korelaciona analiza za *top-10*, *top-20* i *top-50*

Poređenje	Impl – JPlag	Impl – Moss	JPlag – Moss	Broj parova
Top-10	0,70	0,81	0,65	14
Top-20	0,64	0,76	0,71	60
Top-50	0,10	0,31	0,27	94

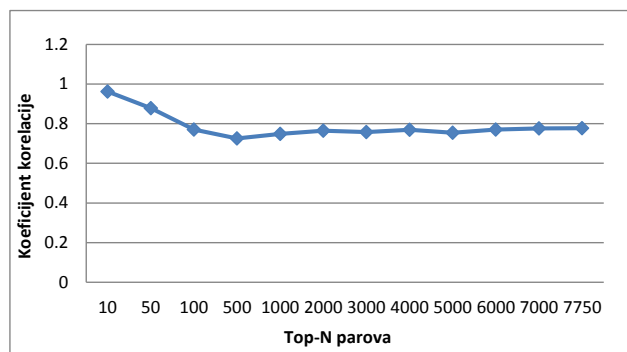
Rezultati korelacione analize u Tabeli 3 pokazuju da postoji značajna saglasnost rang lista koje su dobijene uzimanjem prvih 10 ili 20 sličnih parova za svaki od alata. To je razumljivo, jer jako slični, plagirani radovi dobijaju veliki procenat sličnosti od strane sva tri alata. Manuelnom inspekcijom je utvrđeno da su na ovim listama mahom parovi radova sa sličnošću većom od 40%, što empirijski ukazuje na plagijarizam. Međutim, širenjem liste na 50 sličnih parova za svaki od alata, primećuje se veliki broj parova sa bliskim, relativno niskim procentom sličnosti. Takve parove zbog implementacionih razlika alati drugačije rangiraju, pa stoga koeficijent korelacije značajno opada. Ukoliko međutim za korelaciju rezultata referentnog alata JPlag i realizovane implementacije koristimo korelaciju funkciju da bismo utvrdili saglasnost detektovanih stepena sličnosti za isti par, po formuli (4):

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

dobijamo visoke koeficijente korelacije između 0.96 i 0.72, u zavisnosti od toga koliko elemenata sa vrha rang liste sličnosti koristimo za poređenje (Slika 2).

Iz priloženog se vidi da su rezultati implementiranog sistema uglavnom slični sa rezultatima bar jednog od preostala dva sistema, a manje razlike postoje uglavnom zbog implementacionih odluka sprovedenih u prve tri faze sistema. U prvoj fazi, lekseru, ignorišu se makro definicije i blokovi asemblerskih naredbi. Kako su i

definicije makroa i asemblerske naredbe, iako mali, praktično obavezan deo projekta iz predmeta Operativni sistemi, oni se javljaju na više mesta u ulaznim fajlovima. U slučaju dužih definicija makroa ili blokova asemblerskih naredbi koji se preklapaju u fajlovima, ta preklapanja doprinose povećanju mere sličnosti. Sa druge strane kraće definicije makroa ili blokova asemblerskih naredbi koji se javljaju samo u jednom od fajlova, mogu dovesti do prekidanja sekvence preklapanja. Preostale preprocesorske direktive, od kojih se neke javljaju u fajlovima, u implementiranom sistemu se takođe ignorišu, dok ih i JPlag i Moss registruju.



Slika 2. Korelacija rezultata JPlag i referentnog alata

Još jedna od primećenih razlika u radu ovih sistema je i pristup članovima klasa. Implementirani sistem puna imena (*fully qualified name*) promenljivih tretira na isti način kao i promenljive prostih imena. Kao i u prethodnom slučaju, to kao posledicu može imati kako smanjenje, tako i povećanje mere sličnosti.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je implementiran sistem za detekciju sličnosti u programskom kodu zasnovan na GST i Karp Rabin algoritmima. Sistem je projektovan da bude modularan i lako proširiv, a dobijeni rezultati su uporedivi sa rezultatima koje daju popularni alati JPlag i Moss.

Dalja istraživanja će se odvijati u dva pravca. Jedan pravac se odnosi na poboljšanje efikasnosti implementiranih algoritama u smislu smanjivanja vremena izvršavanja i ukupne složenosti, gde su svih pet faza implementiranog alata pogodna za paralelizaciju na različitim nivoima. Drugi pravac istraživanja bi se odnosio na usavršavanje parsiranja i tokenizacije, kako bi se dobili što precizniji rezultati detekcije sličnosti.

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] Z. Đurić, D. Gašević, "A source code similarity system for plagiarism detection", *The Computer Journal*, Oxford Journals, 2012.
- [2] M. Mišić, Lj. Mitić, J. Protić, "Softverska detekcija sličnosti programskog koda kao mera za otkrivanje plagijata na ispitima", *XX TREND*, 2014.
- [3] M. Mišić, Z. Šuštran, J. Protić, "Pregled i primena sistema za otkrivanje plagijata u programskim zadacima studenata", *YUINFO 2015*, Kopaonik, 2015, pp. 473-478.
- [4] M. J. Wise, "String Similarity via Greedy String Tiling and Running Karp-Rabin Matching", Department of CS, University of Sydney, 1993.
- [5] J. W. Son, T. G. Noh, H. J. Song, S. B. Park, "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.
- [6] C. Liu, C. Chen, J. Han, P. S. Yu, "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.
- [7] JPlag, <http://jplag.ipd.kit.edu/>, pristupano 02.02.2016.
- [8] A. Aiken, Measure of software similarity (Moss), <http://theory.stanford.edu/~aiken/moss/>, pristupano 02.02.2016.
- [9] R. M. Karp, M. O. Rabin, "Efficient randomized pattern-matching algorithms", *IBM Journal of Research and Development*, vol. 31, issue 2, 1987., pp. 249-260.
- [10] S. Schleimer, D. S. Wilkerson, A. Aiken, "Winnowing: local algorithms for document fingerprinting", *ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 2003., pp. 76-85
- [11] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein, *Introduction to algorithms*, 2nd edition, Cambridge: MIT press, 2001.
- [12] L. Prechelt, G. Malpohl, M. Philippsen, "Finding plagiarisms among a set of programs with JPlag", *Journal of Universal Computer Science*, vol. 8, issue 11, 2002., pp. 1016.
- [13] L. Kraus, *Rešeni zadaci iz programskog jezika C++*, Akademska misao, Beograd, 2011.
- [14] K. Bowyer, L. Hall, "Experience Using MOSS to Detect Cheating On Programming Assignments", *29th IEEE Frontiers in Education Conference*, 1999. FIE'99, vol. 3, Tampa, USA, 1999, pp. 13B3-18.
- [15] J. Hage, P. Rademaker, N. van Vugt, "Plagiarism detection for Java: a tool comparison", *Computer Science Education Research Conference (CSERC '11)*, Open Universiteit, Heerlen, The Netherlands, pp. 33-46.

BRZINA UČITAVANJA WEB APLIKACIJE RAZVIJENE U ZEND MVC FRAMEWORKU

THE SPEED OF LOADING THE WEB APPLICATION DEVELOPED IN ZEND MVC FRAMEWORK

Zoran Veličković¹, Miloš Ćirić¹, Zoran Milivojević¹, Nataša Savić¹
Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš¹

Sadržaj – Brzina učitavanja Web aplikacija je jedan od osnovnih parametara koji utiče na pozitivno korisničko iskustvo. U ovom radu su komparirani rezultati brzine učitavanja Web aplikacije razvijene u Zend MVC framework-u i funkcionalno istovetne aplikacije razvijene standardnim PHP-om. Uz nešto sporije učitavanje Zend MVC aplikacije ostali benefiti dobijeni razvojem Web aplikacija u ovom framework-u opravdavaju njegovo korišćenje.

Abstract - The speed of loading the Web applications is one of the main parameters that influence on the positive user experience. This paper also compared the speed of loading the Web applications developed in Zend MVC framework and functionally identical applications developed by standard PHP. With a somewhat slower speed of loading Zend MVC applications other benefits resulting Web application development in this framework to justify its use.

1. UVOD

Ekstremno brz razvoj savremenih ICT tehnologija pred Web programere neprestano postavlja nove probleme i izazove. Jedan od izazova koji zahteva urgentno rešavanje je takozvani responziv (engl. *responsive*) dizajn Web aplikacija [1], [2]. Razlog ovome se može naći u samim Web korisnicima koji su posebno osetljivi na prezentaciju Web sadržaja i očekuju da on bude efektan i sa visokim nivoom interaktivnosti. Web stranice koje nivo interaktivnosti podižu na nivo desktop aplikacija, u Web žargonu, se nazivaju RIA (engl. *Rich Internet Application*) aplikacije [3], [4]. Realizacija visokog nivoa interaktivnosti je preduslov za kreiranju „on-line“ Web saržaja kojima se karakteriše Web 2.0 era [5]. Pored visokog nivoa interaktivnosti, savremene RIA aplikacije moraju da podrže korišćenje aplikacija kao što su VoD (engl. *Video on Demand*), VoIP [6] (engl. *Voice over Internet Protocol*) i Vidokonferencing (eng. *Videoconferencing*) za predstavljanje multimedijalnih sadržaja.

Programerski odgovori na pomenute izazove treba da budu brzi, atraktivni i efikasni. Izbor specijalizovanog razvojnog okruženja (engl. *framework*) je najčešće rešenje kome pribegavaju Web programeri kada se od njih zahteva brzi odgovor na postavljeni izazov [7]. Sve češće se pojedine kompanije specijalizuju za primenu odgovarajućih framework-ova u svojim aplikacijama.

Sa druge strane, Web aplikacije podrazumevaju podršku bazama podataka koje su neophodne u procesu autentifikacije korisnika kao i u realizaciji poslovne logike. Web korisnik ima pristup samo prezentacionom sloju podataka, tako da su njemu nedostupni procesi

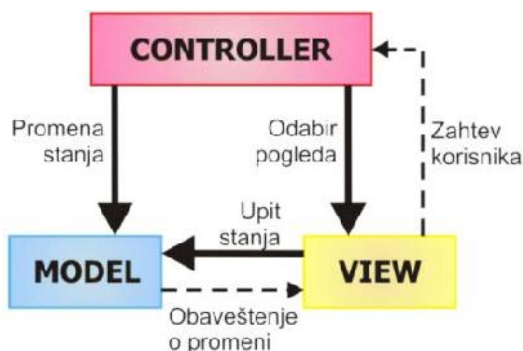
obrade, odnosno, modeli korišćenih podataka. Za pristup Web aplikacijama najčešće se koristi univerzalna klijentska aplikacija - Web čitač (engl. *Browsers*) koja može biti izvor najrazličitijih problema. Iako Web čitači spadaju u najkorišćenije klijentske aplikacije, uvek ih je pratio problem nekompatibilnosti prikazivanja Web sadržaja. Ovaj problem potiče od samih dizajnera Web čitača koji su se utrkivali u dodavanju novih oznaka u HTML (engl. *Hyper Text Markup language*). Pokušaj konačne standardizacije ovog jezika se odvija u njegovoj specifikaciji za verziju 5 [8]. Očekuje se da će problemi nekompatibilnosti izazvani različitim verzijama Web čitača otići u zaborav sa okončanjem specifikacije HTML-a u verziji 5.

Problem kako Web sadržaje adekvatno prikazati na heterogenim mobilnim platformama postaje sve izraženiji obzirom na činjenicu da je broj pristupa Web sadržajima posredstvom mobilnih uređaja postao dominantan [9]. Dizajn Web sadržaja kojima se istovremeno može efikasno pristupiti i na mobilnim i desktop verzijama Web čitača je samo jedan od novih izazova Web programerima. Na ovaj izazov programerska zajednica je odgovorila konceptom „*mobile first*“ koji podrazumeva da primarni dizajn Web stranice treba da bude mobilni [10]. Sva je prilika da ovaj koncept pojednostavljuje kasniji dizajn Web aplikacije za desktop, odnosno, tablet računare.

Još jedan odgovor programerske zajednice na postavljene izazove Web dizajna se nalazi u MVC (engl. *Model-View-Controller*) konceptu [11]. Ovaj koncept se zasniva na šablonu (engl. *pattern*) koji podržava razdvajanje korisničkog interfejsa od samog modela podataka. Jedan od benefita ove ideje je da izmena korisničkog interfejsa nema uticaja na model podataka i obratno. Drugi deo benefita je naravno da izmena same poslovne logike ne povlači za sobom potrebu izmene prezentacionog sloja aplikacije. Šta više, MVC koncept omogućava istovremeno postojanje više prezentacionih slojeva koji se selektuju u zavisnosti od karakteristika klijenskog terminala i Web čitača [1].

MVC šablon je široko prihvaćen u razvoju Web aplikacija u svim značajnijim programskim jezicima, a ime je dobio na osnovu tri komponente od kojih je sastavljen: Model, View i Controller [12]. Ova napredna tehnologija se može primeniti, kako za razvoj jednostavnih, tako, i vrlo složenih Web aplikacija. Model u MVC konceptu je potpuno odvojen od interfejsa i kontrolera, tako da se može razvijati nezavisno, a zatim spojiti u jedinstvenu Web aplikaciju.

Obzirom da MVC koncept podrazumeva prenos informacija iz jednog modula u drugi, može se očekivati nešto sporiji odziv Web aplikacije koja podržava ovu arhitekturu. Pomenuti benefiti će opravdati primenu MVC



Slika 1. Veza između Model-a, View-a i Controller-a u MVC-u

šablona samo ako je kašnjenje odziva aplikacije prihvatljivo (zanemarljivo) u poređenju sa klasičnom arhitekturom. Cilj ovog rada je da se odredi brzina učitavanja Web aplikacije razvijene u MVC Zend framework-u [12], [13], [14] i uporedi sa brzinom učitavanja Web aplikacije sa klasičnom arhitekturom.

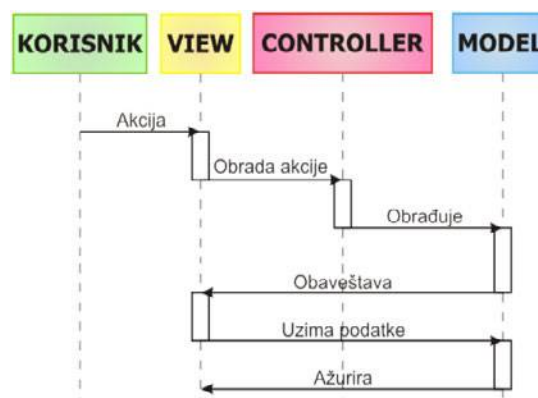
Ostatak rada je strukturiran na sledeći način. U drugom poglavlju je opisana arhitektura MVC aplikacija i prikazan je funkcionalni opis gradivnih blokova. U trećem poglavlju su prikazani neki od najpoznatijih PHP MVC framework-ova koji se danas koriste za razvoj Web aplikacija. Zend framework [15], [16] je "open source" objektno-orijentisano rešenje selektovano za izradu Web aplikacija u ovom radu. U četvrtom poglavlju su prikazani podaci o brzini učitavanja standardne Web aplikacije i Web aplikacije realizovane u Zend MVC framework-u. U petom poglavlju izvedeni su zaključci na osnovu dobijenih rezultata merenja i date su preporuke za korišćenje MVC arhitekture.

2. MVC ŠABLON ZA RAZVOJ WEB APLIKACIJE

Jasna podela Web aplikacija na klijentsku i serversku stranu, kao i segmentacija ovih delova iznedrila je nove šablone (engl. *patterns*) za njihov razvoj. Takođe, standardizacija funkcija Web aplikacija je značajno uticala na razvoj šablona koji sada pružaju mnogobrojne podrazumevane funkcije. Tako, savremeni šablona Web aplikacija pružaju podršku bazama podataka, autentifikaciju Web korisnika, šifrovanje poverljivih sadržaja kao i prilagodljivi (engl. *responsive*) dizajn.

Veoma je popularan MVC (engl. *Model-View-Controller*) šablon koji je podržan u svim savremenim framework-ovima. MVC šablon razdvaja aplikacionu logiku na tri komponente: Model, View i Controller [12], [14]. Svaka od ovih komponenti obavlja određene akcije i preuzima odgovornost za specifične zadatke [14]. Međusobni odnos komponenti u MVC šablonu prikazan je na sl. 1.

Model u MVC dizajnu predstavlja jezgro aplikacije. On se bavi podacima i ponašanjem aplikacije. Neke od metoda Model-a predstavljaju upite koji korisniku omogućavaju da dobije informacije o trenutnom stanju podataka. Pored toga, sadrži i metode koje omogućavaju da se stanje podataka promeni. Model takođe može da registruje View-e, i da ih „obavesti“ kad dođe do promene stanja.



Slika 2. Prenos podataka između komponenta MVC-a

View u MVC konceptu omogućava prikaz podataka korisniku i odgovoran je za izgled Web stranice, validaciju unosa, sortiranje i sl. On je potpuno izolovan od bilo kakve manipulacije podacima, tako da ne zavisi od promene logike aplikacije. Takođe, View obezbeđuje i interfejs za interakciju s modelom. S obzirom da u aplikaciji obično postoji više interfejsa, skoro uvek se govori o Views komponentama.

Controller u MVC konceptu definiše ponašanje aplikacije, tj. sprovodi poslovnu logiku aplikacije u kojoj je definisano kada, kako i pod kojim uslovima treba menjati stanje Model-a. Za Controller možemo reći i da je objekt koji upravlja View-ima. Uobičajena razmena podataka kod MVC-a je prikazana je na slici 2 i odvija se u sledećim koracima:

1. Proces obrade započinje nekom od akcija korisnika posredstvom korisničkog interfejsa.
2. Controller zatim obrađuje akciju na osnovu događaja sa korisničkog interfejsa.
3. Controller potom modifikuje stanje Model-a na osnovu korisničke akcije i ugrađene poslovne logike.
4. View koristi Model kako bi generisao odgovarajući prikaz podataka. View dobija podatke od Model-a.
5. Po završenom prikazu, korisnički interfejs čeka dalje instrukcije, čime se čitav proces vraća na početak.

3. ZEND MVC FRAMEWORK ZA RAZVOJ WEB APLIKACIJE

Pod framework-om se podrazumeva skup programskih kodova ili biblioteka koji pružaju funkcionalnost zajedničku za celu klasu problema [12]-[16]. Umesto da se uvek iznova piše kod za uobičajenu programsku logiku, može se iskoristiti framework koji omogućava zahtevanu funkcionalnost. Razvoj Web aplikacije u nekom framework-u drastično smanjuje vreme potrebno za kreiranje aplikacije uz smanjenje pojave programskih grešaka i sigurnosnih propusta.



Slika 3. Imena i logotipi najpopularnijih PHP framework-ova

Razvojna radna okruženja za Web su najčešće bazirana na MVC šablonu koji obezbeđuje razdvajanje modela podataka poslovne logike od korisničkog interfejsa. Radna okruženja su razvijena za većinu poznatih programskih i skript jezika. Tokom svog razvoja, PHP je postao jedan od najkorišćenijih programskih jezika za skriptovanje na strani servera. Ovo je naravno imalo za posledicu razvoj velikog broja PHP framework-ova. Danas postoje mnogo dostupnih PHP framework-ova koji imaju svoje specifičnosti u pogledu karakteristika, podrške, brzine i skalabilnosti. Imena i logotipi najpopularnijih PHP framework-ova koji se danas često koriste su prikazani na sl. 3. U nastavku je prikazan Zend MVC framework koji je korišćen za razvoj Web aplikacije u ovom radu. Zend framework je softver otvorenog koda koji je objektno orjentisan i namenjen za izradu Web aplikacija na programskom jeziku PHP u verziji 5. Zend framework je razvijen da pospeši brži razvoj Web aplikacija, kao i da olakša njihovo održavanje. Zend MVC framework se isporučuje u paketu kao kolekcija velikog broja programskih komponenti grupisanih u module koji znatno olakšavaju razvoj Web aplikacija i Web servisa.

Arhitektura Zend framework-a je bazirana na razvojnom šablonu MVC-a. Ovaj framework nudi implementaciju visoke funkcionalnosti, apstraktni sloj za rad sa bazama podataka, implementaciju prikaza HTML stranica, validaciju i filtriranje korisničkog unosa. Neke od dodatnih komponenti kao što su *Zend_Auth* i *Zend_Acl* omogućavaju autorizaciju i autentifikaciju korisnika prilikom pristupa nekom resursu [16]. Tipična Web aplikacija u Zend framework-u je organizovana u nekoliko osnovnih direktorijuma koji pripadaju različitim delovima aplikacije. Nakon kreiranja Zend MVC projekta kreiraju se sledeći folderi:

- *application*, predstavlja folder u kome se nalazi kod aplikacije. Takođe, pored koda aplikacije može se naći fajl pod nazivom *Bootstrap.php* koji je odgovoran za inicijalizaciju projekta;
- *docs*, predstavlja folder u kome se postavlja dokumentacija za aplikaciju koja se razvija;
- *library*, sadrži pomoćne biblioteke koje se koriste u aplikaciji;

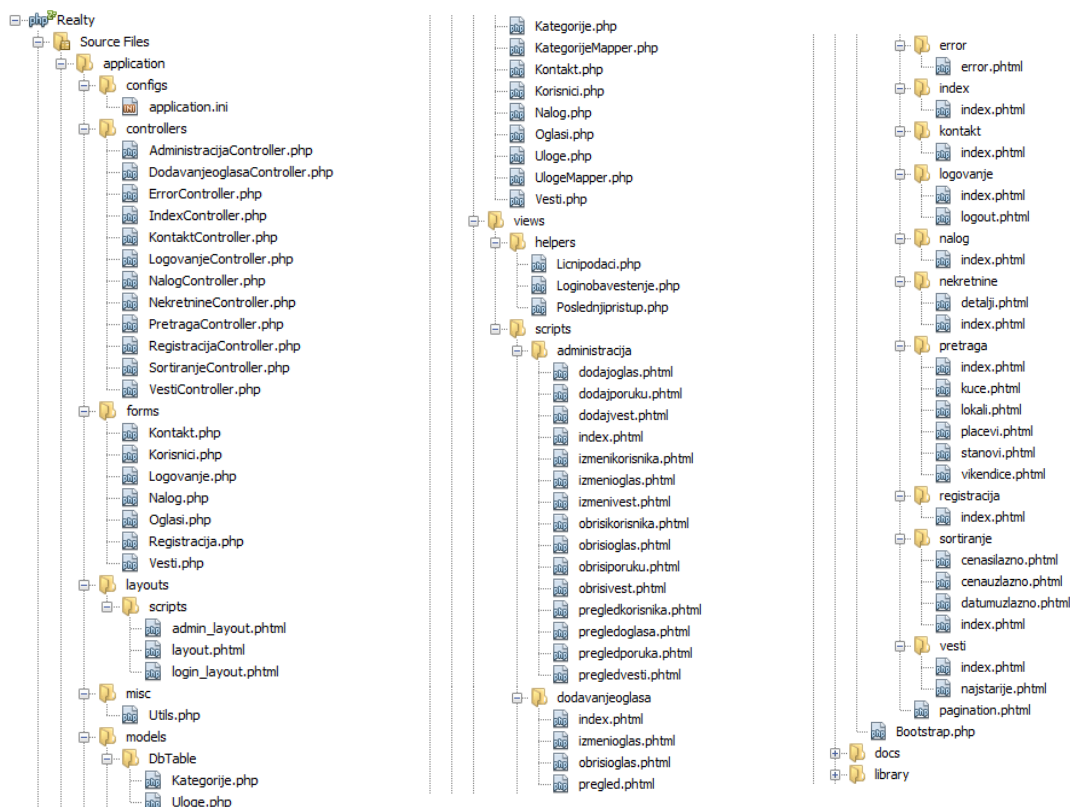
- *public*, sadrži fajlove koji se ne obrađuju od strane glavnog kontrolera (CSS, slike, JavaScript kod itd.), i sadrži i fajl *index.php* koji predstavlja glavni kontroler koji vrši obradu korisničkih zahteva. U fajlu *.htaccess* iz ovog foldera se nalaze naredbe koje obavljaju redirekciju svih zahteva ka glavnom kontroleru;
- *test*, predstavlja direktorijum koji sadrži kod za testiranje aplikacije;
- *.zfproject.xml*, predstavlja XML fajl u kome se nalaze sve evidentirane promene koje je napravila *zf* komanda.

Već je napomenuto da je osnovna namena Modela u okviru MVC-a komuniciranje sa bazom podataka. Realizacija Modela iz MVC arhitekture se može obaviti na dva načina. *ActiveRecord* obezbeđuje direktnu komunikaciju sa tabelama, dok *DataMapper* koristi poseban programski sloj za komunikaciju entiteta iz programskog koda sa entitetom iz baze podataka [12].

View komponenta iz MVC arhitekture se realizuje kombinacijom PHP programskog koda i HTML-a. Fajl sa navedenom kombinacijom koda se smešta u folder *application/views/scripts*. U okviru navedenog foldera prave se i dodatni folderi zasnovani na imenima kontrolera. U ovako kreiranim folderima smeštaju se fajlovi sa ekstenzijom *.phtml* čija imena odgovaraju imenima akcija u okviru tekućeg kontrolera. Tako na primer za kontrolere *index* i *error* postoje direktorijumi *index/* i *error/* sa fajlovima *index/index.phtml* i *error/error.phtml*. Kontroleri realizovani u Zend MVC-u predstavljaju klase izvedene iz *Zend_Controller_Action* klase (sl. 4). Metode u ovim klasama koje predstavljaju kontrolere se obavezno završavaju rečju „*Action*“ [5]. Željena akcija se poziva na osnovu podataka iz URL-u (engl. *Uniform Resource Locator*) gde je već definisan kontroler i akcija (metoda) unutar njega. URL-ovi u MVC-u imaju sledeću strukturu */controller/action*, gde je *controller* ime klase, a *action* je ime metode, ovog puta bez sufiksa „*Action*“. Već je pomenuto, svaka MVC aplikacija poseduje podrazumevani „*index*“ i „*error*“ kontroler (namenjen obradi grešaka). Glavni kontroler u svakoj aplikaciji realizovanoj putem Zend MVC framework-a je *Front Controller* čiji je zadatak da obradi podatke iz URL-a. Na slici 4. prikazan je podrazumevani „*index*“ kontroler [16].

```
class IndexController extends
Zend_Controller_Action
{
    public function init()
    {
        /* Initialize action controller here */
    }
    public function indexAction()
    {
        // action body
    }
}
```

Slika 4. Izvorni kod podrazumevanog „*index*“ kontrolera koji generiše Zend MVC framework

Slika 5. Struktura Zend MVC Web aplikacije *Realty* u NetBeans integrisanom razvojnom okruženju

Osnovna pravila za realizaciju Zend MVC kontrolera su:

- Svako ime kontrolera mora početi velikim slovom i predstavlja klasu koja mora imati sledeći format imena *Ime_kontroleraController*. Tako kreirana klasa izvodi se iz klase *Zend_Controller_Action* (sl. 4);
- Ime fajla u kome se nalazi klasa mora u potpunosti odgovarati imenu klase i mora imati ekstenziju *.php* (*Ime_kontroleraController.php*).

Svaki MVC kontroler se sastoji od akcija, odnosno, metoda koje su definisane u okviru njega. Sve metode koje predstavljaju akcije moraju da poštuju pravila imenovanja akcije:

- Ime akcije mora početi malim slovom.
- Format: *ime_akcijeAction*.

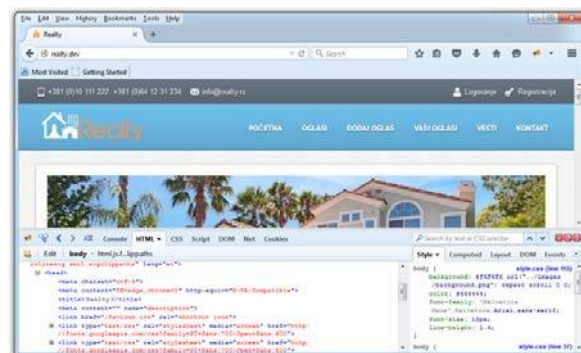
Prilikom kreiranja akcije podrazumevano se kreira i fajl *ime_akcije.phtml* u okviru foldera *application/views/script/naziv_kontrolera/ime_akcije.phtml* koji je zadužen za prikazivanje podataka iz odabrane akcije.

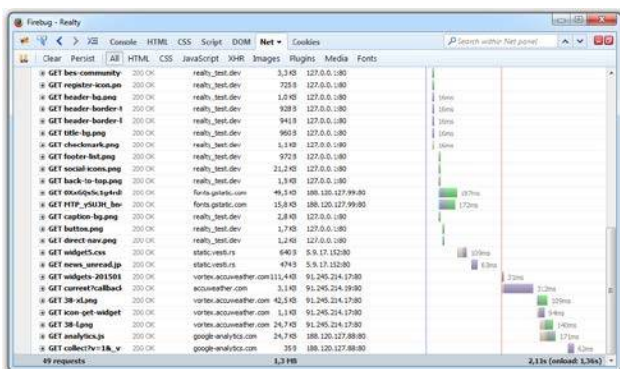
5. BRZINA UČITAVANJA WEB APLIKACIJA

Kompleksnost savremenih Web aplikacija se ogleda u tome što one treba da integrišu klijentski i serverski deo aplikacije i da funkcionišu kao celina. Ovo je razlog zbog koga je evaluacija i merenje parametara učitavanja Web aplikacija veoma složen zadatak. Da merenje parametara Web aplikacija bude još izazovnije doprinosi činjenica da se komunikacija između klijentskog i serverskog dela često odvija putem posrednika [17]. Performanse Web

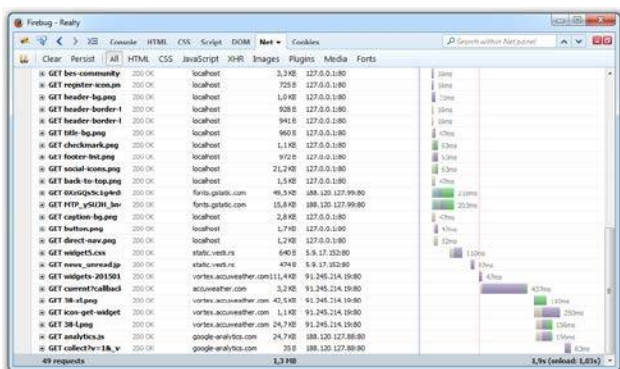
aplikacije mogu varirati u funkciji trenutnih mrežnih prilika, tehničkih karakteristika klijenta i tipa aplikacije.

Za potrebe testiranja brzine odziva Web aplikacije razvijene u Zend MVC framework-u kreirana je Web aplikacija „*Realty*“. Struktura foldera ove aplikacije u integrisanom razvojnom okruženju NetBeans-a je prikazana na slici 5. *Realty* je Web aplikacija namenjena pretraživanju i prodaji nekretnina. Brzina učitavanja „*Realty*“ aplikacija je poređena sa brzinom učitavanja funkcionalno ekvivalentne Web aplikacije kreirane u PHP-u na standardni način (Std PHP). Za analizu parametara Web aplikacije korišćen je alat otvorenog koda *Firebug* [18] kao dodatak Web čitaču *Firefox*. *Firebug* se može koristiti kako za obavljanje testova efikasnosti tako i merenja performansi Web aplikacija. Na sl. 6 je prikazan *Firebug* stranica dobijena prilikom testiranja Zend MVC Web aplikacije *Realty* u *Firefox* Web čitaču.

Slika 6. Izgled *Firebug* stranice u *Firefox* Web čitaču



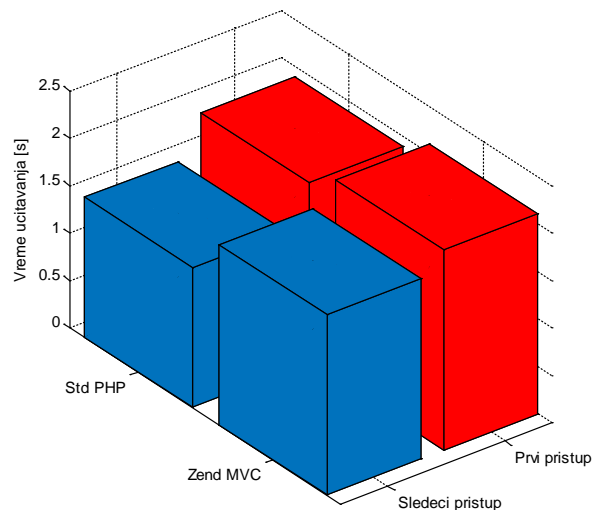
Slika 7. Net panel Firebug-a za početnu stranicu *Realty* Web aplikacije razvijene u Zend MVC-u framework-u



Slika 8. Net panel Firebug-a za početnu stranicu *Realty* Web aplikacije razvijene u standardnom PHP-u

Od svih panela kojima Firebug raspolaže, za testiranje Web aplikacija korišćen je *Net* panel. Ovaj panel omogućava da se prati struktura HTTP zahteva, vreme odziva HTTP zahteva, korišćenje keša Web čitača kao i vreme učitavanje Web stranice. Za ovaj rad je interesantan upravo ovaj podatak o vremenu učitavanja Web stranice koji se smatra ključnim faktorom za brzinu odziva Web aplikacije. Na sl. 7 je prikazan Net panel dobijen primenom Firebug alata u slučaju pristupa *Realty* Web aplikaciji realizovanoj u Zend MVC framework-u. Na sl. 8 je prikazan Net panel koji je dobijen primenom Firebug alata u slučaju pristupa *Realty* Web aplikaciji realizovanoj standardnim PHP kodom (Std PHP). Sa sl. 7 i 8 može se uočiti različito vreme potrebno za učitavanje pojedinih objekata Web stranice za aplikaciju razvijenu u MVC framework-u, odnosno, za aplikaciju razvijenu standardnim PHP kodom (Std PHP). Zbir vremena učitavanja svih objekata na stranici predstavlja vreme učitavanja Web stranice.

Na sl. 9 prikazana su vremena učitavanja obeju Web aplikacija za prvi i svaki sledeći pristup. Sa grafika na sl. 9 se jasno može uočiti da je za stranicu izrađenu u Zend MVC framework-u vreme odziva 2.11 s (prednji plan - plavi stubac), dok je kod strane izrađene bez upotrebe framework-a (Std PHP verzija) ovo vreme odziva iznosilo 1.9 s (zadnji plan crveni stubac). Iz prezentiranih podataka jasno se može zaključiti da je brzina učitavanja Zend MVC Web aplikacije za oko 10% niža u odnosu na Web aplikaciju realizovanu standardnim PHP kodom (Std PHP). Kada se naredni put pristupi ovim Web stranicama, zbog keširanja većine Web komponenti,



Slika 9. Vreme učitavanja index stranice Web aplikacije *Relty* prilikom prve, odnosno, svake sledeće posete za Zend MVC i Std PHP verziju

brzina učitavanja obeju verzija Web aplikacija se povećava. Vremena odziva u ovom slučaju su takođe prikazana na sl. 9, tako da se može uočiti da vreme učitavanja Zend MVC index stranice iznosi 1.89 s (prednji plan plavi stubac desno), dok je vreme učitavanja druge Std PHP verzije stranice 1.47 s (prednji plan plavi stubac levo). Brzina odgovora se u ovom slučaju kod Zend MVC stranice povećala za 10%, odnosno, preko 20% za drugu Std PHP verziju stranice.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj savremenih Web aplikacija je kompleksan i veoma zahtevan proces. Za izradu Web aplikacija visokih performansi zahteva se korišćenje specijalizovanih alata za njihovo kreiranje. U ovom radu je korišćen Zend framework – specijalizovano PHP razvojno okruženje zasnovano na MVC konceptu. Komparirani su rezultati brzine učitavanja *Realty* Web aplikacije razvijene u Zend MVC framework-u i funkcionalno istovetne aplikacije razvijene standardnim PHP-om. Brzina učitavanja Web aplikacije je jedan od osnovnih parametara koje utiče na pozitivno korisničko iskustvo QoE (engl. *Quality of Experience*). Merenje brzine odziva testiranih aplikacija je obavljeno Firebug dodatkom Web čitaču Firefox. Dobijeni rezultati ukazuju da je brzina učitavanja Zend MVC aplikacije nešto niža. Ovo je jedan od osnovnih nedostataka koji se mogu pripisati razvoju aplikacije u ovom framework-u. Struktura Zend MVC aplikacije je složena i nije pogodna za realizaciju manjih projekata jer može dovesti do snižavanja performansi.

Sa druge strane, dobijeni benefiti u prvom redu se odnose na realizaciju ponovno upotrebljivog koda kao i razdvajanje poslovne logike od prezentacionog sloja. Već razvijene osnovne klase u Zend MVC okruženju znatno pojednostavljaju razvoj, testiranje i održavanje aplikacije. Veoma su korisne klase razvijene za validaciju unosa, što je vrlo često izvor velikih problema u radu Web aplikacija. U radu je pokazano da se u Zend MVC

framework-u mogu kreirati atraktivne RIA Web aplikacije prilagodljivog dizajna. Stalno ažuriranje Zend MVC framework-a obezbeđuje dnevnu ažurnost i primenu najnovijih programerskih ideja i koncepata. Pored ubrzavanja razvoja Web aplikacija visokih performansi, Zend framework doprinosi smanjenju bezbedonosnih rizika i sigurnosnih propusta kreirane aplikacije. Dakle, Zend framework predstavlja odličan izbor za kreiranje složenih a istovremeno atraktivnih Web aplikacija.

LITERATURA

- [1] J. Fielding, *Beginning Responsive Web Design with HTML5 and CSS3*, Apress, 2014.
- [2] Z. Veličković, M. Jevtović, „Adaptacija izgleda Web stranice uslovljena klijenskim specifičnostima u ASP .NET MVC 4 okruženju“, Infoteh 2014, Informacione tehnologije, Žabljak, 2014.
- [3] C. Loosley, “Rich Internet Applications: Design, Measurement, and Management Challenges”, Technical report, Keynote Systems, 2006. <http://www.keynote.com/resources/white-papers/applications-design-measurement-management-challenges>.
- [4] G. Toffetti, S. Comai, J. C. Preciado, M. Linaje, „State-of-the Art and trends in the Systematic Development of Rich Internet Applications“, Journal of Web Engineering, Vol. 10, No.1 (2011), pp. 70-86.
- [5] P. Deitel, H. Deitel, AJAX, Rich Internet Applications and Web Development for Programmers, Deitel, 2008.
- [6] J. Jocić, Z. Veličković, „Measurement of QoS Parameters VoIP Codecs as a Function of the Level of Network Traffic“, ICIST 2015, pp. 422- 426, Kopaonik 2015.
- [7] <http://www.hongkiat.com/blog/best-php-frameworks/>
- [8] W3C Recommendation, „A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML“, Oktobar 2014.
- [9] D. Bosomworth, „Mobile Marketing Statistics compilation“, <http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/>
- [10] L. Wroblewski, *Mobile first*, Jeffrey Zeldman, 2011.
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-controller>, septembar 2015.
- [12] C. Supaartagorn, „PHP framework for database management based on MVC pattern“, International Journal of Computer Science & Information Technology, IJCSIT, Vol 3, No 2, April 2011.
- [13] A.Padilla, *Beginning Zend Framework*, New York: Apress, 2009.
- [14] V.Vaswani, *Zend Framework: A Beginner's Guide*, New York: The McGraw-Hill Companies, 2010.
- [15] R.Allen, N.Lo, S.Brown, *Zend Framework in Action*, Greenwich, Connecticut: Manning Publications, 2009.
- [16] <http://framework.zend.com/manual/1.12/en/manual.html>
- [17] Z. Veličković, A. Radović, “Analiza performansi ajax aplikacije u funkciji formata razmene podataka”, pp. 163-167, YUInfo '15, Kopaonik 2015.
- [18] <https://getfirebug.com/wiki/index.php>

COMBINATION OF LEAN KANBAN PRINCIPLES AND SCRUM

Slobodan Morača¹, Nela Cvetković², Angela Fajsi³, Miloš Jovanović⁴

Department of Industrial Management and Engineering, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

Abstract – Combination of Kanban principles and Scrum is becoming more popular day by day. Believing that Kanban can provide the smoother and continuous flow, greater transparency, more productive and improved team and more effective collaboration are main motivational factors for integration of Kanban with Scrum. However, although benefits appear to be of great value, there are challenges organizations and teams have difficulties overpassing- lack of knowledge and experience in the field of Kanban and possibilities related to the combination of Agile and Lean, unprepared organizational environment and generally, lack of researches and literature on this topic. Considering that, the aim of this paper is to provide one hybrid of Scrum and Kanban practices for effective and improved software development.

1. INTRODUCTION

There is constant need for improvement and adaption of IT project management methodologies and frameworks in order to successfully manage the project constraints and overpass disruptive factors. However, it is noticed that with every new methodology or modified one, despite that certain challenges are being overcome, the other obstacles occur, again requesting the new modifications and proving that every manner of developing software can always be improved. Thus, as a response to so-called “heavyweight” or traditional methodologies, which were said to entail extensive planning, up-front analyses and design [1], to be robust, bureaucratic, process-centric [2], to assume the team has almost complete and perfect information about project requirements, causing changes not to be encouraged and extremely expensive [3] etc., Agile methods have been introduced to software development.

Agile methodologies have proved to be adequate and useful when it comes to the greatly important preconditions for successful projects: ability to respond and react to the changing needs of customers and to reduce delivery time [4]. Furthermore, these methodologies help avoid robust documentation, encourage personal communication, attach legitimate importance to the stakeholders and allow them to affirm their requirements through constant verifications during the project implementation period. Nevertheless, it cannot be claimed that Agile methods are providing all the needed solutions and benefits without expressing few not so strong points. The time-boxed processes [5], exhausting work scheduling, and non-applicability on large-scale projects, represent their most important demerits, causing the constant pressure on team to finish its sprint work on time in any circumstances, push system and, in some cases, wrong effort estimations and time waste.

Next approach that has drawn attention as suitable for addressing these factors was Lean approach as new wave in software development [4]. After proving to be very

successful in manufacturing industry, certain principles of Lean approach have been applied to software development for continuous agile process improvement [5]. Software developers have recognized various advantages of Lean approach, among which the most significant are: optimization of process flow, ability to deliver value to the customer more efficiently by finding and eliminating waste [4] and pull system. Lean approach that so far has been introduced in software development is Kanban.

Kanban is seen as a continuous, flow-based substitute to time-boxed agile processes [5]. It is often combined with Scrum Agile methodology, as such being called – Scrumban. Scrumban implies the agility especially distinctive for Scrum and tendency to constant process improvement characteristic for Kanban. While Scrum model enables development teams to upgrade self-organization, collaboration, efficiency and work in small teams, Lean approach such as Kanban can emphasize those benefits through constant improvement [6].

Despite the increase of interest in Kanban, and generally, Lean approach in software engineering, there is still lack of literature or real case studies on this topic. Additionally, combining principles from two different approaches, even if they have certain similarities, requires deep understanding of both of them and profound knowledge on these topics. Finally, replicating Kanban principles from manufacturing to software development brings some difficulties. Kanban principles in manufacturing refer to managing and handling production pieces, “physical” and tangible items, while the software development process includes non tangible items and the main focus is on how to manage human resources and their efforts. Regarding that, the goal of this paper is to present our perspective on Scrumban and on combination of Kanban and Scrum practices for improved software development process, providing the proposed effective hybrid of Kanban and Scrum.

2. LEAN AND SOFTWARE DEVELOPMENT

Recently the agile community has started to look toward Lean software development approaches [4], assaying the usage and benefits of Lean principles known for manufacturing and production industry on software development process. According to [7], there are claims that Lean software development provides the theory behind agile practices [5]. While some see Lean software development as an instance of agile methods [8], others claim that Lean software development is rather a method category in itself [9]. We hold on opinion that, although Agile and Lean share certain foundations and principles, Lean has its own specific features not represented in Agile approach and not supported by it. While Agile tends to execute tasks within short time frames, keep customer involved throughout the whole project and accept and make changes quickly, Lean approach is about reducing

waste and improving efficiency and the workflow. Therefore we see Lean as next generation of software development approach. Anyhow, Lean and Agile have proved to give desirable results as integrated. From case to case, there are different motives for implementation of Lean approach in software development, in most cases Kanban Lean approach. Since, on the one hand, many large companies using Lean techniques in their manufacturing operations have found it beneficial in many aspects, and on the other hand, have recognized software used in their company to be the substantial part of their products and business, they are seeking to transfer their successful lean experience to the software developers [10]. Certain organizations using Agile methods (of which the most dominant is still Scrum (56%), according to the last State of Agile Annual Survey [11]) have been encountering a problem when it comes to applying Agile methods at scale. Organizations having trouble connecting the work of large-scale projects using only Agile techniques are identifying probable solutions in Lean principles. The main expected benefits of Lean development are improved efficiency in eliminating waste (including by that elimination of everything that is not creating value) and increased efficiency in delivering value to the customers [4]. Additionally, pull system characteristic for Lean approach has proved to be essential for process flow optimization, where system can act as event-driven, producing and delivering what customer wants and where he wants, instead of producing in advance for inventory. Related to that, "as the main overall goal of Lean development, can be identified achievement of continuous and smooth flow of production with maximum flexibility and minimum waste in the process" [12].

Poppendieck & Poppendieck explain that 8 wastes of Lean in manufacturing (transport, inventory, motion, waiting, overproduction, over processing, defects, skills) can be also identified in software engineering, where there can be defined as "extra features, waiting, task switching, extra process, partially done work, movement, defects and unused employee creativity" [5], [7]. Furthermore, the authors [7] have adjusted lean principles into lean principles relevant to the software development:

- Eliminate waste;
- Build quality in;
- Create knowledge;
- Defer commitment;
- Deliver fast;
- Respect people;
- Optimize the whole.
- Limited WIP;
- Value stream mapping, etc.

One of the most popular instances of Lean approach is Kanban for which it is considered to offer a less prescriptive element as compared to Agile methods [9], [15].

3. SCRUMBAN IN NUTSHELL

Scrumban represents the combination of Scrum methodology and Kanban principles and their features. There are two approaches: applying Scrum to Kanban where process is more inclined towards Kanban and applying Kanban to Scrum where process is more inclined towards Scrum. Choosing upon one of these options depends on needs and preferences of organizations according to which they adjust certain principles of Kanban and Scrum.

Scrumban implies the agility especially distinctive for Scrum and tendency for constant process improvement characteristic for Kanban. On the one hand, Scrum model enables development teams to upgrade self-organization, collaboration, efficiency and work in small teams, while Lean approach such as Kanban can emphasize those benefits through constant improvement [6]. As complementary methods, Scrum provides the framework for iterative and incremental development and Kanban provides the visibility of the workflow and fast identification of bottlenecks [15], ensuring optimized work flow. The significant fact is that in the last 5-6 years Kanban has been applied to software engineering and is becoming the key Lean practice in this field [4]. According to [11] the Kanban is on the fifth place when it comes to the usage of Agile methodologies (5%).

There are different Kanban and Scrum practices that can be combined in order to increase the productivity and effectiveness of software development process and development teams, where decision on specific practices depends on the needs of organization and relevant project team. In this paper there will be presented one possible hybrid of Scrum and Kanban which we have found useful and beneficial for software development process.

3.1.Motivation for Scrumban

There are different opinions why Agile community has turned to Lean Kanban principles and started introducing them to software development independently or in integration with Scrum. For instance, there are practitioners tending to continuously improve their processes, experimenting with different practices which have resulted with introduction of Scrumban. Some Scrum teams seek for improvement of their scale or capability. Usually, Scrum is seen as pull-based methodology. However, there were also cases of practitioners who have been considering Scrum as push-based method and who have recognized Scrumban to be pull-based one and possible solution. Furthermore, the optimization and facilitated planning of product backlog during the planning meeting and generally, the work the Scrum team is committed to, requires a lot of time and efforts, while Kanban practice involved in Scrumban implies continually grooming the backlog [16]. In brief, the main motivational factors for adoption of Kanban principles in agile software development and their integration with Scrum are [17]:

- Improvement of team communication;
- Improvement of development flow;
- Reduced lead time;

- Increased productivity;
- Better transparency in organization and of work;
- Better control of flow; focus on flow and absence of fixed iterations.

During their research [17] the authors have also identify the main issues regarding the introduction of Kanban principles in software engineering. The main challenge is to overpass the lack of knowledge and experience related to this topic, where trainings and professional help can be very useful. Secondly, the organizational culture and unpreparedness for changes represent the significant obstacle [17]. What we see as important regarding this topic is the incomplete understanding of Kanban philosophy which leads to the incompetence for their implementation in any area or industry.

3.2. Taking the best of Kanban

In software development, the main focus of Kanban is “to accurately state what work needs to be done and when it needs to be done, by prioritizing tasks and defining workflow as well as lead-time to delivery”[18]. That means Kanban represents certain flow control mechanism for pull driven development. In brief, Kanban aims to provide visibility to the software development process, communicate priorities and highlight bottlenecks [16] which results in a constant flow of releasing work items to the customers, as the developers focus only on those few items at a given time [17]. Regarding that, Kanban systems in software development have special significance from the aspect of scheduling work. Related, Kanban systems bring differences compared to Scrum methodology. They are focusing on continuous flow of work and disregard fixed iterations. Kanban, as in the case of Scrum and other Agile methodologies, sets the requirements and related work items and implements them incrementally. However, instead of time-boxed iterations represented in Scrum, the Kanban team chooses those work items and starts working on them when that is needed and there is capacity. The team develops features one after the other and as soon as it is ready, the team works only on one or very few at a time [3]. In other words, the Kanban in the context of software development allows to the team to visualize the workflow, limit WIP at each workflow stage, not only on the whole sprint-level and measure the cycle time [19].

Kanban as approach in software development has certain practices and principles which are usually combined with Scrum. However, every organization chooses to combine different principles of Kanban and different manifestations of Scrum, depending on their needs and expected results. Basic Kanban principles, that are at the same time the most often used in combination with Scrum are [16]:

- Limit work in progress;
- Visualize the workflow;
- Measure and manage flow;
- Make process policies explicit;
- Improve collaboratively.

Limiting work in progress: This principle may be specified as one of the most valuable principles of Kanban approach in software development and it is closely connected to the idea of pull systems. It focuses on limiting work in progress according to capacity. This principle secures that work cannot be started until there is an available appropriate resource, characterizing the mechanism as a pull system, “since the work is pulled into the process rather than pushed via a schedule” [18]. Correctly defined WIP limit ensures there will not be overloads and that sustainable pace of development will take place. It quickly brings to light issues that impair performance: “when work cannot move forward because the WIP limit has been reached in the next state, it makes the current constraint on the system highly visible, thus forcing the team not to take more work until the problem with the constraint is fixed” [6]. The goals limiting WIP is accomplishing are: acceleration of value by completing higher value before starting lower value work [18] reduced lead time [6], decreased number of analyzed tasks which stayed too long in the implementation stage [20] and continuous and “smooth” flow [21].

Visualization of the workflow: The visual representation of the work is critical to Kanban success, since it provides immediate understanding of the state of flow through the set of process activities [18]. This way the occurred process delays or resource issues are highlighted and visible, enabling the team to react immediately in order to resolve the problem. In order to enable the visualization work items are presented on a Kanban board serving as a visual control mechanism. The workflow through various stages of development process is indicated. Various stages are represented by columns on the board and items are represented with cards. As work progresses through the development lifecycle, the cards move from first column on the left side towards the last column on the right side. Related to the pull system characteristic for Kanban, when a card is completed in one column, it moves to the next, that way creating an open space in its current column and allowing to the team to pull a completed card from a previous column [6]. Due to the existence of columns, i.e. queues, the costs of possible delays or other unpredictable and usually invisible aspects of scheduling become integral inputs to decision making [18].

Measure and manage flow: This principle points out the necessity of measuring the flow by the team, in order to monitor the whole development process, occurred impacts, positive or negative. Furthermore, the measurement of lead-time and constant adjustment of the whole flow, in order to be as short as possible with aim to reduce or eliminate waste, makes the important aspect of this principle. For this, different tools and techniques are being used, such as Cumulative Flow Diagram (CFD), Control Chart, etc.

Make process policies explicit: Explicit work policies improve the collaboration inside and outside the team, by guiding their actions in certain recurring situations when team members are not supposed to decide on their own upon the further steps to be made. Making process policies explicit, the team will be empowered to handle

decision with ease. Some authors [6] refer to this principle as the principle of “setting the ground rules”, implying to the establishment of the common rules related to the use of the Kanban board, treatment of bugs, unexpected critical work requests, etc.

Improve collaboratively: It is needed that teams collectively discuss and reflect the workflow in order to recommend actions leading to the process improvement. In this purpose models and scientific methods are being used.

Often, alongside with the previous practices, additional principles that can enhance the beneficial results and contribute to the efficient integration of Lean and Agile are [2]:

- Pulling value through the development process-referring to the implementation of pull system;
- Increasing throughput;
- Using a fixed backlog;
- Embedding quality.

3.3. Taking the best of Scrum

Scrum represents iterative and incremental methodology that consists of Scrum teams, events, artifacts and rules.

Scrum team: In Scrum, the main roles are Product Owner, Scrum Master and development team that are self-organized and cross functional. The team delivers products within every iteration- incrementally, maximizing the feedback they receive [3]. While Product Owner manages backlog and ensures every team member understands the PBIs and goals, Scrum Master communicates with team in order to make sure the Scrum principles and practices are being followed and respected.

Scrum Events: One of the most important characteristics of Scrum is time-boxed iteration. Within these fixed sprints, team’s effort is resulting with functional part of final product. During sprint, which usually takes between 2 and 4 weeks, the development goals and team should not be changed. However, the project scope can be modified as needed by the Product Owner and team, or in some cases, sprints can be canceled [3]. In order to plan the sprint, its goals and functionalities to be delivered, Sprint Planning Meetings take place, before every Sprint. Furthermore, Scrum includes Daily Scrum Meetings where team members during 15 minutes of briefing update on progress or possible difficulties they are encountering. Following, at the end of each sprint, team members discuss what has been done within that iteration and demonstrate a product to Product Owner and, possibly, to the customer. This event is called Sprint Review Meeting. Finally, during the Sprint Retrospective Meeting, which occurs after one sprint is done and before the next one takes place, team discusses on what has been done in a good way and what could be improved for the next iteration.

Scrum artifacts: Product Backlog and Sprint Backlog represent Scrum artifacts. The purpose of Product Backlog is to provide with the list of requirements, functions or possible changes assigned for the whole product. It shows the product and its future characteristics. The Product Owner is responsible for creation and management of that list. Furthermore, Product Owner must ensure everyone understands what Product Backlog is showing. What is important is that backlog is adjustable during the project and it evolves whenever progress in the project is made [3]. Sprint Backlog represents the list of items from the Product Backlog that are assigned for the specific sprint. Team understands the functionalities in the Sprint backlog and knows the effort needed and what work needs to be done in that sprint in order to deliver these functionalities.

4. PROPOSED HYBRID OF KANBAN AND SCRUM

Presented Scrum and Kanban principles and practices represent the most used practices in software development process. However, each team has opportunity to decide on which of these will be used in order to combine Kanban and Scrum in the way suitable for their requirements. Following, there is explained one approach to get the most of both methods and their chosen features and advantages, representing the Scrumban methodology with its proposed practices:

- Visualize the workflow,
- Pull work,
- Change work scope using „ready“ backlog or within the next sprint,
- Limit work in progress,
- Use cycle or lead time,
- Use Scrum ceremonies.

Visualize the workflow: Although this is primarily Kanban principle, Scrum teams are also often using white boards and notes representing PBIs in order to track the progress of the development process in more modest way. Hence, this principle is first principle corresponding to Scrumban model. On that board, different phases of development process their Product Backlog Items (PBIs) or stories go through are shown. The difference is that in Scrum, teams are visualizing the work flow related to one sprint, while in Scrumban the idea is to visualize the flow of work also in and out of the sprint. On that board, PBIs are moved starting from “backlog” phase on the left sides towards the “done” phase on the right side. This visualization helps team and other stakeholders to track the progress, to know who is responsible for what task, what is the progress state and to react immediately in case of bottlenecks. What needs to be changed in order to get the real Kanban board is to mark on the board how much PBIs are allowed in each of the stages presented, and desirably, the decomposed tasks under each work piece. Limiting PBIs per phase corresponds to WIP principle which will be presented with more details.

Pull work: In Scrum, at the beginning of one sprint, the complete work required to be accomplished is assigned. Work items are pushed to the next step in the process when the item is successfully finished in current phase. In Kanban, there are no sprints, but backlog queues which can be updated when needed and from where the work items are being taken when there is capacity for their termination. Mostly, Scrumban implies the Kanban principle where time-boxed iteration does not exist and where work items are organized in backlog queue and event-based prioritized. As soon as some team member is available, individual is taking one of these tasks. The same way the work is pulled from the initial backlog, work items are also pulled from one stage to another when there is capacity to do so. The practice of eliminating time-boxed iterations is providing with smoother flow and pull system. However, some teams are not ready to change their standard methods and working habits or time-boxed sprints are considered to be the “certitude” that the work will be finished on time. In that case, Scrumban can allow existence of time-boxed iterations if there are introduced certain pull practices that are leading to the lean workflow. Ladas [23] proposes some pull features that can make these approach leaner. One of them is the reduction of iterations length, streaming towards the less time dedicated to its planning and easier planning using lead and cycle times, which will be explained later on. Another possible enhancement can be introduction of „ready“ queue [23] in between the backlog and work in progress, which would contain items that are pending to be executed, according to their priority. Although this suggestion brings new value and makes Scrum sprint practice leaner, it is not that simple to make this „ready“ queue. This queue should contain the work items that are with the highest priority and ready for team member to pull them and start executing them. This way the work is not limited only on work strictly planned for that iteration, enabling pull approach also outside that sprint, and the problem of idle time for members that have finished their tasks is avoided. As the sprints are still in use, the planning of „ready“ queue needs special intention in order not to influence the next sprints to come. For that, we see as a solution the use of WBS tool. By defining the work brake down structure, the interdependence of all the outputs and needed activities is transparent, which is allowing to extract and prioritize the work items for „ready“ queue which execution will not influence on the planned next iterations. However, the great attention should be dedicated to the way how are members pulling the tasks from “ready” queue once they have finished with their job. Are they competent to help the other members to complete their tasks faster or simply take the new one? Or is there any limit on how much time should remain on the current sprint in order to take the new tasks outside that sprint? These criteria should be developed within each Scrumban team and project.

Change work scope using „ready“ queue or within the next sprint, not during the sprint: According to Scrum, the sprint backlog items cannot be changed and work scope planned for one sprint should not be modified during that sprint. In Scrumban, the work scope can be changed within the next sprint (as in Scrum), but also

within a „ready“ queue proposed from Kanban, where it means that those work items are not obligatory to perform, but next to do if there is capacity for that.

Limit work in progress: In Scrum, WIP limits indirectly exist only on the whole sprint level [21]. Scrumban implies the Kanban practice to explicitly define WIP limits per workflow phase based on team capacity. What lies beyond this principle is the urge to enable development team to be focused on completing work successfully and at hand rather than starting a new task. Considering this principle, every time the limit is reached within a particular stage of the workflow, it is a sign some bottlenecks has occurred or will occur in no time. Respecting WIP, team can not start working on something new, team reacts and resolves the reasons for the stagnation, preventing from piled work and ensuring smoother flow and stages without bottlenecks [21].

Use cycle and lead time: Scrumban supports Kanban practice to use lead time or cycle time as a metric, instead of velocity represented in Scrum. Lead time is the total time from the moment the request from the client is initiated until the project or task is declared complete and results are delivered. Cycle time is the time from the moment someone starts executing task until it is finished. Lead time is useful for predicting delivery [24] and for easier and faster work planning, due to the tendencies of Kanban to simplify the work items lead time, in other words, to break down user stories into similarly sized increments of work [24].

Use Scrum ceremonies: In Scrumban, Scrum ceremonies should be encouraged. Daily meetings and Retrospective meetings enhance the possibility for process improvement and increase of collaboration. Daily Scrum meetings have for the objective to talk about what has been accomplished since the last meeting, what should be finished until the last meeting and what obstacles have occurred [25]. Sprint review meetings are necessary in order to get feedback from the customer, however, in Scrumban, their frequencies and structure can be adjusted according to the release plans and adjusted sprints. Sprint planning meetings should be simplified, since one of the goals of Scrumban is to try to reduce lead times and reduce the time needed for work planning and efforts for estimation. Mostly, these meetings should have focus on “ready” queue where new high priority tasks not influencing the next sprint are planned.

5. CONCLUSION

Both Scrum and Kanban offer principles and practices which in combination allow to development teams to adjust and modify methodologies according to their needs and requests. Integrating Lean and Agile approach in software development, team strives towards continuous working flow, effective pull system, increased productivity and reduced lean time provided by Kanban and customers’ involvement and rapid reaction to changes enabled by Scrum. This paper provides one effective combination of Kanban and Scrum. However, it is important to draw attention to the need of further

researches and case analyses, especially in this case regarding the potential challenges of Scrumban introduction: appropriate trainings and readiness for changes of all stakeholders.

ACKNOWLEDGMENT

Research presented in this paper was supported by Ministry of Science and Technological Development of Republic of Serbia, Grant TR-35050, Title: "Development of software to manage repair and installation of brake systems for rail vehicles", for the period 2011th-2015th year.

REFERENCES

- [1] Destefanis, G., Tonelli, R., Concas G. and Marchesi, M. „An analysis of anti-micro-patterns effects on fault-proneness in large Java systems,“ Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing , Melbourne, ACM 2003, pp. 1251-1253.
- [2] *Scrum Alliance*. Retrieved from www.scrumalliance.org, 2015, December 28.
- [3] Lei, H., Ganjezadeh, F., Jayachandran P. and Ozcan, P. “A statistical analysis of the effects of Scrum and Kanban on software development projects,” Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Available online 17 December 2015, in press, Corrected Proof.
- [4] Corona, E. and Pani, F. “A review of lean-kanban approaches in the software development,” in WSEAS transactions on information science and applications, vol. 10, January 2013.
- [5] Wang, X., Conboy, K. and Cawley, O. “Leagile” software development: An experience report analysis of the application of lean approaches in agile software development,” The Journal of Systems and Software, vol 85, pp. 1287– 1299, February 2012.
- [6] Mahnic, V. “Improving Software Development through Combination of Scrum and Kanban.” in Recent Advances in Computer Engineering, Communications and Information Technology”, pp. 281-288, 2014.
- [7] Poppendieck, M. and Poppendieck, T. "Lean Software Development: An Agile Toolkit." Boston, Massachusetts, USA, Addison Wesley Professional, 2003.
- [8] Dybí, T. and Dingsyr, T. „What do we know about agile software development?“ IEEE Software, vol 26, pp. 6–9, October 2009.
- [9] Hibbs, C., Jewett S. and Sullivan, M. The Art of Lean Software Development: A Practical and Incremental Approach, O'Reilly Media, Inc. 2009.
- [10] Middleton, P., Flaxel A. and Cookson, A. “Lean Software Management Case Study: Timberline Inc.” Proceedings of the 6th International Conference XP: Extreme Programming and Agile Processes in Software Development, Sheffield 2005, pp. 1-9.
- [11] VersionOne, 9th Annual State of Agile Development Survey 2014.
- [12] Petersen, K. and Wohlin, C. “Software process improvement through the Lean Measurement (SPI-LEAM) method.” The Journal of Systems and Software, vol. 83, pp. 1275–1287, February 2010.
- [13] Womack, J. P. and Jones, D.T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, New York, Simon & Schuster, 1996.
- [14] Andersson, R., Eriksson, H. and Torstensson, H. “Similarities and differences between TQM, six sigma and lean”, The TQM Magazine, Vol. 18, pp. 282-96, 2006.
- [15] Miller, J and Al-Baik, O. "The kanban approach, between agility and leanness: a systematic review." Empir Software Eng , vol. 20, pp. 1861-1897, december 2015.
- [16] Anderson, D. Kanban-Successful Evolutionary Change for Your Technology Business, Seattle, David J. Anderson & Associates Inc., 2010.
- [17] Ahmad, M.O., Oivo, M. and Kuvaja, P. “Usage of Kanban in Software Companies An empirical study on motivation, benefits and challenges. “ Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering Advances, Nice, 2014, pp. 150-155.
- [18] Turner, R., Ingold, D., Lane, J.A., Madachy, R. and Anderson, D. “Effectiveness of Kanban approaches in systems engineering within rapid response environments.” in New Challenges in Systems Engineering and Architecting, vol.8: Conference on Systems Engineering Research , St. Louis, 2012, pp. 309-314
- [19] Oivo, M. and Ahmad, M.O. “Kanban in Software Development: A Systematic Literature Review.” Proceedings of the 39th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications, Santander, 2013, pp. 9-16.
- [20] Sienkiewicz, L.D. “Scrumban – the Kanban as an addition to Scrum software development method in a Network Organization” Business Informatics, pp 73-81, 2012.
- [21] Kniberg, H and Skarin, M. Kanban and scrum – Making the most of both, InfoQ, 2010.
- [22] Ladas, C. Scrumban - Essays on Kanban Systems for Lean Software Development, Seattle, Modus Cooperandi Lean, 2008.
- [23] Ladas, C. (2008) Scrum-ban. Lean Software Engineering: Essays on the Continuous Delivery of High Quality Information Systems, Available at: <http://leansoftwareengineering.com/ksse/scrum-ban> (Accessed 12th January 2016).
- [24] Mahnič, V., „Applying Kanban principles to software development“, Proceedings of the IT for Practice 201316th International Conference on Information Technology for Practice, pp. 89-96, 2013.
- [25] Cho, Y., “Issues and challenges of Agile software development with Scrum”, Issues in Information Systems, Vol. 9, 2008, pp. 188- 195.

SOFTVERSKI ALAT SinGen ZA GENERISANJE PITANJA I ODGOVORA IZ OBLASTI SINTAKSE U NASTAVI PROGRAMIRANJA

SOFTWARE TOOL SinGen FOR GENERATING QUESTIONS AND ANSWERS ABOUT SYNTAX ANALYSIS IN PROGRAMMING COURSES

Sofija Purić¹, Živojin Šuštranj¹, Jelica Protić¹
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet¹

Sadržaj – Automatizovano softversko generisanje testova iz baze pitanja na osnovu zadatih kriterijuma sve češće se koristi u obrazovnom procesu. Pitanja u bazi mogu imati promenljivu postavku i ponuđene odgovore, koji se takođe softverski generišu. U ovom radu prikazaćemo razvoj alata koji formira ovakva pitanja i odgovore za oblast sintakse u okviru početnog kursa programiranja. Rešenje obuhvata unos sintakasnih pravila odnosno gramatike u BNF notaciji, njenu konverziju i manipulaciju, kao i generisanje tačnih i pogrešnih sekvenci željene dužine za tu gramatiku. U izradi razvijenog generatora zadataka SinGen korišćen je programski jezik Java i okruženje IntelliJ, kao i ANTLR parser generator, a sistem je testiran na realnim ispitnim zadacima.

Abstract – Automated software test assembly from a question bank, based on predefined criteria, became commonly used in the educational process. The questions in the question bank database can have a variable question text and multiple-choice answers, which can be also generated by software. In this paper we present the development of a tool that creates such questions and answers related to the field of syntax, that we teach within the first-year course in programming. The solution includes the entry of syntax and grammar rules in BNF notation, its conversion and manipulation, as well as generation of correct and incorrect sequences of the predefined length. In the development of the problems generator SinGen, we have used Java programming language, the IntelliJ environment, as well as ANTLR parser generator. The system has been tested on real examples from previous exams.

1. UVOD

Reforma visokog obrazovanja i uvođenje neophodnih predisipitnih obaveza doneli su mnogo češće provere znanja kroz kolokvijume i druge forme ispitivanja prikladne za korišćenje testova. Na prvom računarskom predmetu na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, Programiranju 1, na dva studijska programa godišnje se priprema tri regularna i tri popravna kolokvijuma, kao i ispit u svakom od šest ispitnih rokova, dok je ukupan broj novoupisanih studenata oko 660 godišnje. Zato se javlja potreba za softverskom podrškom u pripremi, pregledanju i obradi rezultata ovih ispita [1], koju su nastavnici i saradnici razvijali još od 1993. godine, uz više proširenja i prelazaka na nove tehnologije, u okviru sistema pod nazivom *test* [2].

Za sastavljanje testova koriste se softverska rešenja, koja vrše izbor iz baze pitanja, uzimajući u obzir oblasti iz kojih su pitanja, njihovu procenjenu težinu, pojavljivanja na prethodnim ispitima i druge parametre. Postupak je poznat pod nazivom *automated test assembly*, a podržan je brojnim komercijalnim i istraživačkim softverskim rešenjima, koja koriste algoritme veštačke inteligencije, logičkog programiranja, pa i genetske algoritme [3]. Ovaj način sastavljanja testova je od značaja kako za klasične testove na papiru, [2], tako i za on-line testiranje.

U okviru početnog računarskog kursa Programiranje 1 pored pisanja programa pojavljuju se i teorijske metodске jedinice koje se ne odnose na konkretne programske jezike, kao što su jednostavan pseudo asembler, sintaksne notacije i složenost algoritama, za koje se takođe sastavljaju pitanja sa ponuđenim odgovorima.

Pri definisanju pitanja, moguće je da sam tekst pitanja sa ponuđenim odgovorima ne bude fiksiran, već da se na neki način parametrizuje [4], a najjednostavnija je numerička parametrizacija. U svakom slučaju, potrebno je formirati tekst zadatka sa označenim promenljivim poljima, koja služe za parametrizaciju i potrebno je da se na osnovu slučajno odabranih konkretnih parametara tačan odgovor može softverski generisati.

U ovom radu prikazaćemo specifičan slučaj softverskog generisanja zadataka iz Programiranja 1, koji se odnose na oblast sintakasnih notacija. Ovi zadaci najčešće sadrže prikaz sintakse u BNF ili EBNF notaciji, a traži se da student između ponuđenih odgovora, koji predstavljaju sekvence terminalnih simbola, odabere onu koja je sintaksno ispravna prema zadatim sintaksnim pravilima. Sintaksa se u ovom predmetu proučava na rudimentarnom nivou i osnovni cilj je da studenti shvate razliku sintakse i semantike, kao i da umeju da provere sintaksnu ispravnost na jednostavnim primerima, dok se naprednije i kompleksnije teme vezane za ovu problematiku kasnije predaju u predmetima Programski prevodioci 1 i 2.

Programski alat koji bi omogućio unos sintakasnih pravila, odnosno gramatike u BNF notaciji, sa mogućnošću generisanja tačnih i pogrešnih sekvenci terminalnih simbola, bio bi od velike pomoći nastavnicima u sastavljanju zadataka iz sintakse. Takođe bi predstavljao i dobru platformu za integraciju u sistem za asembliranje testova [2], gde bi pitanja sa odgovorima sadržala promenljiva polja, kao u slučaju parametrizovanih zadataka. Predmet ovog rada je upravo izgradnja alata *SinGen*, koji predstavlja osnovu za generisanje promenljivih, parametrizovanih zadataka iz oblasti sintakse i sintakasnih notacija.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Implementirani softverski alat je prevashodno namenjen nastavnicima kako bi na automatizovan način generisali veliki broj pitanja i odgovora. Problem koji je uočen jeste dugotrajan proces sastavljanja gramatika za koje se sa sigurnošću mora znati da su nedvosmislene, kako bi se za iste mogli zadati tačni i pogrešni odgovori. Takođe, pomenuti odgovori ne bi trebalo da budu odmah uočljivi iz perspektive studenata, a i za njih se pouzdano mora znati da su dobijeni primenom zadatih sintaksnih pravila, odnosno pravljenjem netrivialnih izmena u ulaznoj gramatici ili tačnom odgovoru, kako bi se dobio netačan. Stoga se došlo na ideju da bi parser, generisan na osnovu pravila ulazne gramatike koju korisnik zadaje u mnogome ubrzao dosadašnji proces "ručnog" generisanja pitanja. Osim toga, transformacija gramatike između više različitih notacija može se izvršiti na više različitih načina i problem je koji bi se značajno povećao uvođenjem novih metasintaksi. U tom smislu, softverske transformacije bi veoma olakšale ovaj posao. Uočavanjem potreba nastavnika i čitavog procesa, izdvojeni su sledeći funkcionalni zahtevi:

- zadavanje i parsiranje ulazne gramatike
- transformacija gramatike iz BNF u EBNF notaciju
- formiranje grafa na osnovu ulazne gramatike
- generisanje tačnih i pogrešnih odgovora
- automatizovana provera generisanih odgovora.

3. POSTOJEĆA REŠENJA

Nakon definisanja funkcionalnosti koje softver treba da pruži, nije pronađen sistem koji ispunjava te funkcionalnosti i koristi se u iste svrhe. Može se izvršiti klasifikacija srodnih postojećih rešenja, u zavisnosti od toga da li se bave transformacijama ulazne gramatike ili generisanjem slučajnih odgovora na osnovu definisanih pravila. Nađeno je nekoliko alata koji vrše konverziju ulazne EBNF gramatike od kojih alat BNF Converter generiše Alex, JLex ili Flex leksički fajl (eng. *lexer*), kao i Happy, CUP ili Bison parserski fajl (eng. *parser*) [5]. Manipulacija ulaznom gramatikom koja, između ostalog, podrazumeva konverziju iste iz EBNF u BNF i eliminaciju redundantnosti iz gramatike, razvijena je u okviru nekoliko alata pod nazivom *gtools* [6]. Međutim, nađeni alati nisu odgovarali našim potrebama iz razloga što je BNF gramatika prva sa kojom se studenti susreću, lakša je i jednostavnija za razumevanje, te smo želeli da i softverski sistem bude baziran na BNF gramatici, ali je ipak omogućena konverzija u EBNF, kako bi bila podržana dva različita načina za opis sintakse.

Drugi aspekt implementiranog rešenja bio je generisanje tačnih i netačnih odgovora na osnovu zadate gramatike. Nađeno je rešenje koje generiše slučajni odgovor koristeći BNF gramatiku [7]. Postojeće rešenje nije bilo u potpunosti odgovarajuće iz razloga što generisani odgovori mogu biti proizvoljne dužine, što dovodi do ekstremuma prilikom pravljenja testova koji studenti rešavaju. U skladu sa tim, prikazano rešenje uzima u obzir željenu dužinu odgovora i na osnovu iste prolazi slučajno odabranim putanjama i generiše odgovor.

Što se tiče generisanja kontrolisano netačnog odgovora, nijedno postojeće rešenje nije nađeno.

4. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

Proveru da li neki niz znakova poštuje neku BNF gramatiku najlakše je uraditi pravljenjem programskog prevodioca koji će pokušati sintaksnu proveru niza znakova u skladu sa zadatom BNF gramatikom. To je problem koji je odavno rešen i za čije rešavanje postoje mnogi alati. Neki najpoznatiji su YACC, META II, ANTLR. Svi oni rade po istom principu, zada im se gramatika u nekoj formi i onda generišu programski kod za prevodilac koji odgovara ulaznoj gramatici. Većina njih ima potrebu da se pored gramatike zada i fajl koji definiše kako prevodilac treba da radi leksičku analizu. S obzirom da su gramatike koje se zadaju u našem slučaju relativno jednostavne, definicija leksičke analize je izlišna pa smo izabrali alat ANTLR koji iz ulazne gramatike sam zaključuje kako se radi leksička analiza. ANTLR alat može da generiše kod za mnoge programske jezike i SinGen alat može da se implementira u bilo kom jeziku čiji kod ANTLR može da generiše. Za implementaciju provere tačnog odgovora potrebno je da jezik u kome se programira ima podršku za refleksiju¹. Programski jezik Java zadovoljava oba uslova, pa je izabran kao jezik za implementaciju. Korišćene su i razne biblioteke koje su olakšale razvoj alata. Da bi se obezbedilo lako nadograđivanje i instalacija, korišćen je alat Maven.

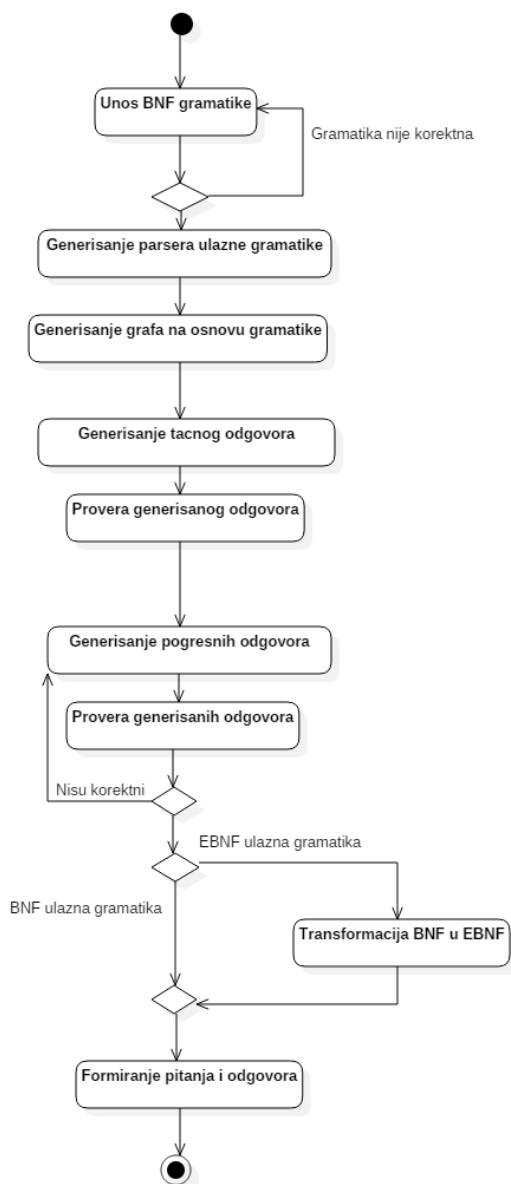
5. STRUKTURA REŠENJA

Kako bi se stekao uvid u način funkcionisanja sistema, na Slici 1 prikazan je dijagram aktivnosti. Prilikom unosa ulazne gramatike od strane korisnika, ista se proverava korišćenjem ANTLR biblioteke (da li je dvosmislena, da li je isti neterminal definisan više od jednom, da li je metasintaksa korektna itd). Nakon što se unese validna ulazna gramatika, korišćenjem pomenute biblioteke generiše se parser, koji kasnije služi za proveru tačnih, odnosno netačnih odgovora. Iako se generisani tačni i netačni odgovori proveravaju, treba naglasiti da je izgenerisani tačan odgovor uvek korektan, dok generisani netačan odgovor može, a ne mora biti korektan, što će kasnije biti detaljnije opisano. Naredni korak je formiranje grafa na osnovu ulaznih pravila gramatike, koji je preduslov za generisanje odgovora. Svaka od pomenutih aktivnosti biće detaljnije opisana u nastavku rada.

A. PROVERA TAČNOSTI ODGOVORA

Kao ulaz za proveru odgovora se zadaje BNF gramatika i odgovor. Pošto ANTLR ima svoju internu sintaksu za gramatiku pomoću koje se generiše prevodilac, prvo se izvrši transformacija BNF gramatike u ekvivalentnu ANTLR gramatiku. Za to je napisan prevodilac korišćenjem ANTLR alata. ANTLR sintaksa ima slične mogućnosti kao i EBNF sintaksa, samo operatori imaju

¹ Mogućnost programa da ispita i modifikuje sopstvenu strukturu za vreme izvršavanja.



Slika 1: Dijagram aktivnosti

drugačije oznake. Prevođenje može da se uradi bez suštinske izmene pravila, promenom oznaka za operatore. Dobijena ANTLR gramatika se koristi kao ulaz za ANTLR alat, koji proizvodi Java kod prevodioca. Ukoliko uneta BNF gramatika nije jednoznačna, ANTLR alat prijavljuje grešku i provera odgovora se završava. Dobijeni Java kod se prevodi i dobija se Java binarni međukod, koji je potrebno učitati u Java virtuelnu mašinu u toku trajanja programa. To se postiže refleksijom, tako što se međukod prevodioca stavlja uvek u isti paket, klase uvek imaju isto ime i sam međukod se nalazi u direktorijumu gde se i ostali međukod nalazi. Kada je prevodilac učitao u Java virtuelnu mašinu, može da se pokuša prevođenje zadatog odgovora. Ukoliko prevođenje odgovora uspe, odgovor je tačan, a u suprotnom odgovor

je netačan i ispisuje se pozicija i terminal u odgovoru koji po gramatici ne može da se nađe na tom mestu.

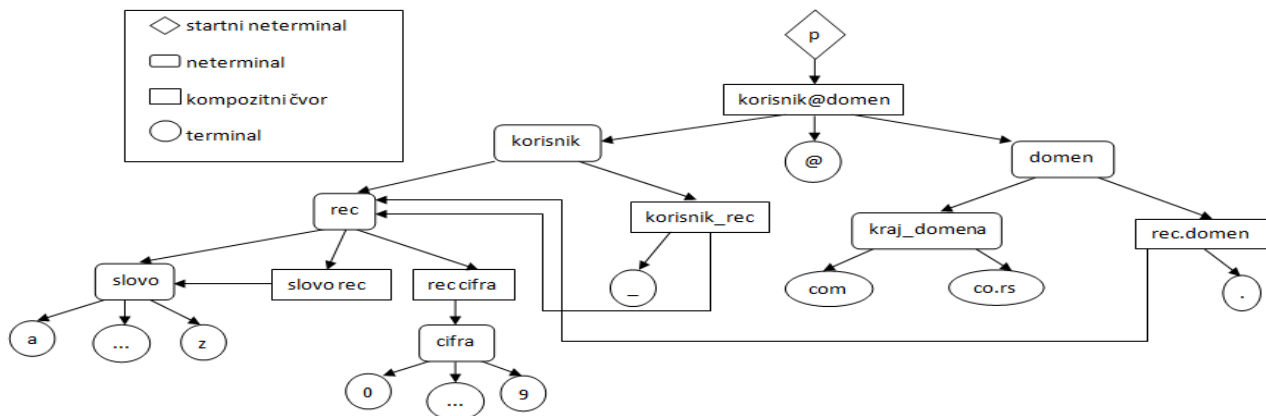
B. FORMIRANJE GRAFA

Na osnovu ulazne gramatike čiji je primer dat na Slici 5 nastavku generiše se graf prikazan na Slici 2. Vršni se parsiranje ulaznih pravila, a odnosi između predaka i potomaka (gde predak predstavlja levu, a potomak desnu stranu smene) preslikavaju se u pomenutom grafu. Iako dobijena struktura liči na N-arno stablo, ipak je reč o grafu s obzirom da isti čvor može imati više različitih predaka. Svaki čvor u grafu je jedinstven, tako da ako se isti terminal ili neterminal pojavljuje na više različitih mesta u ulaznoj gramatici, u grafu će biti reprezentovan samo jednim čvorom. Uveden je i pojam kompozitnog čvora koji sadrži više od jednog neterminala, odnosno dobija se sekvencijalnim ređanjem većeg broja neterminala ili kombinacijom neterminala i terminala. Vođeno je računa o tome da ako je kompozitni čvor direktno rekurzivni (kao u pravilu (2) ulazne gramatike na Slici 5) ne sme u listi potomaka sadržati i neterminal koji mu je predak.

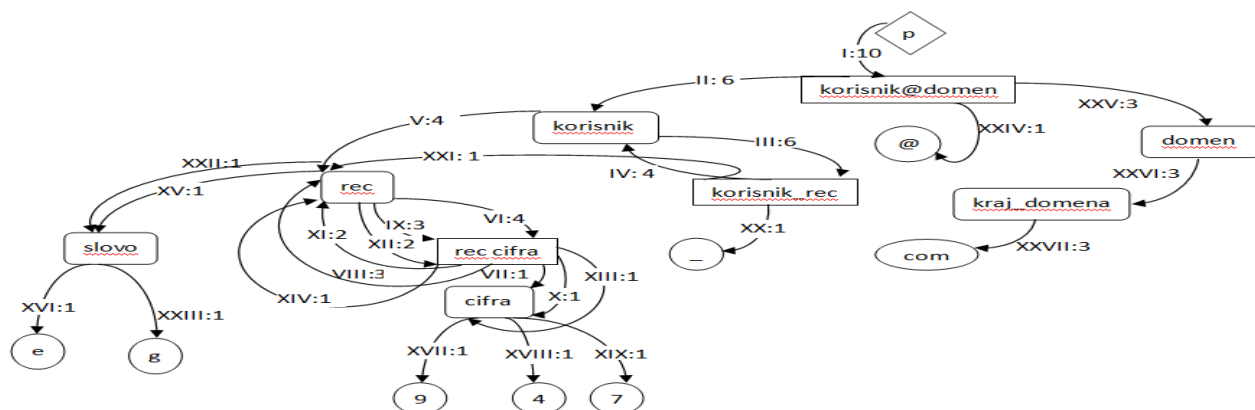
C. GENERISANJE ODGOVORA

I GENERISANJE TAČNOG ODGOVORA

Algoritam za generisanje tačnog odgovora prikazan je na Slici 3. Preduslov za traženi algoritam je da za svaki čvor postoje informacije o njegovoj minimalnoj dužini (npr. za neterminal <kraj_domena> minimalne dužine su 3 i 5), kao i o mogućim povećanjima te dužine. Povećanja su moguća samo kod rekurzivnih čvorova i kod njihovih predaka (npr. za neterminal <domen> moguća povećanja dužine su 2 i 3, što zavisi od dužine neterminala <rec>). Prilikom rada algoritma, uzima se u obzir izabrana dužina sekvence koja se generiše, što je u ovom slučaju 10. Algoritam kreće od početnog čvora grafa i u svakoj iteraciji za tekući čvor na slučajan način bira jedan iz liste potomaka čije su dužine najpribližnije traženoj dužini. U prikazanom slučaju jedini potomak startnog neterminala je kompozitni čvor <korisnik>@<domen>, te se generisanje sekvence dužine 10 nastavlja od njega. Ukoliko je odabrani čvor kompozitni, od predviđene dužine oduzima se dužina terminala i ta izračunata vrednost se raspoređuje neterminalima sadržanim u kompozitnom čvoru. Ideja je da se na slučajan način odabere jedan od neterminala, za preostale se nađe njihova minimalna dužina, a dobijena razlika predstavlja dužinu koju odabrani neterminal ne sme premašiti. Koliku će zaista dužinu imati zavisi od minimalnih dužina i mogućih povećanja svih čvorova koji su njegovi direktni potomci - generišu se premutacije čije vrednosti moraju biti manje ili jednake dobijenoj razlici i od dobijenih vrednosti na slučajni način bira se jedna. Postupak se ponavlja za ostale neterminale koji se sadrže u kompozitnom čvoru dok se svi ne obrade.



Slika 2: Graf ulazne gramatike



Slika 3: Generisanje tačnog odgovora

Ukoliko je odabrani čvor neterminal, postupak se za njega rekurzivno ponavlja, a ukoliko je terminal, samo se vraća njegov sadržaj koje će biti deo generisane sekvence.

Na prikazanoj slici možemo videti redosled obilaska određenih čvorova (obeleženi rimskim brojevima), pri čemu se graf obilazi po dubini, kao i dodeljene dužine tim čvorovima. Sekvenca koja se na kraju dobije je e947_g@com i tražene je dužine 10.

II GENERISANJE NETAČNOG ODGOVORA

Generisanje netačnog odgovora vrši se u dve faze. Prva faza obuhvata menjanje sadržaja jednog od kompozitnih čvorova u toku generisanja tačnog odgovora, odnosno narušavanje grafa. Trenutak u kome će se to desiti, odnosno dužina sekvence koja će se nalaziti na početku i koja će biti korektna, bira se slučajno, pri čemu korisnik zadaje ukupnu željenu dužinu. Vođeno je računa o tome da se ne desi da početni deo netačnog odgovora bude prilično kratak i samim tim, lak za prepoznavanje i eliminaciju od strane studenata. Međutim, ukoliko se desi da je generisani slučajni broj približan ukupnoj traženoj dužini sekvence, pa se do kraja iste ne naiđe ni na jedan kompozitni čvor koji bi se mogao narušiti, ovo rešenje će izgenerisati tačan odgovor. Takođe, tačan odgovor će biti izgenerisan i u slučaju da se sadržaj kompozitnog čvora naruši tako da predstavlja neki drugi kompozitni čvor koji je korektan. Na takve primere nije se naišlo u gramatikama na kojima je softver testiran, ali je teorijski moguće da se dogode.

Iz tog razloga uvedena je druga faza generisanja netačnog odgovora, koja se vrši jedino u slučaju da prva faza ne izgeneriše netačan odgovor. Onda se nakon generisanja prvih n korektnih karaktera u sentenci vrši zamena prvog terminala na koji se naiđe sa terminalom koji ima najmanje zajedničkih predaka sa terminalom koji se menja. U konkretnoj gramatici, druga faza bi rezultovala time da se neko slovo ili cifra zamene karakterom @ i time bi se sa sigurnošću dobio netačan odgovor.

D. TRANSFORMACIJA BNF U EBNF

Transformacija BNF gramatike u EBNF može jednostavno da se uradi. Svi operatori u BNF sintaksi imaju svoje parnjake sa istim značenjem u EBNF sintaksi. Transformacija se tada svodi samo na promenu oznake terminala i neterminala iz BNF sintakse u EBNF sintaksu i promenu operatora iz BNF sintakse u njegovog parnjaka u EBNF sintaksi. Problem sa tom transformacijom je što se ne koriste operatori koji su dodati u EBNF radi povećanja ekspresivnosti sintaksne notacije. Pitanja koja bi tako bila generisana ne bi u potpunosti mogla da pokriju celokupno gradivo EBNF notacija. Algoritam za transformaciju mora biti složeniji i mora analizirati sama pravila koja se nalaze u gramatici.

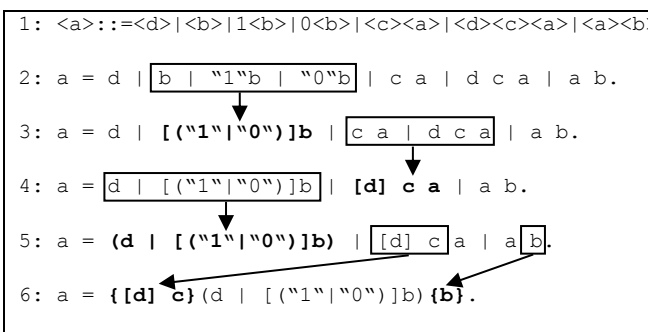
Operatori koji ne postoje u BNF notaciji su: operator ponavljanja $\{ \}$ i operator opcije $[]$. Oni se simuliraju pomoću rekurzivnih pravila i operatora izbora $|$. Zbog toga su oni fokus algoritma za transformaciju. Rekurzivna pravila se pretvaraju u nerekurzivna pravila sa operatorom

ponavljanja. Pravila koja imaju operator izbora, gde bar dva izbora imaju isti deo, se pokušavaju spojiti u jedno gde se različiti delovi ubacuju u operator opcije. Za opis algoritma potrebno je uvesti potrebnu terminologiju. Pravilo definiše jednu moguću zamenu jednog neterminala koje na početku jedino ne sadrži operator izbora. U toku rada algoritma pravila mogu da dobijaju operator izbora. Rekurzivno pravilo je pravilo koje ima i neterminal koji može da zameni. Prefiks je deo pravila koji se nalazi na njegovom početku. Sufiks je deo koji se nalazi na kraju pravila. Prefiksom i sufiksom može i da se smatra celo pravilo. Algoritam će biti opisan u nastavku, a primer transformacije jednog pravila je dat na Slici 4. Početno pravilo je na liniji 1. Za svaki korak algoritma biće navedena linija koja je nastala u datom koraku.

Algoritam se primenjuje za svaki neterminal u BNF gramatici. Prvo se izvrši trivijalno pretvaranje BNF gramatike u EBNF bez pretvaranja operatora izbora (linija 2). U drugom koraku se sva nerekurzivna pravila jednog neterminala pokušavaju spojiti (linija 3). Spajanje se radi za ona pravila koja imaju najduži zajednički prefiks. Uzima se najduži prefiks, jer se na taj način najduža sekvenca ponavlja samo jednom i time se pravila maksimalno skraćuju, što je i cilj EBNF sintakse u odnosu na BNF. Takođe, na taj način postoji mogućnost za stvaranje više operatora opcije. Prefiks se izbacuje i onda se za pravila bez prefiksa primeni ceo drugi korak. Kada se pravila bez prefiksa spoje, ako ih ima više od njih se pravi izbor, a ako je jedno ništa se ne dodaje. Rezultat spajanja se dodaje na prefiks. Ako je jedno pravilo bilo jednako prefiksu, onda se rezultat spajanja stavlja u operator opcije. Zatim se izvrši isto spajanje samo se u ovom slučaju spajaju pravila sa zajedničkim sufiksom. Ovde je redosled spajanja uzet proizvoljno, gde se prvo razmatra prefiks a zatim sufiks, jer u opštem slučaju pravila nemaju i zajedničke sufikse i prefikse. Ukoliko se pokrivaju i takvi slučajevi, može se prvo izabrati onaj način spajanja koji ima duži zajednički deo. Spajanje se vrši sve dok ima nešto da se spoji, tj. dok se pronalaze zajednički prefiksi ili sufiksi. U trećem koraku se sva rekurzivna pravila tog neterminala pokušavaju spojiti (linija 4). Spajanje se radi na isti način kao u drugom koraku, samo se ne dozvoljava spajanje ako nakon što se oduzme prefiks ili sufiks ostane pravilo koje sadrži neterminal koje pravilo zamenjuje. To se ne dozvoljava jer bi se na taj način dobila pravila u kojima operator ponavljanja ne može da se iskoristi. U četvrtom koraku se izvrši spajanje svih nerekurzivnih pravila u jedno koje sadrži operator izbora (linija 5). U petom koraku se rekurzije pretvaraju u operator ponavljanja tako što se neterminal koji se zamenjuje pravilima zameni ako se u pravilu nalazi kao prefiks ili sufiks (linija 6). Ukoliko bi se izvršila zamena neterminala koji nije niti prefiks niti sufiks, dobila bi se gramatika koja nije identična polaznoj gramatici. Zamena se vrši jednim nerekurzivnim pravilom, dok se ostatak pravila stavlja u operator ponavljanja. Ukoliko postoje pravila koja imaju neterminal koji se menja i kao sufiks i kao prefiks, oni se spajaju tako što se neterminal koji se menja stavi u sredini a ostatak se spoji sa leve i desne strane uz stavljanje u operatore ponavljanja. Neterminal koji se menja se zameni jednim nerekurzivnim pravilom. Algoritam generiše pravila koja sadrže i operator

ponavljanja i operator opcije, koji može biti ugnježen u operator ponavljanja. Složenost pravila je dovoljna da bi pokrilo celokupno gradivo EBNF notacija. Ukoliko se složenost želi povećati, može se pre primene ovog algoritma spojiti pravila različitih neterminala tako da se neki neterminal u potpunosti zameni u celoj gramatici.

Ulazna BNF gramatika se parsira pomoću ANTLR alata i prevodi se u interni oblik pogodan za obrađivanje. Interni oblik je struktura podataka koja sadrži sve neterminale i za svaki od njih listu pravila koja mogu da ga zamenju. Pravila su niz simbola koja mogu biti neterminale, terminali ili specijalni znaci. Upoređivanje prefiksa i sufiksa je jednostavno poređenje elemenata u nizu, dok su uklanjanje i dodavanje prefiksa i sufiksa jednostavno uklanjanje i dodavanje elemenata u niz. Kada se algoritam primeni na podatke, za svaki neterminal se ispisuju njegova transformisana pravila, pri čemu se ispis pravila sastoji samo od ispisa niza simbola.



Slika 4: Primer transformacije pravila BNF gramatike u pravila EBNF gramatike

6. PRIMERI KORIŠĆENJA

Korišćenjem opisanog softvera, generišu se dva različita tipa pitalica - jedan sa BNF, a drugi sa EBNF ulaznom gramatikom. Za oba tipa je neophodno generisati po tri ponudena odgovora, pri čemu mogu svi biti tačni, netačni ili može postojati kombinacija od jednog ili dva tačna i preostalih netačnih odgovora.

Na Slikama 5 i 6 su dati primeri ulazne BNF i EBNF gramatike (generisane na osnovu BNF), dok su na slikama 7 i 8 dati primeri izgenerisanih tačnih i netačnih odgovora na dužini sekvence od 20 karaktera.

```

1: <p> ::= <korisnik>@<domen>
2: <korisnik> ::= <rec> | <korisnik>_<rec>
3: <domen> ::= <kraj_domena> | <rec>.<domen>
4: <kraj_domena> ::= com | co.rs
5: <rec> ::= <slovo> | <slovo><rec> | <rec><cifra>
6: <slovo> ::=
    a|b|c|d|e|f|g|h|i|j|k|l|m|n|o|p|q|r|s|t
    |u|v|w|x|y|z
7: <cifra> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

```

Slika 5: Primer ulazne BNF gramatike

```

1: p = korisnik "@" domen.
2: korisnik = rec { "_" rec }.
3: domen = { rec "." } kraj_domena.
4: kraj_domena = ( "co.rs" | "com" ).
5: rec = { slovo } slovo { cifra }.

```



```

6: slovo = ( "a" | "b" | "c" | "d" | "e" | "f" |
"g" | "h" | "i" | "j" | "k" | "l" | "m" | "n" |
"o" | "p" | "q" | "r" | "s" | "t" | "u" | "v" |
" w" | "x" | "y" | "z" ).
7: cifra = ( "0" | "1" | "2" | "3" | "4" | "5" |
"6" | "7" | "8" | "9" ).

```

Slika 6: Primer generisane EBNF gramatike

```

y@chjiuy1156.s.co.rs
xxb586@qotm9.i.co.rs
toswvvcj60363804@com
fs_u@x1dds789247.com
nwoxxv1654_agv4@com

```

Slika 7: Primeri generisanih tačnih odgovora

```

in2ovxzvzt2857399@com
h_p@edgwga47f84.co.rs
tm21_h1@.ldbkb.i.com
cx52@xwv6.com icyo82
g_m!wyqs@87691.co.rs

```

Slika 8: Primeri generisanih netačnih odgovora

7. EVALUACIJA

Nakon što je završena implementacija alata SinGen, izvršeni su eksperimenti da bi se utvrdilo kolika je prosečna dužina generisanih sekvenci u odnosu na zahtevanu dužinu. Evaluacija je rađena nad gramatikom sa Slike 5, kao i nad još jednom gramatikom iz postojećeg ispitnog zadatka. Traženi broj odgovora za generisanje bio je 1000000, a rezultati su prikazani u Tabeli 1.

Zahtevana dužina sekvence	10	20	30
Gramatika 1	10.098346	20.099413	30.099845
Gramatika 2	10.0	20.0	30.0

Tabela 1: Prosečna dužina generisanih tačnih odgovora

Iz priložene Tabele 1 može se videti da je u eksperimentalnim slučajevima dužina generisane sekvence ista ili približna traženoj dužini, što je i bilo zahtevano. Ipak, treba naglasiti da će dužina generisanih sekvenci zavistiti i od same gramatike, tačnije broja i dužine terminala u njoj, te je moguć slučaj kada se tražena dužina neće moći izgenerisati, dok je moguće i da se uvek generiše upravo tražena dužina u svim slučajevima, kao što je to kod Gramatike 2 na kojoj je rađena evaluacija. Drugi aspekt evaluacije odnosi se na procenat generisanih netačnih odgovora, kada se isti traže, s obzirom da je rečeno kako primenjeni algoritam ne generiše sa sigurnošću netačan odgovor. Traženi broj netačnih odgovora za generisanje bio je 1000000, korišćene su identične gramatike kao u prethodnom delu evaluacije, a rezultati su prikazani u Tabeli 2.

Zahtevana dužina sentence	10	20	30
Gramatika 1	88.56%	84.38%	82.49%
Gramatika 2	79.19%	82.13%	84.61%

Tabela 2: Procenat dobijenih netačnih odgovora u pokušaju generisanja netačnih odgovora

Iz priložene Tabele 2 vidi se da je u velikom procentu slučajeva traženi netačni odgovor zaista i izgenerisan.

Uzevši u obzir da je nastavnicima po pitanju neophodno najviše tri netačna odgovora, prikazani algoritam zadovoljava trenutne potrebe.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je softverski alat za automatsko generisanje pitanja i odgovora iz oblasti sintakse, u cilju pomoći nastavnicima na prvom kursu iz programiranja na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu.

Opisane su funkcionalnosti koje sistem podržava, tehnologije koje su korišćene prilikom realizacije, a dati su i primeri upotrebe. Evaluacijom je utvrđeno da se tačni odgovori ispravno generišu, uz moguće zanemarljivo odstupanje od željene dužine, dok se pri generisanju netačnih odgovora dobija i manji broj tačnih, koji se proverom eliminišu. Time je potvrđeno da su implementirani algoritmi odgovarajući za ovakvu vrstu problema. Planira se nadogradnja opisanog sistema, kako bi bilo podržano i generisanje sintaksnih dijagrama, kao i ispitnih pitalica sa raznorodnim postavkama. Takođe, planira se i parametrizacija pravila ulazne gramatike, kao i manipulacija verovatnoćama prolaska kroz graf određenom putanjom, da bi se dobio željeni odgovor.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat broj III44006). Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

LITERATURA

- [1] M. Mišić, M. Lazić, J. Protić, *A software tool that helps teachers in handling, processing and understanding the results of massive exams*, 5th Balkan Conference in Informatics, pp. 259-262, ACM New York, NY, USA, Novi Sad, Serbia, Sep, 2012.
- [2] A. Bošnjaković, J. Protić, D. Bojić, I. Tartalja, *Automating the Knowledge Assessment Workflow for Large Student Groups: A Development Experience*, International Journal of Engineering Education, Vol. 31, No. 4, pp. 1058-1070, Jul, 2015.
- [3] M. Yildirim, *A genetic algorithm for generating test from a question bank*, Computer Applications in Engineering Education, Vol. 18, No. 2, pp. 298-305, June 2010.
- [4] H. Geerlings, W. J. van der Linden, C. A. W. Glas, *Optimal Test Design With Rule-Based Item Generation*, Applied Psychological Measurement, vol. 37, no. 2, pp. 140-161, 2013.
- [5] <http://bnfc.digitalgrammars.com/>
- [6] <http://homepage.cs.uiowa.edu/~jones/compiler/gtools/http://www.garfieldcs.com/2011/02/random-sentence-generator/>
- [7] <http://www.cems.uwe.ac.uk/~cwallac/apps/tools/bnf/>

ANDROID APLIKACIJA - PREGLED PLANA ISPITNOG ROKA

ANDROID APPLICATION - REVIEW OF THE PLAN EXAMINATION PERIOD

Jovana Đurović¹, Boban Mihailov², Ivan Tot¹
Univerzitet odbrane, Vojna akademija¹
Vojska Srbije²

Sadržaj – Vojna akademija Univerziteta odbrane u Beogradu je visokoškolska obrazovna i naučna ustanova i glavni je nosilac obrazovnih aktivnosti za potrebe Ministarstva odbrane i Vojske Srbije. Školovanje kadrova se postiže kroz veliki broj nastavnih sadržaja u više vrsta i oblika. Sve to stavlja veliki teret na osoblje koje se bavi planiranjem i stalnim povećanjem kvaliteta nastave, i predstavlja veliki napor za organizaciju nastavnog procesa. U radu je predstavljeno rešenje za pregled prijavljenih ispita kadeta posredstvom Android mobilne platforme. Osnovna zamisao je da ova personalizovana aplikacija bude namenjena predavačima na Vojnoj akademiji, koja bi njima kao korisnicima bila dostupna u svakom momentu na njihovom pametnom telefonu.

Abstract – The Military academy of the University of defence in Belgrade is a higher education and scientific institution and is the main carrier of educational activities for the needs of Ministry of Defence and Serbian Armed Forces. Staff education is conducted via a large number of curricular content of many types and forms. All of this exacts a lot of pressure on the staff that deals with planning and constant improvement of the quality of teaching and represents a big strain in teaching process organization. This paper discusses a solution to viewing logged exams regarding a certain cadet via Android mobile platform. The main idea behind this personalized application is for it to be used by Military Academy professors, to whom it would be available at any given moment on their smartphone.

1. UVOD

U Vojnoj akademiji sistem za prijavljivanje ispita, evidenciju položenih i nepoloženih ispita, kao i planiranje ispitnih rokova za kadete vezan je za kadetsku službu. Procesi prijave ispita, planiranje istih mogu biti veoma naporni. Često se dešava da informacije o ispitima, bila to promena termina polaganja ili nešto slično, do kadeta i nastavnika dolaze veoma sporo. Postavlja se pitanje da li kadeti i njihovi nastavnici imaju sve informacije o polaganju ispita, da li ih dobijaju na vreme i da li ta situacija nekako utiče na ispunjavanje njihovih obaveza.

Postoji internet rešenje poslova kadetske službe, koje u velikoj meri doprinosi unapređenju u razmeni informacija u procesima planiranja i realizacije samih ispita. Rešenje je trenutno dostupno jedino kadetima i koje se u velikoj meri doprinosi automatizaciji procesa koji su direktno vezani za studenta. Aplikacija ima dosta mogućnosti koje su dostupne korisnicima. Može se pregledati ispitni rok i

filtrirati podatke po različitim kriterijumima. Dostupan je pregled ispita, položenih i nepoloženih, prijavljivanje ispita i mnoge druge pogodnosti. Servis za nastavnike na Vojnoj akademiji još uvek nije u upotrebi, u potpunosti je realizovan, ali nisu ažurirani podaci i dodeljene privilegije za pristup servisu. Elektronski prijavljene ispite kadeta obrađuje studentska služba i u štampanom obliku se dostavlja određenom nastavniku sa izvestnim kašnjenjem.

2. ANALIZA ZAHTEVA

Kako su mobilni telefoni široko dostupni, u ogromnoj većini Android mobilni uređaji, ideja je da se napravi aplikacija koja će omogućiti nastavnicima nesmetan pregled podataka vezanih za to kada se realizuje koji ispit, mesto i vreme održavanja ispita, broj kadeta koji su prijavili ispit. Aplikacija bi posebno bila korisna u slučajevima stalnog pomeranja termina planiranog za ispite, što je vrlo česta pojava. Pogodnost se ogleda baš u tome što će nastavnik u svakom trenutku imati ažurne podatke, proces razmene informacija će biti u potpunosti automatizovan i neće biti kašnjenja i neažurnosti podataka.

Pregled podataka sa slike 1 treba optimizovati, tako da će iskustvo korisnika biti drugačije nego što bi bilo da se radi štampanom dokumentu. Ovo je posledica ograničenih resursa, pre svega veličine ekrana u ovom konkretnom uređaju, jer je nemoguće prikazati spisak sa slike 1 na ekranu čija je dijagonala reda veličine od 7 cm do 15 cm. Uzimajući u obzir opcije koje Android platforma pruža, akcenat treba da se da na što bržem pristupu podacima, na brzini odziva aplikacije i na što jednostavnijem korisničkom interfejsu.

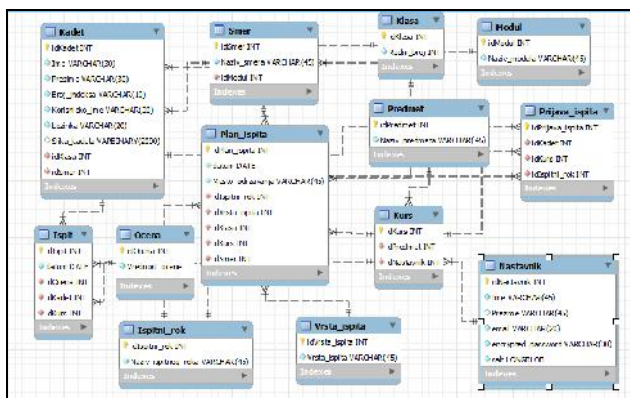
Univerzitet odbrane		Datum štampaња 25.06.2015.				
		Katedra telekomunikacija i informatike				
Записник о полагању испита						
Предмет: Пројектовање информационог система		Група: 404	Шифра предмета: ПРИС.2.1.ЛИ			
Испитни рок: Јуни ВА 2015		Датум: 13.07.2015	Време: 08.30			
Студијски програм: ИГ 404		Сала: К7				
Име и презиме наставника: доц. др Иван Тот, дипл. инж.						
Р. бр.	Бр. Индекса	Статус	Презиме и име студента	Бр. полаг	Поени	Оцена
1	106/2011	Б	Михаилов Бобан	1		
2	107/2011	Б	Реџин Љубомир	1		
3	108/2011	Б	Бишевац Стефан	1		
4	109/2011	Б	Бабинцев Иван	1		

Потпис испитивача: _____

Slika 1. Pregled prijava za ispit

3. DIZAJN I IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Veliku ulogu u funkcionisanju aplikacije ima baza podataka. Za potrebe testiranja aplikacije, dizajn baze i sama baza treba da budu svedeni na najmanju moguću meru kako bi kroz aplikaciju mogle da se pokažu njene funkcionalnosti. Imajući to u vidu, izrađen je logički model baze podataka u *MySQL Workbench* alatu. Model podataka baze podataka prikazan je na slici 2.



Slika 2. Model baze podataka

Osnovne funkcionalnosti koje se moraju obezbediti u mobilnoj aplikaciji namenjenoj nastavnicima su:

- prijavljivanje na sistem
- profil nastavnika
- pregled planiranih ispita
- prekid rada

Ova aplikacija razvijana je na verziji 5.0.1 *Android* operativnog sistema iz razloga što ranije verzije operativnog sistema nemaju dovoljnu tehničku podršku i zato što je popularnost novih verzija operativnog sistema premašuju u velikoj meri pređašnje verzije. Samim tim i broj programera koji rade sa starijim verzijama je manji. Prednost nove verzije je i zato što ima poboljšan *API* za rad sa mrežom, povezivanje sa servisima, rad sa unutrašnjom memorijom, glasom, bazama podataka i za rad sa ostalim resursima, što hardverskim, što softverskim [1].

Aplikacija je razvijana u alatu *Android Studio* i testirane funkcionalnosti na emulatoru mobilnog uređaja (*Nexus S konfiguracija*). Zbog optimizacije prikaza podataka korišćene su komponente koje zauzimaju relativno malo prostora na displeju i omogućavaju dinamičko proširenje prikaza u zavisnosti od priliva podataka. Jedna od takvih komponenti, a u velikoj meri je korišćena u aplikaciji, je *ListView*. Kod nje je neophodno samo podesiti izgled jedne karike, *listitem* i izvor podataka [2].

Izrađena test aplikacija je zamišljena tako da bez komunikacije sa bazom ona gubi smisao i funkcionalnost. Pošto se podaci o korisniku sistema, u ovom slučaju nastavnika, moraju čuvati jer se koriste u toku izvršavanja aplikacije, proces skladištenja osnovnih podataka omogućen je uz korišćenje lokalne baze. Iako je *SQLite* bazu podataka relativno malog kapaciteta, u ovom slučaju

jeste odlična varijanta, jer informacije ne zahtevaju veći memorijski prostor. Na ovaj način rasterećen je protok neophodnih podataka, aplikacija se ne obraća stalno serveru i ova baza se prazni nakon odjave korisnika. Metod dohvaćanja podataka iz baze i jedan od mogućih načina prikazivanja korisniku dato je na slici 3.

```
// Uzima podatke nastavnika iz sqlite baze
HashMap<String, String> user = db.getUserDetails();

String name = user.get("name");
String prezime = user.get("created_at");
final String email = user.get("email");

// Prikaz on the screen
txtName.setText("Dobrodošli, " + name + " " + prezime);
txtEmail.setText("e-mail : " + email);
```

Slika 3. Preuzimanje podataka iz lokalne baze

Neophodno je uređaju obezbediti servis odakle će uzimati potrebne podatke i sa kim će vršiti neophodnu razmenu informacija. Konfigurisan je lokalni server *Wamp* na kom se izvršavaju skripte *PHP*- koda, koje su iskorišćene kao servis za komunikaciju i priliv i odliv podataka u formatu pogodan za dalju obradu u aplikaciji.

Da bi aplikacija mogla koristiti funkcionalnosti i servise mobilnog uređaja neophodno joj je dodeliti odgovarajuće dozvole. Analizom mogućih načina korišćenja aplikacije i koji resursi će obezbediti pravilno funkcionisanje, zaključeno je da je potrebno dozvoliti upotrebu: *Internet*, *ACCESS_WIFI_STATE* i *CALL_PHONE* servisa. Ove dozvole su implementirane u *AndroidManifest.xml* fajlu, a korisnik potvrđuje njihovu upotrebu prilikom instalacije same aplikacije.

Prilikom izrade aplikacije uvežene su u projekat neophodne klase i metode da bi se mogla ostvariti konekcija sa servisom. U obradi ulazno- izlaznih podataka korišćen je *JSON* format da bi se omogućilo postavljanje i skidanje podataka sa servera. Na serveru se izvršava *PHP* kod, koji prihvati podatke poslate iz korisničke aplikacije, takođe uz korišćenje *POST/GET* metoda. Smisao svega jeste da se ovi podaci direktno upotrebe u *SQL* komandi, vratiti aplikaciji *response* u *JSON* obliku kako bi ga softver mogao obraditi i prikazati u razumljivom i prihvatljivijem obliku korisniku. Proverava se najpre o kom tagu se radi, a onda u zavisnosti od metode, proverava se ulaz, obrađuju se podaci i šalje se odgovarajući odgovor (slika 4) [3].

```
if ($tag == 'login') {
    // Request type is check Login
    $email = $_POST['email'];
    $password = $_POST['password'];

    // check for user
    $user = $db->getUserByEmailAndPassword($email, $password);
    if ($user != false) {
        // korisnik found
        $response["error"] = FALSE;
        $response["uid"] = $user["idNastavnik"];
        $response["user"]["name"] = $user["ime"];
        $response["user"]["email"] = $user["email"];
        $response["user"]["prezime"] = $user["prezime"];
    }
}
```

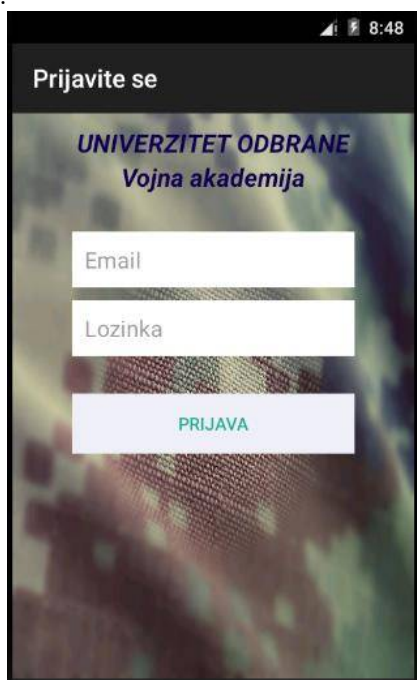
Slika 4. Odgovor koji se šalje aplikaciji

Na nivou servisa realizovana je i bezbednosna karakteristika očuvanja tajnosti korisničkih lozinki.

Naime kada korisnik unese svoju lozinku prilikom registracije ona se šifrira i radi njen otisak, koji se kao takav skladišti u bazi. Prilikom svakog sledećeg prijavljivanja već registrovanih korisnika na sistem, radi se dekripcija uz pomoć ključa koji se čuva u bazi podataka i upoređuje sa unešenom lozinkom. Loša strana ove zaštite ogleda se u tome što očuvanje tajnosti i integriteta lozinke nije realizovano u potpunosti. Ukoliko zlonamerni korisnik uspe pristupiti bazi, na kojoj je takođe realizovana autentifikacija korisnika, može na relativno brz način uvideti o kom kriptografskom algoritmu je reč.

4. PRIKAZ FUNKCIONALNOSTI

Pri pokretanju aplikacije, korisniku se prikazuje uvodna stranica koja služi kao vizuelna povratna informacija da je aplikacija pokrenuta, dok se u pozadini inicijalizuje radno okruženje. Nakon uvodnog ekrana sledi stranica za prijavljivanje nastavnika na sistem, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Stranica za prijavljivanje korisnika

Prilikom unosa podataka za autentifikaciju korisniku je uključena odgovarajuća tastatura koja u velikoj meri doprinosi povećanju brzine unosa i smanjuje verovatnoću greške prilikom unosa. Ukoliko ipak dođe do greške ili nisu unešeni svi podaci, korisniku će se pojaviti obaveštenje o grešci. Komunikacija sa serverom mora se ostvariti uz korišćenje internet veze, pa je potrebno uključiti servis za razmenu podataka pre upotrebe ili nakon pojavljivanja dijaloga za potvrdu. Nakon uspešnog prijavljivanja korisniku se pojavljuje glavni meni prikazan na slici 6.

Na stranici (slika 6) se prikazuju njegovi osnovni podaci korišćeni za upite u aplikaciji. Prikaz ovih podataka obezbeđen je na taj način što su oni sačuvani u lokalnoj bazi i prosleđuju se samo između stranica radi optimizacije rada aplikacije.



Slika 6. Glavni meni aplikacije- profil nastavnika

Osnovni zahtev koji je postavljen pred ovim radom jeste prikaz podataka vezanih za termine održavanja ispita, o kojoj nastavnoj grupi se radi i koliki je broj prijave za ispite u tekućem ispitnom roku. Nastavnik kao subjekat koji će biti korisnik ovog softvera ove informacije može dobiti klikom na dugme *PREGLED ISPITA*. Zahtev za prikaz ovih podataka obrađuje se na serveru i ukoliko postoje takvi ispita biće prikazani na sledećoj stranici ili ako ne postoje pojavice se prigodna poruka u razumljivom formatu. Kako izgleda stranica za pregled plana ispitnog roka sa specifikacijama ispita dato je na slici 7.



Slika 7. Pregled prijavljenih ispita

Na vrhu stranice prikazan je naziv tekućeg ispitnog roka, koji ujedno i služi kao filter za prikazivanje samo neophodnih ispita direktnom vezanih za prijavljenog nastavnika. Prikaz podataka je optimizovan u velikoj meri zbog relativno malog ekrana uređaja i kao posledica toga što korisnici kod sebe poseduju uređaje različitih hardverskih i softverskih mogućnosti.

Adekvatan prikaz ispita na uređajima različite veličine ekrana obebeđen je korišćenjem *ListView (listitem)* komponente radi dimamičkog popunjavanja podacima, koji u sebi ima ugrađen lenjir za skrolovanje. U svakom *listitem*-u implementirane su naziv ispita i njegove specifikacije. O svakom ispitu se vode podaci:

- klasa kadeta za koju je planiran
- mesto realizacije ispita
- datum realizacije ispita
- broj kadeta koji su prijavili ispit.

Ukoliko dođe do nekih promena termina oko realizacije ispita, t.j. promena zapisa u bazi od strane Studentske službe ili na zahtev kadeta, podaci koji će se prikazivati na ovoj stranici biće apsolutno ažurni bez potrebe za informisanjem službenim putem uz dodatno vremensko kašnjenje. Za povratak na glavni meni aplikacije koristi se dugme nazad.

Ukoliko se korisnik odluči za prekid rada, može to učiniti klikom na dugme *Prekid rada*, prikazano na slici 6. Ova akcija povlači sa sobom brisanje podataka iz lokalne baze telefona, ukidanje sesije korisnika i ponovno prikazivanje stranice za prijavljivanje korisnika (slika 5). Ukoliko se nastavnik odluči da prekine rad tako što će iskoristiti sistemsko dugme za prekid, lokalna baza se neće obrisati. Ponovnim pokretanjem softvera neće biti potrebno ponovno prijavljivanje, što u velikoj meri olakšava upotrebu, ali nije pouzdana iz bezbednosti razloga ukoliko do uređaja dođe neovlašćeni korisnik.

5. ZAKLJUČAK

Aplikacija za pregled plana ispitnog roka već je u samom radu prevazišla ono što je zadatkom bilo predviđeno. Implementirani deo za nastavnike ima neophodne funkcije koje su potrebne predavaču.

Pravci daljeg razvoja aplikacije su svakako unapređivanje u polju sigurnosti kao i u realnim mogućnostima primene. Kako je aplikacija predviđena za rad na internetu, treba imati u vidu zaštitu poverljivih podataka koji bi se prenosili ovim kanalom. Aplikacija je izrađena tako da je nadogradnja relativno jednostavna. Ideja je da se postojeće funkcije prošire, ili dodaju potpuno nove mogućnosti pogotovo u delu koji se tiče kadeta i usluga koje se njima mogu pružiti. Internet rešenje već postoji i vrlo je bitno koristiti već postojeću infrastrukturu kako ne bi došlo do nepotrebnog gubitka resursa. Treba iskoristiti postojeću bazu podataka i server, da bi se korisnicima pružio osećaj da postojeće sveobuhvatno internet rešenje imaju na mobilnom telefonu.

Funkcionalnosti koje treba dodati u aplikaciju, a koje su primerene za mobilnu platformu su pregled rasporeda časova za nastavne grupe, pregled obaveštenja iz kadetske službe koje treba implementirati u okviru postojeće arhitekture operativnog sistema kako bi kadet ili nastavnik imali priliku, iako ne koriste aplikaciju u datom trenutku, da dobiju obaveštenje o pristigloj promeni u aplikaciji. Takođe treba dodati i mogućnost izmene ličnih podataka.

Krajnji cilj je da aplikacija dobije karakter društvene aplikacije. Društvena aplikacija znači priliku da kadeti međusobno i sa nastavnicima razmenjuju poruke koje se tiču polaganja ispita, razmene literature ili preplaniranja ispita. To bi značilo umrežavanje pripadnika Vojne akademije u akademskom smislu.

U ovom trenutku, aplikacija za pregled ispita je u velikoj meri personalizovana i kao takva treba da se razvija. Treba istaći da je programiranje mobilnih aplikacija generalno zahtevnije od drugih vrsta programiranja, upravo iz razloga ograničenosti resursa. Sa radom u ovom polju došlo se do novih saznanja o platformi koja pružaju kvalitetnu osnovu za neki dalji rad.

6. LITERATURA

- [1] Wei-Meng Lee: Android 4 razvoj aplikacija II izdanje, 2012. godine
- [2] <http://stackoverflow.com/>
- [3] <http://developer.android.com/training>

UPOTREBA NEURONSKIH MREŽA ZA PREDVIĐANJE UPOTREBLJIVOSTI PODATAKA

DATA USABILITY PREDICTION USING NEURAL NETWORKS

Tijana Vujičić¹, Petar Radunović², Ilija Antović¹, Siniša Vlajić¹
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka¹
Univerzitet Mediteran, Fakultet za informacione tehnologije²

Sadržaj – Područje istraživanja ovog rada je upotreba neuronskih mreža za predviđanje upotrebljivosti podataka u cilju rješavanja konkretnog problema. Izvršena je detaljna analiza neuronskih mreža, različitih tipova i mogućnosti njihove upotrebe. Prikazan je cijeli proces implementacije rješenja, od kreiranja i treniranja neuronske mreže, testiranja i upotrebe, do integracija sa postojećim sistemom i analize performansi.

Abstract - The core area of this research is data usability prediction using neural networks in order to resolve specific problem. The paper contains detailed analysis of neural networks, different types and usage possibilities. The whole implementation process is presented through neural network creation and training, testing and usage, integration with existing system and performance analysis.

1. UVOD

Posljednjih godina problemi iz različitih naučnih područja rješavaju se primjenom najsavremenijih metoda vještačke inteligencije. Vještačka inteligencija (Artificial Intelligence - AI) je oblast informatike koja se fokusira na razvijanje softvera koji će omogućiti računarima da se ponašaju na način koji bi se mogao okarakterisati inteligentnim. Zahvaljujući ovoj disciplini računarski sistemi mogu biti sposobni da na osnovu ulaznih podataka, ugrađenog znanja i mehanizma rasuđivanja 'inteligentno' generišu izlaz. [1]

Neuronske mreže, jedna od oblasti vještačke inteligencije, koriste matematičke forme i strukturu ljudskog mozga kako bi razvile strategiju procesiranja podataka. [3],[4] Mogu se upotrijebiti za rješavanje širokog spektra problema, a jedan od takvih problema je kako iz velike količine raznovrsnih, najčešće nestruktuiranih podataka, izdvojiti one koji mogu biti korisni za poslovanje neke kompanije. Područje istraživanja ovog rada je analiza neuronskih mreža i mogućnosti njihove upotrebe za rješavanje konkretnog problema predviđanja upotrebljivosti podataka.

2. NEURONSKE MREŽE

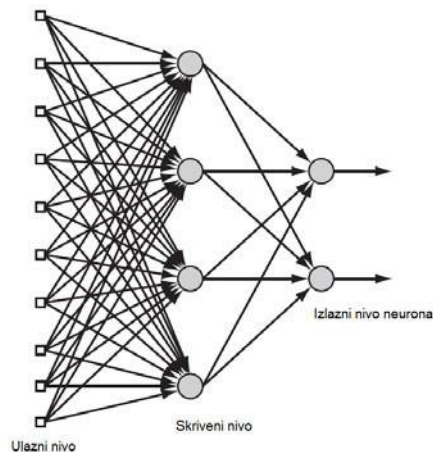
Neuronske mreže imaju sposobnost učenja iz primjera (skupa podataka za trening), u kojima su date određene ulazne veličine i očekivani izlaz za navedene ulaze. Kada jednom pronađe pravila za izračunavanje (vezu između

ulaza i izlaza), neuronska mreža je sposobna da odredi izlaz za bilo koji ulaz, naravno uz mogućnost greške. To su sistemi koji su u stanju da stiču, čuvaju i koriste iskustveno znanje. [3],[4]

Neuronska mrežaje skup međusobno povezanih jednostavnih elemenata, čija se funkcionalnost temelji na biološkom neuronu. Neuroni su grupisani u tri nivoa:

- ulazni nivo - neuroni koji primaju ulazne podatke od korisničkog programa
- izlazni nivo - neuroni koji šalju podatke korisničkom programu
- skriveni nivoi – nalaze se između ulaznog i izlaznog nivoa, može ih biti nula ili više.

Veze između neurona imaju težine do kojih se dolazi učenjem iz skupa podataka za trening. [2], [3], [4], [5]



Slika 1. Struktura neuronske mreže

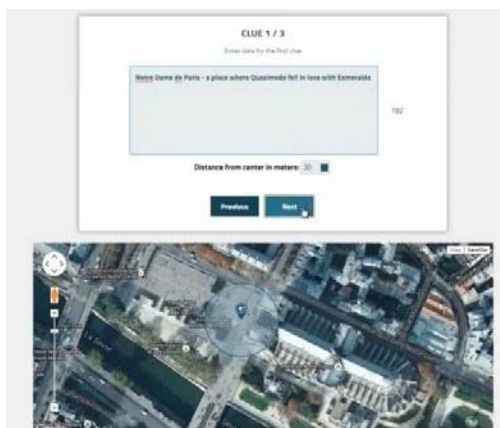
3. ANALIZA PROBLEMA

Cilj istraživanja ovog rada je upotreba neuronskih mreža za rješavanje konkretnog problema predviđanja upotrebljivosti podataka. U pitanju je zahtjev projekta Geostep, koji će biti detaljnije opisan u nastavku.

3.1 OPIS POSTOJEĆEG SISTEMA

Geostep je servis za kreiranje i igranje interaktivnih geolokacijskih igara baziranih na pravilima „lova na blago“ (engl. treasure hunt). Obuhvata web aplikaciju, preko koje bilo ko može besplatno kreirati igru, i mobilnu aplikaciju, koja se koristi za igranje kreiranih igara. [6]

Prilikom kreiranja igre potrebno je da korisnik odredi njen naziv, opis, broj tragova, tip i trajanje. Igra može biti privatna, što znači da je mogu igrati samo oni korisnici kojima kreator igre dostavi jedinstveni kod igre, ili javna, što znači da je svi korisnici mogu vidjeti u okviru mobilne aplikacije. Za svaki trag je potrebno na mapi označiti tačnu lokaciju na kojoj je trag sakriven upotrebom pin-a, unijeti zagonetku koja je vezana za taj trag i definisati prečnik kruga u kom će se trag tražiti. Nakon kreiranja igre potrebno je da korisnik preuzme tragove u vidu QR kodova u PDF ili PNG formatu, i da date kodove postavi na lokacijama koje je prethodno kreirao.



Slika 2. Proces kreiranja traga

Za preuzimanje i igranje kreiranih igara koristi se mobilna aplikacija. Nakon preuzimanja igre korisnik na mapi vidi krug u kom se nalazi prvi trag, ali ne i njegovu tačnu lokaciju, jer je za uspješno pronalaženje traga potrebno riješiti zagonetku. Nakon što pronade prvi trag, korisnik mora da skenira QR kod, kako bi mu aplikacija prikazala lokaciju sledećeg traga. Igra funkcioniše na istom principu sve dok se ne pronade poslednji trag, kada je korisniku omogućeno da vidi rang listu igrača i svoju poziciju.



Slika 3. Proces igranja kreirane igre

3.2 ARHITEKTURA POSTOJEĆEG SISTEMA

Arhitekturu Geostep sistema čine:

- Baza podataka – MSSQL baza podataka koja se nalazi na SQL Express serveru
- Web aplikacija - razvijena u Microsoft Visual Studio 2010 razvojnom okruženju kao ASP.NET aplikacija. Njena glavna uloga je kreiranje igara, kao i obezbeđivanje web servisa preko kojih aplikacije za mobilne telefone komuniciraju sa serverom. Ovi servisi primaju HTTP zahtjeve, izvršavaju ih (CRUD operacije nad bazom podataka) i na njih odgovaraju u XML formatu.
- Aplikacije za mobilne telefone – Aplikacija za igranje, razvijena za uređaje sa Android operativnim sistemom. Razvoj aplikacije za uređaje sa iOS operativnim sistemom je u toku.



Slika 4. Arhitektura Geostep sistema

3.3 PREDSTAVLJANJE PROBLEMA

Kreiranje i igranje igara putem mobilne aplikacije su besplatni. Međutim, ukoliko korisnik smatra da njegova igra ima zanimljiv sadržaj, može da odluči da je ponudi na prodaju korisnicima mobilne aplikacije. Na primjer korisnik može da kreira igru namijenjenu turistima koji žele da posjete neka lijepa mjesta u gradu koji on dobro poznaje, mjesta koja su manje poznata i koja se možda i ne nalaze u klasičnim turističkim vodičima. Takođe, korisnik može kreirati igru za obilazak najboljih pabova ili restorana u gradu, obilazak planinarskih ili biciklističkih staza, obilazak lokacija na kojima se odvija radnja nekog poznatog filma ili knjige itd.

Igre čiji su tragovi popularne lokacije, Geostep platformi daju mogućnost crowdsourcing-a, pribavljanja informacija o zanimljivim mjestima od samih korisnika. Međutim, problem je kako prepoznati igru koja sadrži interesantne lokacije i koja može biti zanimljiva za prodaju, ukoliko je korisnik nije naznačio kao igru koju želi da proda, ili je čak nije napravio javnom. Kako bi se to postiglo, potrebno je izdvojiti igre sa lokacijama koje vrijedi podijeliti sa svim korisnicima, i koje bi se mogle naplatiti. Nakon izdvajanja zanimljivih igara korisnicima koji su ih kreirali može se ponudi opcija prodaje kreirane igre, a lokacije iz kreirane igre se mogu dodati u bazu zanimljivih mjesta.

Dok je aplikacija u razvoju, i još uvijek nije zaživjela na pravi način, ovaj posao može obavljati neko od zaposlenih u kompaniji, analiziranjem svake nove igre i njenih tragova. Međutim, kako aplikacija i broj kreiranih

igara na dnevnom nivou bude rastao, odvajanje relevantnih igara na ovaj način postaće nemoguće. Zbog toga je zahtjev da se Geostep platforma nadogradi inteligentnom komponentom, koja će omogućiti da se prilikom kreiranja igre predvidi da li ona može biti relevantna za prodaju.

Kako bi se donijela odluka da li je igra relevantna, prvo je neophodno kategorisati tragove koje ona obuhvata i zaključiti o kakvim se mjestima radi i da li ona mogu biti zanimljiva. Nakon kategorizacije tragova, potrebno je zaključiti da li igra sa takvim tragovima, i ostalim osobinama koje su nam poznate, može biti interesantna za korisnike.

Podatak o relevantnosti igre čuvaće se u bazi podataka i biće dostupan samo menadžmentu, kako bi im se pružili dodatni podaci za planiranje daljeg poslovanja.

4. DIZAJN RJEŠENJA

Prilikom analize postavljenih zahtjeva uočili smo dva problema: kako odrediti kategorije tragova i kako odrediti relevantnost igre.

4.1 ODREĐIVANJE KATEGORIJE TRAGOVA

Podaci koje korisnik unosi prilikom definisanja traga nijesu dovoljni za kategorizaciju. Neophodno je utvrditi da li je trag neki kulturno-istorijski spomenik, muzej, kafić, restoran ili je u pitanju neka privatna kuća ili klupa u parku. Kako bi se ovaj problem riješio na adekvatan način, potrebna je baza podataka sa što većim brojem unaprijed definisanih mjesta, koja sadržati više podataka o mjestu, a ne samo njegovu poziciju na mapi. Najbolju bazu podataka toga tipa danas ima Foursquare aplikacija, koja prema poslednjoj statistici sadrži preko 60 miliona različitih mjesta. [7] Nakon kreiranja igre, potrebno je kontaktirati Foursquare bazu podataka i preuzeti podatke o mjestu koje je najbliže traženoj lokaciji. Kako Foursquare ima veliki broj kategorija, a mnoge od njih nijesu značajne za ovaj problem, odlučeno je da se Foursquare kategorije grupišu u četiri Geostep kategorije, koje su najznačajnije za određivanje relevantnosti igre, a to su:

1. business – prodavnice, poslovne zgrade, kancelarije, aerodromi, stanice prevoza itd.
2. social - kafići, restorani, pabovi, koncerti, festivali, konferencije itd.
3. travel - muzeji, parkovi, kulturno istorijski spomenici itd.
4. irrelevant - kategorije koje ne mogu biti značajne za igru, na primjer privatne kuće ili mjesta o kojima se ne mogu dobiti podaci

4.2 ODREĐIVANJE RELEVANTNOSTI IGRE

Nakon što se upotrebom Foursquare API-a definišu i kategoriju lokacije tragova, potrebno je zaključiti da li igra sa takvim tragovima, i ostalim osobinama koje su nam poznate, može biti interesantna za korisnike. Traženje rješenja za ovaj problem dovelo je do

istraživanja oblasti vještačke inteligencije, koje bi mogle omogućiti sistemu da „nauči“ da prepoznaje relevantne igre, prvenstveno neuronskih mreža.

Odlučeno je da se kreira neuronska mreža koja će biti u mogućnosti da nakon pravljenja igre procijeni da li je ona relevantna za dalje plasiranje i prodaju ili nije. Prvo je potrebno odrediti model koji će se koristiti i kreirati neuronsku mrežu. Kako bi se odredio broj nivoa i neurona u neuronskoj mreži, potrebno je prikupiti i izanalizirati dostupne podatke i odrediti ulazne parametre i željeni izlaz. Nakon toga se moraju pripremiti adekvatni podaci na osnovu kojih će se kreirati skupovi podataka za trening i testiranje mreže. Do konačnog modela mreže mora se doći eksperimentalnim putem, isprobavanjem različitih pristupa i različitih vrijednosti parametara.

5. IMPLEMENTACIJA RJEŠENJA

Zbog specifične arhitekture postojećeg sistema odlučeno je da se rješenje implementira kao web servis, kom će nakon kreiranja igre kroz web aplikaciju biti prosljeđen HTTP zahtjev, i čiji će se odgovor (da li je igra relevantna ili ne) upisati u bazu podataka. Odgovor će se, kao i u ostalim web servisima u postojećem sistemu, slati u XML formatu.

Rješenje se sastoji iz dva dijela. Prvo je potrebno putem Foursquare API-a pronaći kategoriju svake od lokacija, a nakon toga prepustiti neuronskoj mreži da na osnovu dosadašnjeg iskustva utvrdi da li je igra relevantna za dalje plasiranje.

5.1 DEFINISANJE ULAZNIH I IZLAZNIH PARAMETARA ZA NEURONSKU MREŽU

Definisanju ulaznih parametra neuronske mreže prethodila je detaljna analiza podataka koje znamo o svakoj igri, kako bi se utvrdilo koji od njih mogu uticati na konačnu odluku.

Ključni podaci o svakoj igri su: tragovi, privatnost igre i vrijeme trajanja igre. Svaki od ovih podataka potrebno je prilagoditi i proslijediti neuronskoj mreži kao ulazni parametar.

Za svaki trag potrebno je kontaktirati Foursquare bazu podataka i na osnovu Foursquare kategorije odrediti kojoj od Geostep kategorija trag pripada. Nakon kategorizacije tragova, moguće je dobiti broj tragova u određenoj igri za svaku od kategorija. Neuronska mreža će o tragovima, kao najvažnijem podatku, dobiti četiri parametra, od kojih svaki predstavlja procentualno učešće tragova u određenoj kategoriji.

Za ulazni parametar koji predstavlja privatnost igre neuronskoj mreži će biti prosljeđena vrijednost 0 (privatna igra) ili 1 (javna igra).

Kada je u pitanju vrijeme trajanja igre, ulazni parametar predstavlja procentualno učešće broja dana u maksimalnom trajanju, koje je na nivou sistema postavljeno na 1050.

U tabeli 1 prikazan je primjer podataka o igri i odgovarajućih ulaznih parametara za neuronsku mrežu.

Ulazni parametar	Podatak	Vrijednost parametra
Tragovi u kategoriji business	1	0.125
Tragovi u kategoriji social	3	0.375
Tragovi u kategoriji travel	4	0.5
Tragovi u kategoriji irrelevant	0	0
Privatnost igre	javna	1
Trajanje igre u danima	366	0.244

Tabela 1. Primjer ulaznih podataka

Izlaz iz neuronske mreže je jedan podatak, koji označava da li igra može biti relevantna za prodaju. Može imati samo dvije vrijednosti: 1-relevant ili 0-irrelevant.

5.2 PODACI ZA TRENIRANJE NEURONSKE MREŽE

Geostep servis je još uvijek u razvoju, i ne postoji dovoljno kreiranih igara koje bi se mogle koristiti kao podaci za treniranje neuronske mreže. Zbog toga je bilo potrebno kreirati određeni broj igara za trening. Kako bi podaci bili validni deset osoba je, nezavisno jedna od druge i po svojim željama i interesovanjima, kreiralo po pet igara. Za svaku igru koju su kreirali bilo je potrebno da dostave jedinstveni kod igre i svoje mišljenje o tome da li je igra relevantna za prodaju ili ne.

Nakon što je završeno kreiranje igara izvršena je revizija predložene relevantnosti i metodom slučajnog izbora kreiran je skup podataka za trening, koji sadrži podatke 40 igara, i skup podataka za testiranje, koji sadrži podatke 10 igara.

5.3 KREIRANJE NEURONSKE MREŽE

Za kreiranje neuronske mreže korišćen je alat Neuroph Framework-a, Neuroph Studio [8].

Za tip neuronske mreže izabran je najčešće korišćeni tip - perceptron sa više nivoa (MLP)¹. Za treniranje MLP-a koristi se Backpropagation² algoritam, ali je njemu često potrebno dugo vremena da dođe do prihvatljivog rješenja. Zbog toga je odlučeno da se koristi Backpropagation with momentum algoritam³, koji ima bolje performanse i brže postiže željeni rezultat.

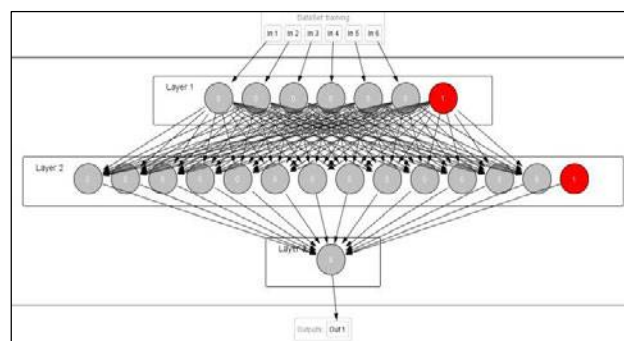
¹ Neuronska mreža koja, pored ulaznog i izlaznog sloja neurona, ima i najmanje jedan skriveni sloj.

² Jedan od najstarijih algoritama za treniranje perceptrona sa više nivoa. Uči poredeći izlaz neuronske mreže sa željenim izlazom, računa grešku za svaki čvor u mreži i mijenja težine veza.

³ Algoritam u kom je unapređeno pravilo za promjenu težina veza, kako bi se ubrzao proces učenja.

Kako bi završili kreiranje neuronske mreže potrebno je još da odredimo broj nivoa i broj neurona u njima. Nivoi u neuronskoj mreži su:

1. ulazni nivo – neuronska mreža ima tačno jedan ulazni nivo, a svaki neuron ulaznog nivoa predstavlja nezavisnu varijablu koja ima uticaj na izlaz neuronske mreže - u ovom slučaju to je 6.
2. skriveni nivoi – veoma su rijetki slučajevi u kojima je potrebno više od jednog skrivenog nivoa. [2] Veoma je važno pažljivo izabrati broj neurona za skriveni sloj, kako ne bi došlo do underfitting-a (premalno neurona) ili overfitting-a (previše neurona). Uvijek je potrebno dodatno eksperimentisanje, kako bi se dobila najbolja struktura mreže za konkretan problem. U toku eksperimentisanja može se voditi se jednim od dva metoda: forward selection (počinje se sa malim brojem neurona i mreža se trenira i testira, a broj neurona se povećava dok se god rezultati poboljšavaju) ili backward selection (počinje se sa velikim brojem neurona i mreža se trenira i testira, a broj neurona se smanjuje dok se god rezultati poboljšavaju). [2] U ovom primjeru upotrijebljen je forward metod određivanja broja neurona i najbolje rezultate mreža je dala sa 13 neurona u skrivenom sloju.
3. izlazni nivo - neuronska mreža ima tačno jedan izlazni nivo, a broj neurona u njemu zavisi od zadatka koji neuronska mreža ima. U ovom primjeru neuronska mreža ima samo jedan neuron u izlaznom nivou.



Slika 5. Struktura kreirane neuronske mreže

5.4 TRENIRANJE I TESTIRANJE NEURONSKE MREŽE

Neuronska mreža je u toku samog kreiranja više puta trenirana, kako bi se pronašao optimalan broj neurona u skrivenom sloju. Prilikom treniranja uslov za zaustavljanje je bio postizanje minimalne greške od 0.01. Ustanovljeno je da mreža najbolje radi sa 13 neurona, kod manjeg broja neurona treniranje je trajalo predugo, ili se uopšte nije završavalo, jer greška nije mogla da se spusti ispod 0.04.

Nakon treniranja mreže izvršeno je njeno testiranje, korišćenjem testnog skupa podataka, takođe kroz Neuroph Studio. Testiranje je dalo sledeće rezultate:

- 8 rezultata se u potpunosti poklapa sa željenim rezultatom

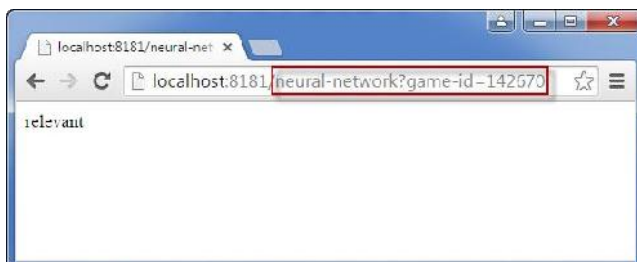
- 1 rezultat je nedefinisan (očekivano 1, dobijeno 0,5)
- 1 rezultat je pogrešan (očekivano 0, dobijeno 1)

Input	Output	Desired output	Error
0; 0.25; 0; 0.75; 1; 0.1743;	0.5055;	1;	-0.4945;
0; 0; 0.2; 0.8; 1; 0.2686;	1;	1;	-0;
0; 0; 0.6667; 0.3333; 1; 0.1886;	1;	1;	-0;
0; 0; 0; 1; 1; 0.0095;	0;	0;	0;
0; 0.375; 0.375; 0.25; 0; 0.3476;	0;	0;	0;
0; 0.2857; 0.5714; 0.1429; 1; 0.0095;	1;	1;	-0;
0; 0; 0.8571; 0.1429; 0; 0.0467;	1;	0;	1;
0; 0.1667; 0.1667; 0.6667; 1; 0.0952;	0.9961;	1;	-0.0039;
0; 0; 0.1667; 0.8333; 1; 0.1819;	1;	1;	-0;
0; 0.1667; 0; 0.8333; 0; 0.2752;	0;	0;	0;
Total Mean Square Error: 0.12445824856873819			

Slika 6. Rezultati testiranja

5.5 UPOTREBA NEURONSKE MREŽE

Kao što je prethodno objašnjeno aplikacija treba da omogući web servis koji će na osnovu jedinstvenog koda igre vratiti odgovor (da li je igra relevantna ili ne) u XML formatu. Web servis se poziva preko određenog URL-a, u kom se jedinstveni broj igre prosleđuje kao parametar.



Slika 7. Pristupanje definisanom URL-u putem web browser-a

6. EVALUACIJA

Izvršeno je testiranje rješenja sa dostupnim podacima, ali su i namjenski kreirane dodatne igre, kako bi se provjerilo da li će neuronska mreža dati očekivani rezultat. U svim slučajevima testiranje dalo dobre rezultate, tako da je odlučeno da se rješenje integriše sa postojećim sistemom i da se prati njegov rad sa realnim podacima..

Takođe je izvršena analiza performansi sistema, koja je prikazana u tabeli 2.

Performanse	
Broj tragova	Vrijeme izvršavanja
3	3.70 s
5	4.86 s
10	8.83 s

Tabela 2. Performanse

Kao što se može vidjeti u tabeli 2 vrijeme izvršavanja je dugo i povećava se sa rastom broja tragova. Razlog tome je čekanje odgovora od Foursquare-a, koji se mora kontaktirati za svaki trag pojedinačno. Zbog toga su u tabeli 3 prikazane performanse neuronske mreže, u

slučaju kad joj se ulazni podaci pružaju direktno, bez kontaktiranja Foursquare-a.

Performanse	
Broj tragova	Vrijeme izvršavanja
3	494.05 μ s
5	499.06 μ s
10	502.45 μ s

Tabela 3. Performanse bez kontaktiranja Foursquare-a

Kao što se može vidjeti u tabeli 3 vrijeme izvršavanja je značajno smanjeno kada se ne kontaktira Foursquare. Vrijeme koje je potrebno web servisu da vrati rezultat nije od presudnog značaja za sistem, jer je to podatak koji nije potreban korisniku, već se procjena relevantnosti vrši u pozadini, nakon što korisnik završi proces kreiranja igre.

Međutim kategorisanje tragova putem Foursquare-a je ograničenje ovog sistema, iz više razloga:

- značajne lokacije mogu biti označene kao nebitne, jer ne postoje u Foursquare bazi podataka
- lokacija može biti označena pogrešnom kategorijom
- može doći do pogrešnog prepoznavanja mjesta - lokacije na Foursquare-u nijesu u potpunosti precizne, a postoji i puno mjesta koja su blizu jedno drugom ili čak na istoj lokaciji
- dugo se čeka na odgovor

Ograničenost Foursquare servisa se može prevazići ukoliko se u Geostep aplikaciji doda izbor kategorije za svaki trag, što se nalazi u planu razvojnog tima za sledeću verziju.

7. ZAKLJUČAK

Cilj istraživanja ovog rada je rješenje konkretnog problema upotrebom neuronskih mreža za predviđanje upotrebljivosti podataka. U pitanju je zahtjev projekta Geostep da se napravi sistem koji će iz svih kreiranih igara izdvojiti one koje bi mogle biti zanimljive za prodaju.

Navedeni problem nije bilo moguće riješiti standardnim algoritmima, već je bilo neophodno upotrijebiti neku od tehnika vještačke inteligencije. Izabrane su neuronske mreže koje su najbliže ljudskom načinu razmišljanja i koje mogu da detektuju sve veze između ulaza i izlaza, čak i ako su u pitanju kompleksne i nelinearne veze.

Veliki izazov je bilo dizajniranje neuronske mreže, koje je dodatno otežano njihovom „black box“ prirodom. Ukoliko mreža ne funkcioniše kako treba, programer ne može mnogo da uradi kako bi promijenio njeno ponašanje. Sve se svodi na eksperimentisanja i pokušaje da se smanji greška isprobavanjem različitih modela, aktivacijskih funkcija ili algoritama za učenje, dok se ne postignu željeni rezultati.

Dodatni otežavajući faktor bio je nedostatak adekvatnih podataka koji bi se mogli koristiti za trening mreže, od kog sve zavisi, jer mreža koja se loše istrenira, loše i radi, a mala promjena u podacima može da utiče na cijelu mrežu. Međutim, kada se kreira neuronska mreža koja daje dobre rezultate, ona se može integrisati u bilo koju aplikaciju bez problema. Nakon integracije mreža može da uči i nema potrebe da se reprogramira.

Konkretan rezultat rada je nadogradnja Geostep platforme inteligentnom komponentom, koja prilikom kreiranja igre omogućava predviđanje da li ona može biti relevantna za prodaju. Nakon što je izvršeno je testiranje rješenja sa dostupnim testnim podacima, komponenta je integrisana u postojeći sistem i planirano je da se prvih nekoliko mjeseci njen rad nadgleda i provjera, kako bi se vidjelo da li daje adekvatne rezultate.

LITERATURA

- [1] McCarthy, Minsky, Rochester, Shannon, "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence", Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, 1955.
- [2] J. Heaton, "Introduction to Neural Networks with Java", Heaton Research Inc., 2005.
- [3] D.W.Patterson, "Artificial Neural Networks", Prentice Hall, 1995.
- [4] McCulloch, Walter, "A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity", Bulletin of Mathematical Biophysics 5, 1943.
- [5] S. Haykin, "Neural Networks and Learning Machines (3rd Edition)", 2008.
- [6] Geostep website, www.geostep.me, 05.01.2016.
- [7] Foursquare, <https://foursquare.com>, 05.01.2016.
- [8] Z. Švarac, Neuroph Java framework za neuronske mreže, <http://neuroph.sourceforge.net/>, 05.01.2016.

BCG PORTFOLIO MATRICA: PRISTUP ZASNOVAN NA NEURO-FUZZY MODELOVANJU

BCG PORTFOLIO MATRIX: AN APPROACH BASED ON NEURO-FUZZY MODELING

Dragan Pamučar¹, Vesko Lukovac¹, Milena Popović²
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija¹
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka²

Sadržaj – U ovom radu prikazan je novi model za izradu portfolija ljudskih resursa koji je zasnovan na neuro-fuzzy pristupu. Adaptivna neronska mreža konstruisana je na osnovnim postavkama Boston Consulting Group (BCG) portfolio matrice. Podešavanje adaptivne neuronske mreže izvršeno je primenom algoritma simuliranog kaljenja. Model omogućava definisanje prioriteta predloženih strategija čime se eliminiše jedan od nedostataka klasične BCG portfolio matrice. U prikazanom neuro-fuzzy portfolio modelu ulazne promenljive opisane su fuzzy skupovima koji su predstavljeni gausovim funkcijama pripadnosti.

Key words: Portfolio model, Neuro-fuzzy modelovanje, BCG matrica

Abstract - This paper presents a new model for developing human resources portfolio based on neuro-fuzzy approach. The adaptive neural network is constructed based on the Boston Consulting Group (BCG) portfolio matrix. Setting the adaptive neural network was performed by applying simulated annealing algorithm. The model allows defining the priorities of the suggested strategies which eliminates one of the flaws of the classic BCG portfolio matrix. In the shown neuro-fuzzy model the input variables are described using fuzzy set which are being represented by Gaussian functions.

Key words: Portfolio model, Neuro-fuzzy modeling, BCG matrix

1. UVOD

Ljudski resursi su usled dinamičnih i sveobuhvatnih promena u poslovnom okruženju i društvu uopšte postali veoma važan resurs za poslovanje i razvoj preduzeća. Uporedo sa promenama u okruženju menjaju su se i zahtevi u pogledu aktivnosti upravljanja ljudskim resursima. Kompanije su u mogućnosti da uspešno reaguju na promene u okruženju, odnosno da se prilagođavaju promenama zahvaljujući znanju, veštinama i kreativnim sposobnostima zaposlenih [1]. Ljudski resursi, njihova znanja, veštine i sposobnosti postaju važan nosilac izgradnje konkurentskih prednosti preduzeća [2,3]. Usled toga postaje sve značajnija funkcija upravljanja ljudskim resursima, koja ima za cilj da ukupnu energiju zaposlenih usmeri ka ostvarivanju strateških ciljeva preduzeća [2,4]. Za postizanje navedenih ciljeva mogu uspešno da se koriste portfolio modeli i portfolio matrice.

Koncept upravljanja portfolijom nastao je iz dva komplementarna, ali nezavisna upravljačka programa: (1) potreba da se donose racionalne investicione odluke koje

doprinosu pružanju organizacionih koristi [5] i (2) potreba za optimizacijom u korišćenju resursa kako bi se omogućilo stvaranje benefita na delotvoran i efikasan način [6]. Markowitz [5] prvi put uvodi koncept portfolija u finansijskom sektoru. Markowitz je predložio Modernu Portfolio Teoriju u kojoj predlože racionalnim investitorima da koriste diversifikaciju sa ciljem optimizacije svojih portfolija: portfolijo u ovom slučaju predstavlja prikupljanje finansijskih sredstava i investicija.

Tokom godina, veliki broj naučnika dao je svoj doprinos istraživanju portfolio modela kroz predloge i empirijska istraživanja novih dimenzija portfolio modela i perspektiva za klasifikaciju resursa. Na osnovu analize portfolio modela u svetu koju je izvršio Salo [7] možemo da uočimo da se u mnogim radovima za izradu portfolio modela koristi fuzzy logika u kombinaciji sa linearnim i dinamičkim programiranjem [8,9]. Jedan broj radova razmatra primenu metoda višekriterijumskog odlučivanja kao što su DEA, TOPSIS i AHP [10,11]. Međutim, uočava se nedostatak radova koji se bave primenom heurističkih metoda u problemima izrade portfolija. Posebno može da se uoči da se retko koriste prednosti hibridnih modela veštačke inteligencije kao što su neuro-fuzzy sistemi. Jedan od retkih radova koji razmatra primenu adaptivne neuro-fuzzy tehnike prikazali su Gunasekaran and Ramaswami [12]. U svom radu Gunasekaran and Ramaswami [12] pokazali su prednosti primene neuro-fuzzy modela u portfolio problemima i predložili dalje usavršavanje adaptivnih neuro-fuzzy tehnika primenom heurističkih i metaheurističkih modela.

Analizom literature koja se bavi portfolio modelima u strateškom menadžmentu ljudskih resursa uočava se nedostatak primene fuzzy logike, adaptivnih neuro-fuzzy modela, linearnog i dinamičkog programiranja, kao i heurističkih i metaheurističkih modela. Većina radova razmatra razvoj portfolio modela ljudskih resursa primenom klasičnih metoda strateškog menadžmenta [13].

Jedan od ciljeva ovog rada je prevazilaženje navedenog jaza kroz primenu adaptivne neuro-fuzzy tehnike i algoritma simuliranog kaljenja za izradu portfolija ljudskih resursa. Na osnovu preporuka koje su dali Gunasekaran and Ramaswami [12] autori su u ovom radu pokazali primenu adaptivne neuro-fuzzy tehnike koja je obučena primenom algoritmom simuliranog kaljenja.

Prema [8,13] jedan od najznačajnijih instrumenata koji se koristi kao osnova u kombinaciji sa drugim menadžerskim alatima su portfolio matrice. Do danas su

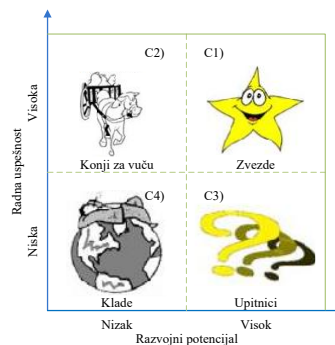
razvijen veliki broj modifikacija portfolio matrica, međutim osnovu većine modifikacija čini primena osnovnih modela kao što su: Boston Consulting Group - BCG matrix [14], Kraljic portfolio matrix [15], McKinsey/General Electric matrix [12] i Artur D. Little (ADL) matrix [15].

Pupovac and Zelenika [16], Rahimić [17] i Pintarić [18] kao osnovu za izradu portfolija ljudskih resursa kompanije predlažu primenu BCG matrice. Međutim, kao jedan od osnovnih problema koji se javlja prilikom primene portfolio matrica, pa i BCG matrice, je određivanje pripadnosti elemenata matrice definisanim strategijama. BCG matrica se sastoji iz četiri kvadrata (strategije). Prilikom određivanja pripadnosti elemenata određenoj strategiji često se dešava da se element nalazi na granici prve strategije, odnosno veoma blizu drugoj ili trećoj strategiji. U slučaju oštre klasifikacije, posmatrani element pripada prvoj strategiji. Međutim, u stvarnosti posmatrani element sa određenim stepenom pripadnosti pripada prvoj strategiji, a sa određenim stepenima pripadnosti drugoj i trećoj strategiji. U cilju prevazilaženja ovih poteškoća autori [12,14] predlažu primenu fuzzy logike.

U ovom radu prikazan je model za izradu portfolija ljudskih resursa koji prevazilazi prethodno navedena ograničenja a koji se zasniva na fuzzy logičkim produkcijskim pravilima. Baza fuzzy pravila omogućava upravljanje portfolijom ljudskih resursa u fuzzy okruženju. Novi portfolio model se zasniva na primeni Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System-a i BCG portfolio matrice (ANFIS-BCG). Model omogućava definisanje prioriteta predloženih strategija čime se eliminiše jedan od nedostataka klasične BCG portfolio matrice.

2. ANFIS-BCG MODEL

Pomoću portfolio matrice može da se izvrši agregacija individualnih profila radne uspešnosti i razvojnih potencijala za portfolio ljudskih resursa kompanije ili njenih delova. Ovaj portfolio treba da omogući pravovremeno uvođenje i korištenje instrumenata upravljanja ljudskim resursima. U ovom radu izvršena je modifikacija osnovnog BCG portfolio modela i predstavljen je novi model za analizu portfolija ljudskih resursa. Osnovni cilj razvoja ovakvog modela je stvaranje uravnoteženog portfolija ljudskih resursa u kompanijama. Modifikovana BCG matrica koja predstavlja polaznu osnovu za razvoj ANFIS-BCG modela za analizu razvojnih sposobnosti ljudskih resursa prikazana je na slici 1.



Slika 1. Matrica za analizu ljudskih resursa

Kompletiranje matrice (slika 1) realizuje se kroz dva koraka. U prvom koraku vrši se ocenjivanje radne uspešnosti radnika. U drugom koraku procenjuje se razvojni potencijal posmatranog radnika. Na osnovu dobijenih vrednosti radne uspešnosti i razvojnog potencijala određuje se položaj radnika u matrici razvojnih sposobnosti ljudskih resursa (slika 1). Prema portfoliju ljudskih resursa [16] razlikuju se četiri tipa zaposlenih:

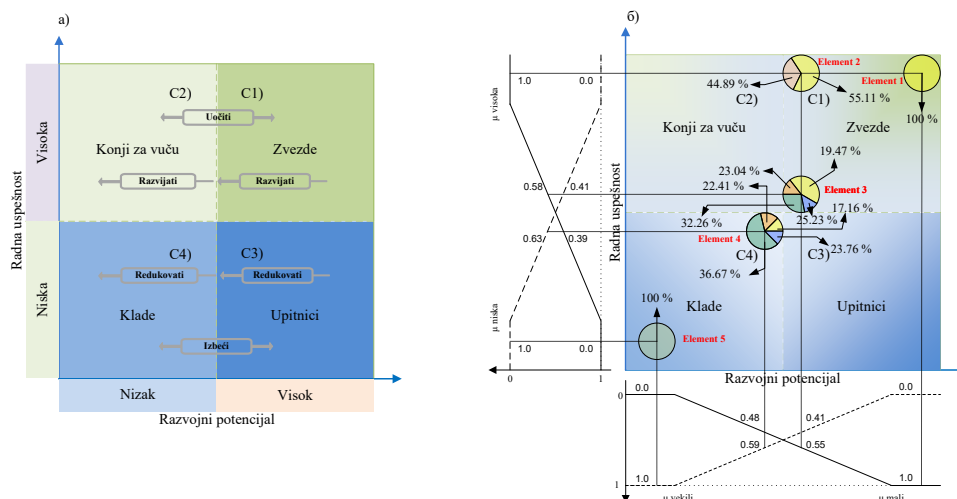
(1) *Visoka radna uspešnost/visok razvojni potencijal - "Zvezde (C1)"*. Radnici koji imaju potencijal za preuzimanje izazovnijih i odgovornijih poslova, ako se njima upravlja na pravi način. Zvezde su radnici koji su nosioci unutrašnjeg preduzetništva i od njih u najvećoj meri zavisi stepen dinamičnosti i prilagodljivosti kompanije izazovima iz okruženja. Zahtevaju velika ulaganja u razvoj.

(2) *Visoka radna uspešnost/nizak razvojni potencijal - "Konji za vuču (C2)"*. U svakoj kompaniji čine većinu radnika. Radi se o pouzdanim radnicima koji uspešno obavljaju svoje poslove i tako osiguravaju dobro funkcionisanje preduzeća. Zahtevaju povremeno osvežavanje i unapređivanje znanja, kao i nematerijalne strategije motivacije.

(3) *Niska radna uspešnost/visok razvojni potencijal - "Upitnici (C3)"*. Radnici s mogućim dugoročnim potencijalom, ali zahtevaju značajno ulaganje u obuku i osposobljavanje, mentorski rad i sl. (pripravnici i novopridošli radnici), odnosno razvoj odgovarajućih sistema nagrađivanja i davanje izazovnijih radnih zadataka (radnici koji rade ispod nivoa vlastitih mogućnosti).

(4) *Niska radna uspešnost/nizak razvojni potencijal - "Klade (C4)"*. Predstavljaju radnike u sa slabim kratkoročnim i dugoročnim potencijalom. Kompanije treba da nastoje da ih se oslobode ili da ih premeste na manje zahtevna radna mesta. To bi trebala biti radna mesta koja nemaju direktan kontakt s korisnicima usluga i ne utiču bitno na poslovanje kompanije.

Na osnovu navedene klasifikacije i BCG matrice (Slika 1), zaposleni se svrstavaju u jednu od četiri navedene kategorije. Klasična BCG matrica podrazumeva "oštru" klasifikaciju posmatranih elemenata ili atributa, odnosno grube granice između elemenata portfolio matrice (Slika 1). Oštrom klasifikacijom elementi su raspoređeni tako da pripadaju isključivo jednoj klasi elemenata (C1, C2, C3 ili C4), slika 2.



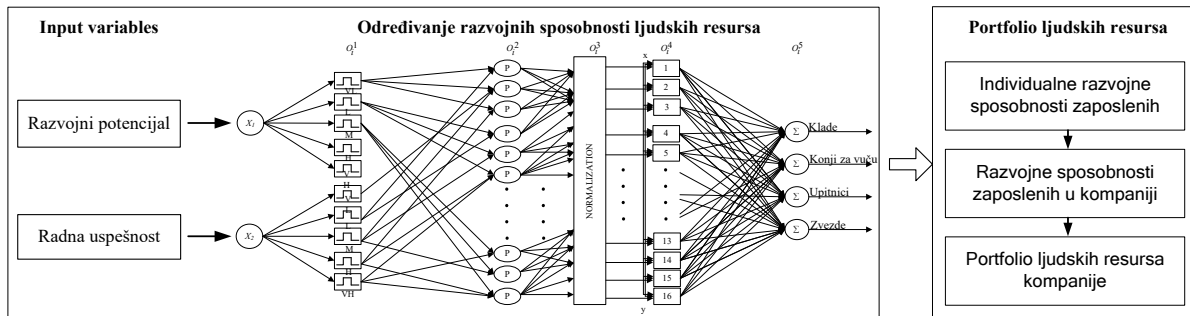
Slika 2. Crisp (a) i fuzzy (b) BCG portfolio

Portfolio matrica treba da oslikava stvaran odnos atributa. U stvarnosti se dešava da ljudski resursi pripadaju skupovima C1, C2, C3 i C4 sa različitim stepenima pripadnosti. Na slici 2b prikazana je rasplinitost elemenata portfolio matrice i njihova pripadnost skupovima C1, C2, C3 i C4 primenom fuzzy logike.

Na osnovu prethodno iznete analize uočavaju se dva problema koje je potrebno eliminisati u cilju efikasne primene BCG portfolio matrice:

(1) Definisane prioriteta predloženih strategija. Primenom klasične BCG portfolio matrice ne definiše se prioritet predloženih strategija i

(2) Klasična BCG portfolio matrica podrazumeva „crisp“ klasifikaciju faktora. Međutim, tokom identifikacije faktora veoma često ne možemo tvrdo da odredimo da li posmatrani radnik spada u grupu npr. *Klada* ili *Upitnika*. Primenom fuzzy logike za opis ulaznih promenljivih BCG portfolio matrice (Razvojni potencijal i Radna uspešnost) i preslikavanjem BCG matrice u Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (BCG-ANFIS) eliminišu se navedeni nedostaci klasične BCG portfolio matrice i omogućava se određivanje prioriteta predloženih portfolio strategija za posmatranog radnika.



Slika 3. BCG-ANFIS model

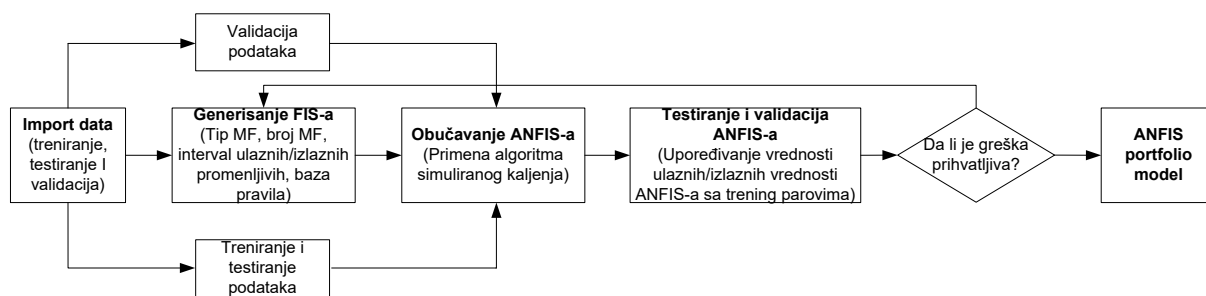
BCG-ANFIS (Slika 3) sprovodi se kroz tri faze. U *prvoj fazi* prikupljaju se podaci o Razvojnom potencijalu zaposlenih (X_1) i Radnoj uspešnosti (X_2) zaposlenih u kompaniji. Detaljnije o određivanju vrednosti X_1 i X_2 navedeno je u narednom delu rada prilikom opisa parametara neuro-fuzzy modela. U *drugoj fazi* modela vrednosti ulaznih parametara (X_1 i X_2) propuštaju se kroz adaptivnu neuro-fuzzy mrežu i određuje se položaj radnika u BCG matrici ljudskih resursa. U trećoj fazi, nakon analize portfolija svih zaposlenih, dobija se portfolio ljudskih resursa kompanije.

Prilikom definisanja portfolija ljudskih resursa kompanije treba imati na umu da je broj "Upitnika" odnosno onih koji mogu ali neće (problematicni radnici), potrebno svesti na najmanju moguću meru. Isto važi i za "Klade" [16,17,18]. Dugoročno gledano sve "Klade" i deo onih koji mogu ali neće, predstavljaju potencijalne kandidate za eliminaciju iz portfolija ljudskih resursa kompanije. Njihov ukupan broj u portfoliju ljudskih resursa ne bi

smeo prelaziti 20 % [16,17]. Svođenjem njihovog broja na najmanju moguću meru, povećava se efektivnost ulaganja u obrazovanje i obuku ostalih radnika. Broj "Zvezda" i "Konja za vuču" potrebno je maksimizirati, uz uslov da broj "Zvezda" treba činiti barem 10 % portfolija ljudskih resursa [16].

3. KONFIGURACIJA BCG-ANFIS-A

Konstruisanje ANFIS-a sprovodi se kroz nekoliko koraka, slika 4. Performanse ANFIS-a u velikoj meri zavise od konstrukcije fuzzy logičkog sistema (FLS), odnosno od vrste, tipa, broja funkcija pripadnosti (engl. membership functions) (MF) kojima su opisane ulazne promenljive FLS-a, kao i od baze pravila. Veći broj MF zahteva povećanje broja pravila što može da oteža podešavanje sistema. Zato se preporučuje da se u skladu sa prirodom promenljivih počne sa manjim brojem MF. Međutim, smanjenje broja MF ne sme da ima za posledicu nepotpun opis ulazne promenljive.



Slika 4. Koraci prilikom konstruisanja ANFIS-a

Jedan od problema prilikom razvoja FLS-a je određivanje skupa lingvističkih pravila i određivanje parametara funkcija pripadnosti ulazno/izlaznih parova. Generisanje MF i pravila po kojima eksperti donose odluke podrazumeva dugu komunikaciju sa većim brojem eksperata. MF ulaznih promenljivih koje su predložene od strane eksperata mogu da budu veoma različite. Zbog toga, karakteristike razvijenog FLS-a zavise od broja raspoloživih eksperata i sposobnosti da se formuliše njihova strategija odlučivanja. U ovom istraživanju prilikom projektovanja baze pravila i definisanja MF ulaznih promenljivih BCG-ANFIS-a učestvovalo je deset eksperata koji imaju minimum 15 godina iskustva u upravljanju ljudskim resursima u kompanijama. Istraživanje sa ekspertima sprovedeno je tokom septembra 2015. godine.

Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, na osnovu klasične BCG matrice i analize dostupne literature identifikovana su dva kriterijuma koji utiču na izradu portfolija ljudskih resursa kompanije: *Razvojni potencijal* zaposlenih (X_1) i *Radna uspešnost* (X_2). Kompanije prilikom prijema kadrova sprovode selekciju kadrova na bazi psiho testova i testova radnih sposobnosti. Rezultat ovih testiranja je brojana vrednost koja između ostalog govori i o razvojnom potencijalu lica. Nakon testiranja, a

shodno ostvarenim rezultatima, kandidati se svrstavaju u nekoliko kategorija u skladu sa definisanom skalom ocenjivanja. Sa druge strane, radna uspešnost u kompanijama najčešće se procenjuje jednom godišnje (na kraju kalendarske godine) i predstavlja određenu brojčanu vrednost na skali ocenjivanja.

Pored dve ulazne promenljive FLS ima četiri izlazne promenljive: *Klade* (Y_1), *Konji za vuču* (Y_2), *Upitnici* (Y_3) i *Zvezde* (Y_4). Propuštanjem ulaznih parametara X_1 i X_2 kroz adaptivnu neuro-fuzzy mrežu, na izlazu se dobija pripadnost radnika (izražena u %) određenom kvadratu BCG matrice (Y_1, Y_2, Y_3 i Y_4).

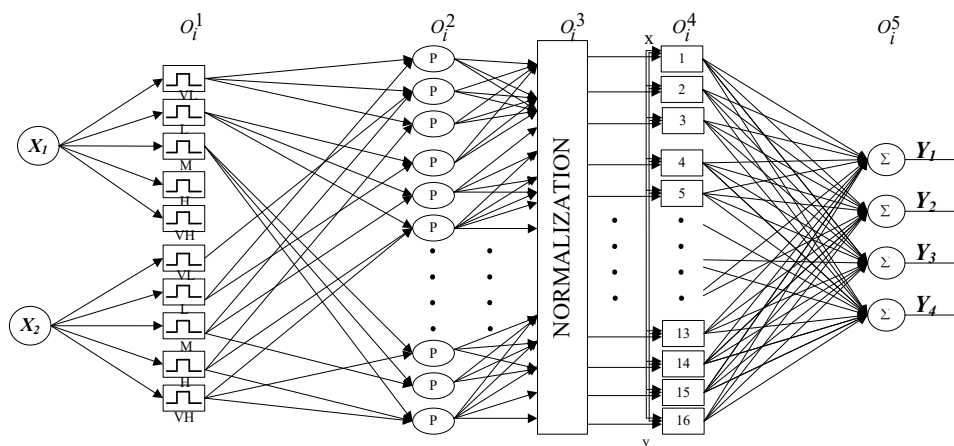
U FLS-u su za opis ulaznih promenljivih korišćene gausove funkcije pripadnosti (GMF). GMF (Tabela 1) su izabrane zbog sledećih karakteristika: (1) obezbeđuju zadovoljavajuću osetljivost sistema (2) dobro opisuju ulazne promenljive i (3) jednostavne su za manipulaciju prilikom podešavanja FLS-a. Pored navedenog, podešavanjem GMF obezbeđuje se najmanja greška na izlazu iz ANFIS modela. Polazeći od navedenih postavki definisano je da svaka ulazna promenljiva ima po četiri funkcije pripadnosti dok su izlazne promenljive (Y_1, Y_2, Y_3 i Y_4) opisane sa po tri MF. Parametri MF ulaznih promenljivih FLS-a prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Parametri funkcija pripadnosti pre obučavanja ANFIS-a

Input variables	MF 1	MF 2	MF 3	MF 4
X_1	$\mu_{MF1}(X_1) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.51}{0.464}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_1) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-2.51}{0.424}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_1) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-3.51}{0.443}\right)^2}$	$\mu_{MF4}(X_1) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-4.73}{0.458}\right)^2}$
X_2	$\mu_{MF1}(X_2) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.426}{0.497}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_2) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-2.567}{0.481}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_2) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-3.809}{0.468}\right)^2}$	$\mu_{MF4}(X_2) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-4.851}{0.444}\right)^2}$

Nakon definisanja parametara ulaznih/izlaznih promenljivih i baze pravila, inicijalni FLS je preslikan u petoslojnu adaptivnu neuronsku mrežu, slika 5. Obučavanje ANFIS-a sprovedeno je primenom algoritma Simuliranog kaljenja. Algoritam simuliranog kaljenja koji je primenjen u ovom radu zasniva se na postavkama koje su razvili Ghazinoory, Zadeh i Kheirkhah [19]. Arhitektura ANFIS-a (Slika 5) predstavljena je preko pet slojeva (eng. layer). Pošto se radi o ANFIS-u sa četiri izlazne vrednosti (multi uotput ANFIS), predstavljen je postupak određivanja vrednosti za svaku izlaznu promenljivu posebno. Svaki čvor mreže u istom sloju (layeru) izvršava funkciju istog tipa.

ANFIS je obučavan kroz 3000 epoha. Za obučavanje je korišćeno 300 ulazno/izlaznih parova. Prema [20] u modelima sa dve ulazne promenljive ukupan broj tačaka za podešavanje jednog ulaza je 17.3. Pošto je $\sqrt{300} = 17.32$, možemo da zaključimo da je skup od 300 ulazno/izlaznih parova dovoljan za uspešno obučavanje ANFIS-a. Tokom obučavanja ulazno izlazni parovi se periodično propuštaju kroz ANFIS i upoređuju se dobijene vrednosti sa trening skupom podataka. Ukoliko greška nije zadovoljavajuća, vrše se podešavanja u adaptivnim čvorovima. Sistem je podešen kada greška na izlazu postane prihvatljiva.



Slika 5. Arhitektura ANFIS-a

Nakon obučavanja uočeno je da je sistem osetljiv i da postoji postepenost izlaza. Otklonjeni su inertni i preosetljivi delovi sistema, što je bio slučaj kod fuzzy modela.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen novi pristup primene adaptivne neuronske mreže i algoritma simuliranog kaljenja u strateškom menadžmentu. Neuro fuzzy sistem obučen je algoritmom simuliranog kaljenja i korišćen za interpretiranje BCG portfolio matrice. Baza fuzzy pravila neuro-fuzzy modela formulisana je na osnovama BCG matrice i korišćena je za formulisane i izbor portfolioja ljudskih resursa.

Portfolio matrice nisu precizni alati strateškog menadžmenta uprkos očiglednoj grafičkoj preciznosti. One ne daju eksplicitna i jednostavna rešenja, ali ukazuju na postojeće probleme i potrebu za daljim istraživanjima. Klasična portfolio analiza, bez primene fuzzy skupova, predlaže istu strategiju za resurse koji se nalaze u istom kvadrantu matrice, bez razmatranja preciznog položaja resursa. Međutim, određivanje preciznog položaja resursa je veoma značajno za određivanje stepena adekvatnosti formulisane strategije.

Tumačenje portfolioja na bazi rasplinutosti omogućava stvaranje portfolio strategija sa određenim stepenom adekvatnosti. Na taj način ukazuje se na značaj ostvarivanja strateških izbora koji su u vezi sa susjednim kvadrantima matrice. Pripadnost posmatranog resursa većem broju alternativnih strategija ukazuje na potrebu pristupa izboru strategije sa više dubine i pažnje u cilju potrage za održivim strateškim odlukama. Autori su mišljenja da ovaj novi pristup u portfolio analizi ljudskih resursa (ugrađivanje neuro-fuzzy modela i algoritma simuliranog kaljenja u portfolio analizu), predstavlja kvalitativni pomak u pravcu unapređenja strateškog upravljanja ljudskim resursima.

Prikazanim ANFIS-BCG modelom proširuje se teorijski okvir znanja iz oblasti portfolioja ljudskih resursa. Postojeći problem se razmatra novom metodologijom, čime se stvara osnova za dalju teorijsku, ali i praktičnu nadogradnju. Takođe, prikazanim modelom ističu se novi kriterijumi za evaluaciju ljudskih potencijala kompanija koji u dosadašnjim modelima nisu razmatrani, a od

značaja su za ovu problematiku. Uvođenjem novih kriterijuma i njihovim prikazom u modelu, ukazuje se na potrebu njihovog razmatranja u daljim analizama ove i slične problematike.

Pravci budućih istraživanja trebalo bi da se kreću u smeru identifikacije parametara koji utiču na pomeranje formulisanih strategija u kvadrantima portfolio matrice. Time se omogućava usmeravanje i kontrola strateškog razvoja ljudskih resursa i sprečavanje razvoja neželjenih scenarija. U takvom pravcu istraživanja, metode fuzzy linearnog i dinamičkog programiranja u saradnji sa heurističkim i metaheurističkim metodama nalaze svoje mesto primene. Jedna od preporuka je razmatranje portfolio strategija ljudskih resursa primenom genetskih algoritama, uz definisanje ograničenja koja se razmatraju fuzzy linearnim programiranjem.

LITERATURA

- [1] Office of Government Commerce (OGC), Management of Portfolios. The Stationery Office, Norwich, 2011.
- [2] Boxall, P., Purcell, J. (2008). Strategy and Human Resource Management, 2nd edition. Palgrave Macmillan, Basingstoke.
- [3] Zheng, C. (2013). Critiques and extension of strategic international human resource management framework for dragon multinationals. Asia Pacific Business Review, 19(1), 1–15.
- [4] Pinnington, A.H. (2011). Strategic management and IHRM, Chapter 1. In: Harzing, A., Pinnington, A.H. (Eds.), International Human Resource Management. Sage, London, pp. 13–46.
- [5] Markowitz, H., 1952. Portfolio selection. Journal of Finance 7 (1), 77–91.
- [6] Dye, L.D., Pennypacker, J.S., 2000. Project portfolio management and managing multiple projects: two sides of the same coin? Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium. Project Management Institute, Houston, Texas.
- [7] Salo, A., Keisler, J., & Morton, A. (2011). An invitation to portfolio decision analysis. In A. Salo, J.

Keisler, & A. Morton (Eds.), *Portfolio Decision Analysis : Improved methods for resource allocation*, pp. 3–27, New York: Springer.

[8] Ghazinoory, S., Esmail Zadeh, A., Kheirkhah, A.S. (2010). Application of fuzzy calculations for improving portfolio matrices. *Information Sciences*, 180, 1582–1590.

[9] Kocadagli, O, Keskin, R. (2015). A novel portfolio selection model based on fuzzy goal programming with different importance and priorities. *Expert Systems with Applications*, 42 (2015) 6898–6912.

[10] Tiryaki, F. Ahlatcioglu, B. (2009). Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process, *Information Sciences*, 179, 53–69.

[11] Tavana, M., Keramatpour, M., Santos-Arteaga, J.F., Ghorbaniane, E. A fuzzy hybrid project portfolio selection method using Data Envelopment Analysis, TOPSIS and Integer Programming. *Expert Systems With Applications* 42 (2015) 8432–8444.

[12] Gunasekaran, M., & Ramaswami, K. S. (2014). A hybrid intelligent system of ANFIS and CAPM for stock portfolio optimization. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 26(1), 277–286.

[13] Eltantawy, R.A., Giunipero, L., Fox, G.L. (2009). A strategic skill based model of supplier integration and its effect on supply management performance. *Industrial Marketing Management* 38, 925–936.

[14] Oh, J., Yang, J., Lee, S. (2012). Managing uncertainty to improve decision-making in NPD portfolio management with a fuzzy expert system, *Expert Systems with Applications*, 39, 9868–9885.

[15] Udo-Imeh, P.T., Edet W.E., Anani R.B. (2012). Portfolio Analysis Models: A Review. *European Journal of Business and Management*, 4 (18), 101-120.

[16] Pupavac, D., Zelenika, R. (2005). *Upravljanje ljudskim potencijalima u prometu*. Univerzitet u Rijeci, Rijeka.

[17] Rahimić, Z. (2010). *Menadžment ljudskih resursa*. Ekonomski fakultet, Sarajevo.

[18] Pintarić, J. (2014). *Korporativne strategije poduzeća i obilježja menadžmenta ljudskih potencijala*. Ekonomski fakultet, Zagreb.

[19] Ghazinoory, S., Esmail Zadeh, A., Kheirkhah, A.S. (2010). Application of fuzzy calculations for improving portfolio matrices. *Information Sciences*, 180, 1582–1590.

[20] Jang, J.-S.R., Sunm C.-T., Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

DATA MINING: EVALUACIJA KLASIFIKACIJE IZ PERSPEKTIVE STRIMA PODATAKA

DATA MINING: EVALUATION OF CLASSIFICATION FROM THE PERSPECTIVE OF DATA STREAM

Olivera Janković¹,
ORAO a.d., Bijeljina¹

Sadržaj – Specifičnosti i ograničenja koja sa sobom nose strimovi podataka daju im posebno mjesto i svrstavaju ih u izazovne oblasti data mininga. U tom kontekstu u okviru ovoga rada uz neophodan okvirni, teorijski kontekst biće prikazane postignute performanse Naive Bayes i Hoeffding Tree klasifikatora na sintetički generisanim strimovima podataka, korištenjem primjerenih evaluacionih procedura, te diskutovani dobijeni rezultati mjerenja evaluacionog procesa, korištenjem softverskog okruženja za masivnu online analizu (MOA).

Abstract - Specifics and restrictions that carry data streams give them a special place, and it classify them in the challenging field of data mining. In this context, in this paper, with the necessary theoretical framework, it will be displayed achieved performance of Naive Bayes classifier and Hoeffding Tree on synthetically generated data streams, using appropriate evaluation procedures, and discussed the results of the evaluation of measurement processes using software environment for massive online analysis (MOA).

1. UVOD

Sveprisutan, nesporno velik, napredak tehnologija doveo je i do pojave velikih, kontinuiranih tokova podataka od strane različitih izvora (finansijska tržišta, socijalne mreže, razni sistemi logova podataka, senzorske mreže,...). U mnogim slučajevima, istraživanje podataka (*data mining*) ovako nastalih tokova (strimova) podataka bio bi interesantan i mogao bi ostvariti određenu korist u širem spektru aplikacija poslovanja, industrije i nauke.

Klasifikacija strimova podataka spada u relativno nove oblasti, što ima za posljedicu da praktična vrednovanja, postupci evaluacije nisu ni približno tako dobro istraženi niti ustanovljeni kao što je to u slučaju tradicionalnih okruženja mašinskog učenja. Široko korištene data mining operacije (klasifikacija, klasterovanje, ...) iz perspektive strimova podataka nose sa sobom velike izazove te to i dalje ostaje važna, otvorena tematika. Generalno, nameće se potreba da eksperimentalna evaluacija koristi više miliona primjeraka za obuku, sve ispod u kontekstu strimova podataka može se reći da nije pogodno, jer klasifikacioni algoritmi strimova podataka moraju upravo da se nose sa izazovom velikih (u principu neograničenih) strimova podataka. Problem je što sistemi bazirani na manjem broju primjeraka ne pružaju ubjedljive dokaze za sposobnost rješavanja slučajeva iz

prakse - još zahtjevnijih aplikacija strimova podataka (postoji potreba da se izgrade korisni klasifikatori).

MOA (*Massive Online Analysis*) softversko okruženje korišteno u ovom radu omogućava upotrebu strimova podataka potencijalno neograničene veličine (u realizovanim eksperimentima korišteno 100 miliona primjeraka). U okviru ovoga rada uz neophodan okvirni, teorijski kontekst biće prikazane postignute performanse Naive Bayes i Hoeffding Tree klasifikatora na sintetički generisanim strimovima podataka, korištenjem primjerenih evaluacionih procedura, te diskutovani dobijeni rezultati mjerenja evaluacionog procesa.

2. DATA STREAM

Tok podataka (*data stream*) je u realnom vremenu, kontinuiran, poredan (implicitno vremenom dolaska ili eksplicitno vremenskom oznakom (*time stamp*)) slijed stavki (elemenata, sekvenci događaja). Pri tome je nemoguće kontrolisati redoslijed u kojem stavke (*items*) dolaze, niti je moguće lokalno spremirati strim u cjelosti [1]. Dakle problem je, pored ostalog, što podaci nisu smješteni na primjer u bazu podataka (najčešće je sama brzina kojom se generišu podaci prevelika u kontekstu njihovog upisa u tradicionalne baze podataka), odnosno što nisu prethodno poznati. Kako podaci dolaze u formi toka nužno ih je odmah procesirati, u protivnom bivaju izgubljeni.

Dakle, u kontekstu strukture strima može se reći da on predstavlja beskonačan niz stavki, pri čemu je jedna stavka strukturirana informacija – npr. n-torka (*tuple*) ili objekat – i istu strukturu imaju svi elementi strima. Kao što je pomenuto, vremensko označavanje (*time stamping*) može biti eksplicitno korištenjem polja datuma u podacima, ili implicitno kada se vremenska oznaka dodjeljuje u momentu kada podatak stigne. Pri tome predstavljanje vremena, vremenska reprezentacija može biti:

- “fizička” – datum (npr. 15/12/2015-8-55)
- “logička” – cijeli broj (npr. 1,2...)

Može se reći i da je sadržaj strima beskonačna sekvenca elemenata $x_i=(t_i, m_i)$ pri čemu je t_i vrijeme opažanja ($t_i=i$ ako je „logičko“ vrijeme), a m_i uočene opisne vrijednosti. (npr. za $t_i=123$, $m_i=(10.1.0.5, 16.5.5.8, 23, 200)$; (IPadresa_izvor, IPadresa_odrediste, trajanje, kolicina) značenje opisnih vrijednosti respektivno)[2].

3. KLASIFIKACIJA STRIMA PODATAKA

Problem klasifikacije [3], spada u možda najčešće istraživačke zadatke oblasti mašinskog učenja. Cilj klasifikacije u biti je da proizvede model koji može da predvidi klasu neoznačenih (*unlabeled*) primjeraka, a koji je prethodno obučen na primjercima koji su imali oznaku klase.

Mining strimova podataka [4] iziskuje posebne tehnike, imajući u vidu uobičajeno velike brzine kojom podaci pristižu tako da se na algoritme koji procesiraju strimove podataka nameću veoma striktna ograničenja u pogledu prostora i vremena. U kontekstu specifičnosti strimova podataka pretpostavke za tipičan scenario mašinskog učenja u radu korištenog okruženja za masivnu analizu su [5]:

- Pretpostavka da podaci imaju najviše nekoliko stotina stalnih kolona (atributa).
- Broj redova ili broj primjeraka je velik (milioni primjeraka). U suštini algoritmi bi trebalo da imaju potencijal da procesiraju neograničene količine podataka - što znači da oni neće prelaziti memorijske granice niti na drugi način podbaciti bez obzira koliki trening primjeri se obrađuju.
- Ograničen broj klasa, obično manji od 10.
- Količina memorije dostupna algoritmu učenja zavisi od aplikacije. Veličina podataka za trening će biti znatno veća od raspoložive memorije.
- Trebala bi biti gornja granica na vrijeme dozvoljeno za trening.
- Strim koncept se podrazumjeva da je stacionarni ili koji se razvija (evoluirao).

Jasno je da i okruženja koja su referentna za strimove podataka imaju značajno drugačije zahtjeve u odnosu na tradicionalna okruženja data mininga. Među najznačajnije zahtjeve spadaju:

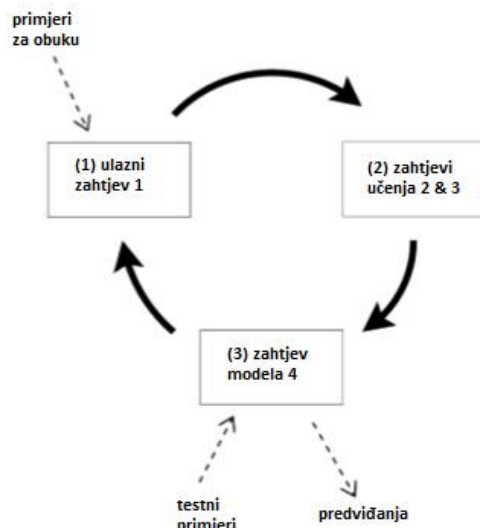
- Zahtjev 1. – Procesirati primjerak na vrijeme, provjera samo jednom (maksimalno).
- Zahtjev 2. – Koristiti ograničenu količinu memorije.
- Zahtjev 3. – Raditi u ograničenom periodu vremena.
- Zahtjev 4. – Biti spreman napraviti predikciju u bilo kojem trenutku vremena.

Na Sl. 1 je ilustrovano jedno tipično korištenje klasifikacionog algoritma kao i kako se prethodno navedeni zahtjevi uklapaju u ciklus koji se ponavlja.

(1) Algoritmu je raspoloživ naredni dostupan primjerak (zahtjev 1.)

(2) Algoritam procesira primjerak ažurirajući odgovarajuće structure podataka. To radi tako da ne prekorači postavljene memorijske zahtjeve (Zahtjev 2.) i što je brže moguće (Zahtjev 3.)

(3) Algoritam je spreman da prihvati sledeći primjerak. Na zahtjev, u stanju je da predvidi klasu neviđenih primjeraka (Zahtjev 4.)



Slika 1. Klasifikacioni ciklus za stream podataka (MOA)

4. EVALUACIJA STRIMA PODATAKA

U tradicionalnom batch mašinskom učenju problem ograničene količine podataka [6] se prevazilazi analizom i usrednjavanjem više modela korištenjem različitih odnosa slučajnom raspodjelom nastalih podataka za obuku (trening podaci) i testnih podataka.

U ambijentu strima podataka problem neograničene količine podataka nameće drugačije izazove i u skladu sa tim i drugačije pristupe. Jedno od rješenja podrazumjeva uzimanje snimaka (*snapshots*) stanja u različitim vremenima tokom indukcije modela da se vidi koliko je model poboljššan.

Postupak evaluacije algoritma učenja određuje koji primjeri podataka se koriste za obuku algoritma a koji podaci se koriste za testiranje modela nastalog datim algoritmom. Postupak koji se koristi u batch mašinskom učenju dijelom zavisi od raspoložive količine podataka. Kako se količina podataka povećava, praktična, razumno prihvatljiva vremenska ograničenja utiču na to da se procedure za obuku ne ponavljaju previše puta. Tako je opšte prihvaćeno da se u slučajevima sa značajno velikim količinama podataka smanji broj ponavljanja ili broj dijelova (*folds*¹), da bi se omogućilo da se eksperiment završi u razumnom roku.

Prilikom razmatranja koji postupak da se koristi iz perspektive okruženja strima podataka jedan od udarnih problema je kako postići sliku tačnosti. Dva glavna pristupa su [7]:

- Holdout (*Holdout*)²: Performanse se mjere korištenjem jednog holdout seta. Kada tradicionalno batch učenje dosegne razmjeru gdje primjena unakrsne validacije (*cross*

¹ Kod metode unakrsne validacije (za predviđanje performansi) skup se dijeli na N dijelova (*fold*)

² Postupak podjele skupa podataka na dio za obuku i dio za testiranje

validation) zauzima previše vremena često se umjesto toga prihvata opcija mjerenja performansi na jednom holdout setu. To je posebno korisno kada je podjela između seta podataka za obuku i testnog seta unaprijed definisana tako da se rezultati različitih ispitivanja mogu direktno porediti.

- Preplitanje “testiraj a zatim nauči”³ ili *prequential*: Svaki pojedinačni primjerak može se koristiti za testiranje modela prije nego se iskoristi za obuku i na osnovu toga tačnost se postepeno ažurira. Ovakva šema ima prednost jer nije potreban holdout set podataka za testiranje i maksimalno je korištenje raspoloživih podataka. On takođe omogućava nesmetan postupak tačnosti u vremenu, svaki primjerak pojedinačno postaće sve manje značajan posmatrajući sveukupan prosjek.

5. EKSPERIMENT I REZULTATI: EVALUACIJA KLASIFIKATORA STRIMA PODATAKA

U radu je korišteno, već pomenuto, MOA softversko okruženje za implementaciju algoritama i izvođenje eksperimenata za online učenje iz razvijajućih strimova podataka. MOA softver je dizajniran da se nosi sa izazovnim problemima skaliranja⁴ do implementacije najsavremenijih algoritama sa veličinama setova podataka koje odgovaraju realnosti, i koji su uporedivi u odnosu na referentna (*benchmark*) striming okruženja.

Pojednostavljeno, postupak masivnog data mininga se sastoji od definisanja zadatka, izbora klasifikatora, selektovanja strima podataka i procesa evaluacije.

U kontekstu ovog eksperimenta je klasifikacioni problem a kao klasifikatori su korišteni Hoeffding Tree i Naive Bayes klasifikator. Hoeffding Tree predstavlja (najviše poznato) stablo odlučivanja učenja za strimove podataka. Hoeffding stablo je inkrementalan, u bilo kom trenutku indukovani algoritam stabla odlučivanja, koji ima mogućnost učenja iz masivnih strimova podataka, pod pretpostavkom da se distribucija generisanih primjeraka ne mijenja u vremenu [8]. Naive Bayes algoritam obavlja klasičnu Bajesovu predikciju (klasifikuje na osnovu Bajesove teoreme) polazeći od pretpostavke nezavisnosti ulaznih podataka [9]. Naive Bayes je poznat po svojoj jednostavnosti i niskim računarskim zahtjevima (troškovima).

Sledeći korak je odabir strima podataka. Kako je evidentno da postoji manjak adekvatnih izvora podataka (mnogi, iz uobičajenih arhiva (npr. UCI ML, KDD) dostupni setovi podataka nisu prikladni za evaluaciju klasifikacije strima podataka) većina objavljenih rezultata bazirano je na sintetički generisanim podacima. U ovom radu koristiće se tri sintetička generatora strimova

podataka: RandomTree generator, Waveform generator i Hyperplane generator strima podataka. RandomTree generator [10],[11] proizvodi koncepte koji teorijski treba da favorizuju stablo odlučivanja; generiše strim baziran na slučajno generisanom stablu (postoji parametar sjemena (*seed*) za slučajno generisanje stabla; inicijalno je to “1”). Waveform generator [12] generiše problem predviđanja jednog od tri tipa talasnog oblika. Cilj zadatka je napraviti razliku između tri različite klase talasnog oblika, pri čemu je svaka generisana iz dva ili tri bazna talasa. Hyperplane generator [13] generiše probleme predviđanja klase rotirajućih hiperravnini. Svi pomenuti generatori strimova u MOA omogućavaju simulaciju na potencijalno beskonačnom skupu podataka, no za potrebe poređenja korištenih klasifikatora i postupaka evaluacije korištenjem pomenutih generatora strimova podataka, u okviru ovog rada eksperimentisalo se sa setom od 100.000.000 instanci (veličina seta za trening/obuku).

Za potrebe evaluacije biće korištena evaluacione procedure, *prequential* (*EvaluatePrequential*) i periodični holdout (*EvaluatePeriodicHeldOutTest*). Parametri maksimalan broj primjeraka za obuku i frekvencija tj. broj primjeraka nakon kojeg se vrši testiranje su za potrebe eksperimentisanja postavljeni na 100.000.000 i 1.000.000 respektivno, za postupak *EvaluatePrequential*. Postupak *PeriodicHeldOutTest* trenira model uzimajući snimke (*snapshots*) performansi koristeći heldout test u periodičnim intervalima. U ovom slučaju postavljeno je da pomenuti postupak evaluacije koristi prvih 100.000 primjeraka za testiranje, obuku vrši na 100.000.000 primjeraka i testiranje se obavlja u periodičnim intervalima na svakih 1.000.000 primjeraka. Za oba evaluaciona postupka biće korišten WCPE (*Windows Classification Performance Evaluator*) evaluatori performansi klasifikacije, baziran na prozoru (*window based*), koji mjeri tačnost na trenutnom klizajućem prozoru (*sliding window*) skorašnjih instanci.

Varijabla kojom se mjeri evaluacioni proces je tačnost (*accuracy*) algoritma učenja. Tačnost ne mora biti jedini pokazatelj ali se najčešće smatra jednim od najprimjerenijih. Tačnost se obično iskazuje kao procenat ispravnih klasifikacija (tačno klasifikovanih) koje model postigne na datom skupu podataka; najprecizniji je onaj algoritam učenja koji čini najmanju grešku kod predikcije klase primjeraka. Iz ugla klasifikacionih problema postizanje najveće moguće preciznosti (tačnosti) je najneposredniji i nesporno očigledan cilj. Osim toga posjedovanje pouzdane procjene tačnosti omogućava poređenje različitih metoda u cilju određivanja najbolje dostupne metode za dati problem. Pored tačnosti parametar koji će se pratiti je Kappa statistika koji je uveo Cohen [14] (koristi se za provjeru konzistencije tačnosti); za mjerenje korištenja resursa vrijeme (*time*) i memorija (*memory*), ali i RAM-sati (*RAM-Hours*). To je nova mjera vrednovanja uvedena (Bifet sur., 2010c), gdje je svaki RAM-Sat iznosi jedan GB RAM raspoređeno kroz 1 sat.

³ Test-Than-Train

⁴ Zadatak modifikovanja algoritama mašinskog učenja za rukovanje velikim skupovima podataka poznat je kao skaliranje (*scaling up*)

Tabela 1. Rezultati eksperimenata mininga strimova podataka na tri sintetički generisana strima, metodama Hoeffding Tree i Naive Bayes, korištenjem prequential, testiraj pa nauči, evaluacionog pristupa i WCPE evaluatora performansi klasifikacije

	RandomTree Generator					Waveform Generator					Hyperplane Generator				
	Tačn. (%)	Kappa	RAM sati	Vrijeme (sec)	Mem.	Tačn. (%)	Kappa	RAM sati	Vrijeme (sec)	Mem.	Tačn. (%)	Kappa	RAM sati	Vrijeme (sec)	Mem.
Hoeffding Tree	100	100	0.00	831.19	0.06	86.10	79.15	0.00	3595.02	0.13	90.10	80.19	0.00	2152.83	0.22
Naive Bayes	74.90	47.69	0.00	566.27	0.00	83.40	75.13	0.00	2088.34	0.00	92.80	85.60	0.00	1079.73	0.00

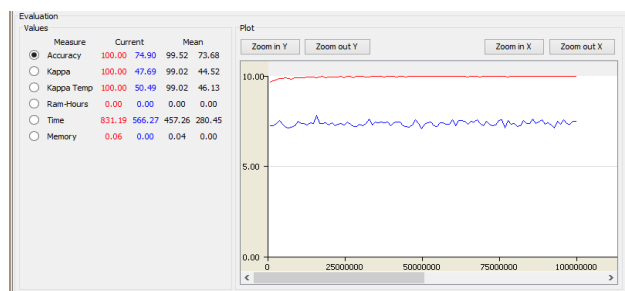
Tabela 2. Rezultati eksperimenata mininga strimova podataka na tri sintetički generisana strima, metodama HoeffdingTree i Naive Bayes, korištenjem periodičnog holdout evaluacionog pristupa i WCPE evaluatora performansi klasifikacije

	RandomTree Generator				Waveform Generator				Hyperplane Generator			
	Tačnost (%)	Kappa	Vrijeme (sec)	Mem.	Tačnost (%)	Kappa	Vrijeme (sec)	Mem.	Tačnost (%)	Kappa	Vrijeme (sec)	Mem.
Hoeffding Tree	99.82	99.63	709.70	0.06	85.56	78.34	3101.41	0.13	92.35	84.70	1478.41	0.22
Naive Bayes	73.59	44.33	262.12	0.00	80.46	70.67	798.81	0.00	94.19	88.37	366.78	0.00

Da bi se zabilježile performanse modela u vremenu model može biti evoluiran periodično, u ovim eksperimentima nakon svakog 1.000.000-itog primjerka. Testiranje modela sa manjom frekvencijom može značajno, zavisno od testnog seta, usporiti evaluacioni proces. Eksperimenti su izvršavani na Core i3-2328M CPU@2.20GHz računaru sa 4GB memorije (Windows 8).

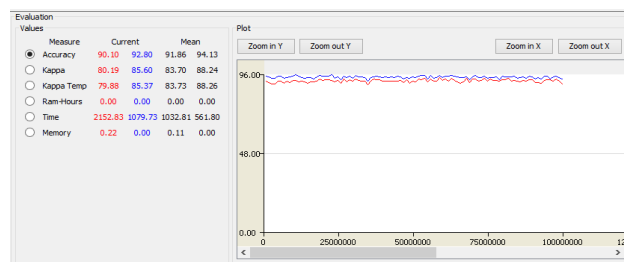
Rezultati mjerenja evaluacionog procesa za Hoeffding Tree i Naive Bayes klasifikator na tri pomenuta sintetički generisana strima podataka koristeći prequential i periodični holdout evaluacioni postupak, su dati u Tabeli 1 i Tabeli 2 respektivno. Kao što se može vidjeti rezultat tačnosti dat je u procentima na dvije decimale. Smatra se da ako je očitavanje konačne tačnosti metode u ovom kontekstu, veći od druge da je ona superiornija.

Analizom rezultata datih Tabelom 1, može se zaključiti da je Hoeffding Tree klasifikator postigao veću tačnost u odnosu na Naivni Bajesov klasifikator kada su u pitanju strimovi podataka generisani sa RandomTree generatorom (ujedno i najbolji rezultat) i Waveform generatorom. Naivni Bajesov klasifikator (NB) je postigao bolje rezultate u odnosu na Hoeffding Tree klasifikator (HT) za strim podataka generisan sa Hyperplane generatorom.



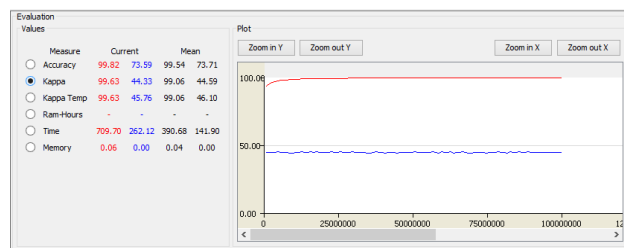
Slika 2. Rezultati i grafička reprezentacija tačnost vs broj primjeraka: Komparacija tačnosti HT (crveni) i NB (plavo) za RandomTree generator – korišten prequential evaluacioni postupak

Na slici 2 se mogu vidjeti rezultati i grafička reprezentacija komparacije postignutih rezultata tačnosti za RandomTree generator i na slici 3 za Hyperplane generator korištenjem prequential, testiraj a zatim nauči, evaluacionog pristupa.



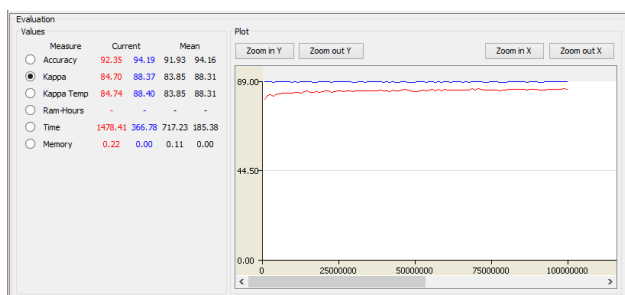
Slika 3. Rezultati i grafička reprezentacija tačnost vs broj primjeraka: Komparacija tačnosti HT (crveni) i NB (plavo) za Hyperplane generator – korišten prequential evaluacioni postupak

Analizom rezultata datih Tabelom 2, može se zaključiti da kada su u pitanju strimovi podataka generisani sa RandomTree i Waveform generatorima, da je Hoeffding Tree algoritmom postignuta veća tačnost u odnosu na Naivni Bajesov algoritam. Za strim podataka generisan sa Hyperplane generatorom Naivni Bajesov klasifikator je postigao bolje rezultate u odnosu na HoeffdingTree klasifikator.



Slika 4. Rezultati i grafička reprezentacija Kappa vs broj primjeraka: Komparacija Kapa statistike HT (crveni) i NB (plavo) za RandomTree generator – korišten heldout evaluacioni postupak

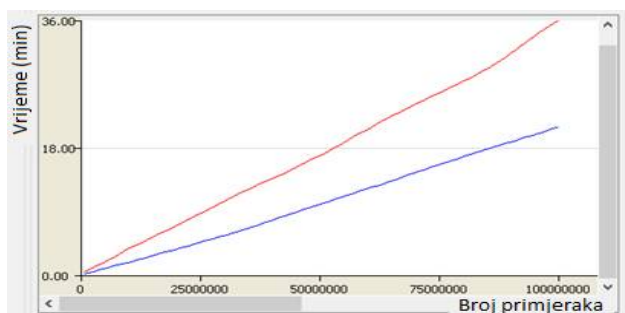
Na slici 4 se mogu vidjeti rezultati i grafička reprezentacija komparacije Kappa statistike za RandomTree generator i na slici 5 za Hyperplane generator korištenjem periodičnog heldout pristupa. Vidljivo je (Slika 4) da vrijednosti Kappa, Naïve Bayes algoritam za datu postavku eksperimenta, u kontekstu konzistentnosti tačnosti (indicator pouzdanosti obučenog modela), svrstavaju u umjerenu (*moderate*) grupu (0.41~0.60), a Hoeffding Tree u gotovo savršenu (*almost perfect*) grupu (0.81~1) (grupisanje prema [15]). Sličnu situaciju, kada su u pitanju Kappa vrijednosti, ova dva algoritma, za isti generator strima imaju i korištenjem prequential pristupa evaluacije.



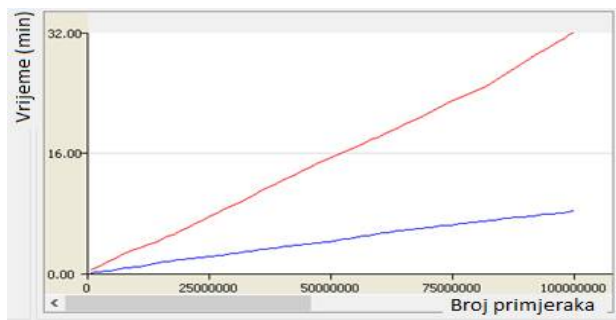
Slika 5. Rezultati i grafička reprezentacija Kappa vs broj primjeraka: Komparacija Kapa statistike HT (crvena) i NB (plava) za Hyperplane generator – korišten heldout evaluacioni postupak

Poređenjem rezultata iz obje tabele može se zaključiti da je bez obzira na postupak evaluacije HoeffdingTree klasifikator bio bolji od Naïve Bayes klasifikatora kada su u pitanju RandomTree generator i Waveform generator, pri čemu su u vlastitom poređenju (HoeffdingTree) bolji rezultati sa prequential postupkom evaluacije. S druge strane Naïve Bayes klasifikator je za oba slučaja evaluacionih procedura bio bolji za Hyperplane generator, s tim da je bolje rezultate postigao korištenjem heldout postupka evaluacije.

U kontekstu vremenskih resursa, u svim eksperimentalnim postavkama zahtjevniji je bio Hoeffdingtree klasifikator u odnosu na Naïve Bayes klasifikator. Posebno se ističe dužina trajanja procesa evaluacije, kod korištenja Waveform generatora za oba klasifikatora u oba postupka evaluacije.

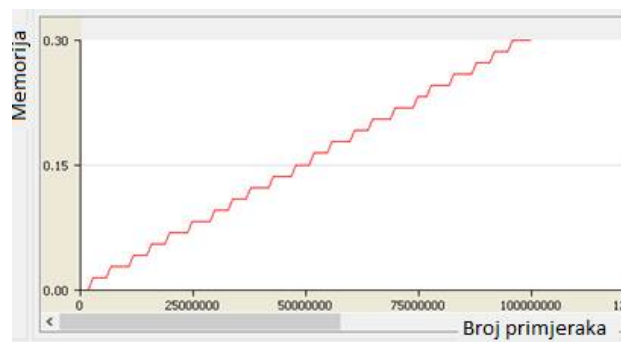


Slika 6. Graf vrijeme vs broj primjeraka: Komparacija za HT (crvena) i NB (plava) za Waveform generator – korišten prequential evaluacioni postupak



Slika 7. Graf vrijeme vs broj primjeraka: Komparacija za HT (crvena) i NB (plava) za Waveform generator – korišten heldout evaluacioni postupak

Uporedni prikaz pomenutog vremena naspram broja primjeraka za oba postupka evaluacije dat je na slikama 6 i 7, pri čemu je uočljiva značajna međusobna razlika kada je u pitanju prequential evaluaciona procedura (Sl. 6).



Slika 8. Graf memorija vrijeme vs broj primjeraka: HoeffdingTree za Hyperplane generator – korišten prequential evaluacioni postupak

Posmatrajući samo memorijske resurse može se zaključiti da su oni za sve navedene i korištene eksperimentalne postavke u slučaju Naïve Bayes klasifikatora bili jednaki nuli za razliku od HoeffdingTree klasifikatora. Na Sl. 8 dat je graf korištenja memorije naspram broja primjeraka za Hoeffding Tree algoritam, na strimu generisanom Hyperplane generatorom, gdje se može primjetiti tendencija rasta memorije sa rastom broja primjeraka.

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisan način, tabelarno i grafički prikazane dobijene vrijednosti, evaluacije rezultata klasifikacionog učenja iz perspektive specifičnosti i ograničenja koja sa svojom prirodom nose strimovi podataka, sa brojem primjeraka u granicama realno zahtjevnih okruženja.

Topik strim mininga je još uvijek otvoren i iz ugla različitih aspekata (algoritama, praktičnosti,...), no u biti mining strimova podataka mora balansirati tri dimenzije evaluacije: tačnost vrijeme i memoriju. U tom kontekstu može se reći da je postignuta izuzetna tačnost sa Hoeffding Tree za strim podataka generisan RandomTree generatorom uz zadovoljavajuće vrijeme izvršavanja u poređenju sa rezultatima postignutim sa ostalim korištenim generatorima strima.

LITERATURA

- [1] Golab, L. and M.T.Özsu, Issues in Data STREAM Management, Canada. SIGMOD Record, Vol. 32, No. 2, 2003.
- [2] Hébrail, G. Data stream management and mining, MMDSS, 2007.
- [3] Jankovic, O., Primjena i evaluacija klasifikatora višeslojnog perceptrona za potrebe klasifikacije linearno neseparabilnih problema, XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima – SYM-OP-IS 2015., Zbornik radova, str 208- 211
- [4] Aggarwal, Charu C., Data Streams Models and Algorithms, IBM, T. J. Watson Research Center Yorktown Heights, pp. 39-52, Springer 2007.
- [5] Bifet, A. and G. Holmes, R. Kirkby, B. Pfahringer, DATA STREAM MINING A Practical Approach, The University of Waikato, COSI, 2011
- [6] Janković, O., Mašinsko učenje: Evaluacija performansi klasifikatora u kontekstu ograničene raspoloživosti podacima, XLI Simpozijum o operacionim istraživanjima – SYM-OP-IS 2014., Zbornik radova, str. 232-237
- [7] Bifet, A. and G. Holmes, R. Kirkby, and B. Pfahringer. MOA: Massive Online Analysis <http://moa.cs.waikato.ac.nz/>. Journal of Machine Learning Research (JMLR), 2010
- [8] Bifet, A. and F. Eibe, G. Holmes, B. Pfahringer, Ensembles of restricted Hoeffding trees, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST) , Vol. 3, Issue 2, pp. 1-20, Publisher ACM. 2012.
- [9] Srimani, P.K. and M.M. Patil, Massive data mining using Bayesian approach, International Journal of Conceptions on Computing and Information Technology Vol. 2, Issue. 4, June' 2014.
- [10] Hulten, G, L. Spencer, and P. Domingos, Mining time-changing data streams. In KDD'01, pages 97–106, San Francisco, CA, 2001. ACM Press.n
- [11] Domingos, P., and G. Hulten, Mining high-speed data stream, In International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pages 71–80, 2000
- [12] Schlimmer J. C. and Granger R.H, Incremental learning from noisy data, International Conference on Machine Learning , 1(3), 1986, pp. 317-354.
- [13] Aha, D. UCI machine learning Repository [https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Waveform+Database+Generator+\(Version+1\)](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Waveform+Database+Generator+(Version+1))
- [14] Cohen, J. A coefficient of agreement for nominal scales, Educational and Psychological Measurement, 20(1):37–46, 1960
- [15] Fong, S. and Y. Zhang, J. Fiaidhi, O. Mohammed, S. Mohammed, Evaluation of Stream Mining Classifiers for Real-Time Clinical Decision Support System: A Case Study of Blood Glucose Prediction in Diabetes Therapy, BioMed Research International, Volume 2013, 2013.

SOFTVERSKA SIMULACIJA INTELIGENTNOG SISTEMA BAZIRANOG NA ALGORITMIMA PRETRAŽIVANJA

SOFTWARE SIMULATION OF INTELLIGENT SYSTEM BASED ON SEARCH ALGORITHMS

Milana Prodanov¹, Dražen Drašković¹

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu¹

Sadržaj – Veštačka inteligencija predstavlja važno polje u oblasti računarske tehnike i informatike. Ovaj rad se bavi implementacijom i upoređivanjem različitih algoritama pretraživanja, koji su realizovani na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Softverska simulacija je realizovana kao vizuelni i interaktivni sistem za edukaciju studenata na osnovnim akademskim studijama za predmet „Inteligentni sistemi“. Sistem demonstrira rad strategija pretraživanja kroz vizuelnu igru, uz detaljno posmatranje svakog koraka rada izabranog algoritma. Glavni ciljevi realizacije ovog sistema su: lakše usvajanje gradiva od strane studenata i njegova integracija u spomenuti predmet.

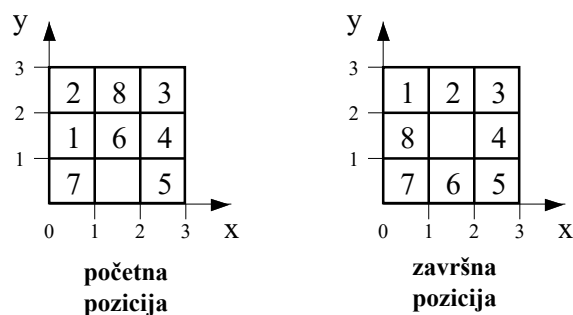
Abstract - Artificial intelligence represents an important area in the field of Computer Engineering and Informatics. This paper implements and compares various search algorithms which has been realized at the University of Belgrade - School of Electrical Engineering. This software simulation has been developed as visual interactive educational system for students at the undergraduate level, within the course “Intelligent systems”. The system demonstrates search algorithms through visual game, with detailed description of each step of the selected algorithm. The main objectives of using the system are: to simplify the learning process, and make it efficient and easy to integrate into the course.

1. UVOD

Strategije pretraživanja se danas koristi za rešavanje različitih problema u medicini, za upravljanje industrijskim i proizvodnim procesima, u robotici, elektronici, računarstvu, matematici, fizici, ekonomiji, politici i mnogim drugim oblastima. Veštačka inteligencija sve probleme strategija pretraživanja deli u tri opšte klase [1]: problemi nalaženja najbolje putanje sa jednim agentom, igre sa dva igrača i metod zadovoljenja ograničenja.

Klasični algoritmi pretraživanja najčešće se predstavljaju nekim jednostavnim igrama. Poznata igra za decu, Viktorija, prikazana na slici 1, predstavlja vrstu slagalice, u kojoj se na tabli veličine NxN nalazi niz pločica sa brojevima. Svaka pločica u slagalici sadrži jedan broj, osim jedne prazne pozicije, koja nema pločicu sa brojem i na koju možemo da pomerimo susedne pločice slagalice.

Cilj rešavanja ovog problema je dovesti slagalicu iz jednog početnog stanja, sa razbacanim brojevima u slagalici, na slučajan način, u ciljno stanje sa nekim karakterističnim rasporedom. Kao procenu rastojanja do ciljne pozicije, ovde se moraju koristiti heurističke funkcije. Za određivanje heurističkih funkcija u ovakvim igrama postoji nekoliko metoda kao što su: dijagonalna heuristika, Manhettan rastojanje, Euklidovo rastojanje i mnoge druge [2].



Slika 1 - Igra Viktorija

Druga klasa strategija pretraživanja obuhvata savršene igre sa dva igrača. To su najčešće igre na tabli, kao što su šah, X-O, Gomoku, Checkers, Othello, i mnoge druge. Takve igre koriste standardni minimax algoritam, uz moguće unapređenje sa alfa-beta odsecanjem.

Treća klasa predstavlja strategiju zadovoljenja ograničenja, poznatiju kao *Constraint Satisfaction Problem (CSP)*, čija stanja i prateće rutine podležu standardu, strukturirana su i veoma jednostavno predstavljena. Najpoznatije igre iz te oblasti su problem bojenja mapa, problem osam (ili N) kraljica i Sudoku. Prilikom rešavanja CSP problema najčešće se primenjuje pretraga unazad (*backtracking search*), odnosno jedan način pretraživanja po dubini. Unapređenja ovog algoritma pretrage koriste proveru unapred (*forward checking*) ili *Arc consistency* proveru. Edukacioni sistem koji je realizovan iz oblasti CSP na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu i analiza efikasnosti CSP problema opisana je u [3].

Tema ovog rada je softverska simulacija inteligentnog sistema sa klasičnim algoritmima pretraživanja, koji su

realizovani kroz igru, koja predstavlja primer iz zbirke zadataka, koja se koristi na predmetu. Cilj simulacije je da vizuelno ilustruje sve strategije i algoritme pretraživanja koji su korišćeni na predavanjima i auditornim vežbama, da prikaže detaljna rešenja odabranih problema i da studentima na intuitivan način prikaže za njih veoma apstraktne algoritme.

U nastavku ovog rada, dati su razlozi za uvođenje softverskog sistema, opisana su postojeća rešenja i korišćene tehnologije. U radu je prikazana evaluacija realizovanih algoritama u ovom inteligentnom sistemu. Na kraju rada dat je zaključak.

2. OPIS PROBLEMA

Algoritmi pretraživanja spadaju u jednu od najznačajnijih tema iz oblasti inteligentnih sistema i veštačke inteligencije, prema preporukama strukovnih organizacija ACM i IEEE [4]. U ovom radu prikazani su algoritmi pretraživanja u vidu jednog inteligentnog sistema, odnosno igre sa lavirintom, Džejms Bondom, kao glavnim akterom, i lošim momcima koji ga prate. Cilj realizacije ovog softverskog sistema bio je da svaki implementirani algoritam proprati vizuelnim i tekstualnim prikazom stabla pretrage, da bi se lakše mogla uočiti njihova pravila i način funkcionisanja. U svakom trenutku je moguće pauzirati izvršavanje kako bi se stablo detaljnije analiziralo.

Za razvoj simulacije odabrana je danas veoma popularna tehnologija Unity (verzije 5.0), uz korišćenje Blender (2.74) i Gimp (2.8.14). Svi spomenuti alati su besplatni i mogu se naći na sajtu proizvođača tog softvera. Unity skripte su pisane u jeziku C#, dok su za određene svrhe u Blenderu pisane Python skripte. Unity okruženje je najbitniji alat [5], koji je korišćen za logiku i simulaciju algoritama. Blender [6] je bio korišćen za pravljenje statičkih nivoa i za prikazivanje Džejms Bond karaktera, dok je Gimp korišćen za pravljanje tekstura. Prednost odabrane tehnologije je mogućnost izgradnje implementirane igre za svaku današnju platformu, što olakšava njenu upotrebu od strane studenata koji pohađaju predmet.

Algoritmi pretraživanja uključeni u ovaj inteligentni sistem su:

- Pretraga po dubini (eng. *depth-first search*)
- Pretraga po širini (eng. *breadth-first search*)
- Metod planinarenja (eng. *hill climbing*)
- Metod prvo najbolji (eng. *first best*)
- Metod A*
- Metod grananja i ograničavanja (eng. *branch and bound*)

U nastavku ovog poglavlja je data diskusija i primena svakog od datih algoritma pretrage u praktičnim situacijama.

1.1 Pretraga po dubini (DFS)

Ovaj metod je dobar u slučaju kada je potrebno što brže naći poslednji čvor, tj. izlaz iz lavirinta u slučaju realizovane igre. Algoritam ne gleda ni cenu putanje, ni

heuristiku. DFS ne garantuje najbolje moguće rešenje, jer vreme traženja zavisi od slučajnog rasporeda suseda.

Neki algoritmi koji koriste pretragu po dubini kao gradivni element su:

- Pronalaženje povezanih komponenti
- Topološko sortiranje
- Pronalaženje dve (grane ili čvora) povezane komponente
- Pronalaženje tri (grane ili čvora) povezane komponente.
- Pronalaženje mostova grafa
- Pronalaženje snažno-povezanih komponenti
- Rešavanje zagonetki sa samo jednim rešenjem (npr. lavirint)
- Generisanje lavirinata

1.2 Pretraga po širini (BFS)

BFS metod se nije pokazao kao dobar u pronalaženju putanje kroz lavirint, jer se dešava dosta povrataka na prethodne čvorove s obzirom da ih algoritam posećuje po širini susedstva. Kao i DFS, ne gleda ni cenu ni heuristiku čvora.

Neki algoritmi koji koriste pretragu po širini kao gradivni element su:

- Topološko sortiranje
- Minimalno povezujuće stablo
- Transportne mreže
- Uparivanje, Hopkroft-Karp algoritam
- Tranzitivno zatvorenje
- Najkraći putevi iz datog čvora, Dijkstrin algoritam
- Svi najkraći putevi, Flojd-Varšalov algoritam
- Pronalaženje mostova grafa

1.3 Metod planinarenja

Metod planinarenja je dobar za pronalaženje lokalnog optimuma, odnosno najboljeg rešenja znajući konfiguraciju susedstva, ali ne garantuje najbolje rešenje od svih mogućih. Po implementaciji liči na DFS algoritam i jedina razlika u implementaciji je korišćenje heuristike tokom pretrage.

1.4 Prvo najbolji

Strategija prvo najbolji traži globalni optimum za razliku od strategije metodom planinarenja. Iako bi se moglo zaključiti da ima tendenciju da "skače" po grafu zbog uzastopnih nesusednih čvorova, zapravo spada u grupu gramzivih algoritama, jer se broj razvijenih čvorova povećava linearno i vodi do relativno brzog rešenja. Koristi se u igrama za pronalaženje putanje i za potrebe sistemskog pretraživanja veća kao indeks. Ovaj algoritam koristi heuristiku.

1.5 Grananje i ograničavanje

Jedna od najčešćih programskih paradigmi za rešavanje mnogih NP problema kao što su problem trgovačkog putnika ili particionisanje grafa. Nudi implicitnu pretragu rešenja kroz funkciju ograničavanja u kombinaciji sa najboljim tekućim rešenjem. Ovaj algoritam ne koristi heuristiku.

1.6 Algoritam A*

Originalno napravljen za rešavanje problema obilaska grafa, ali se danas uglavnom koristi u igrama za pronalaženje putanje. Algoritam A* liči na metodu grananja i ograničavanja. Ovaj algoritam koristi heurističku funkciju.

1.7 Dinamičko programiranje

Floyd-Varšalov algoritam je primenjen u implementaciji algoritma pretraživanja u slučajevima kada je bilo potrebno posetiti nesusedni čvor. Uz pomoć podataka generisanih ovim metodom, put kojim se ide između čvorova koji nisu susedni je najkraći mogući.

Dinamičko programiranje rešava probleme kao što su:

- Problem ranca
- Najduži zajednički podniz
- Množenje matrica
- Najduži rastući podniz
- Floyd-Varšalov algoritam

3. SOFTVERSKI SISTEMI NA DRUGIM UNIVERZITETIMA

Softverski sistemi koji se koriste u edukaciji predstavljaju veliku pomoć predavačima u držanju nastave, ali i studentima u razumevanju predavanih problema. Ovakvi edukacioni sistemi su zastupljeni širom sveta, a mnogi su bazirani na igrama. U nastavku ovog poglavlja dat je pregled nekoliko najpoznatijih softverskih sistema iz oblasti veštačke inteligencije, odnosno podoblasti algoritama pretraživanja.

Softverski sistem „MIT OCW“ [7] predstavlja alat koji se koristi na Univerzitetu tehnologije u Masačusetsu (MIT) i na Univerzitetu u Čikagu, u nastavi predmeta „Veštačka inteligencija“. Sistem se sastoji od šest većih oblasti veštačke inteligencije: planiranja, pretraživanja, zadovoljenja ograničenja, mimetika, Bajesovih mreža i drugih vidova učenja. Od algoritama pretraživanja u ovom edukacionom sistemu su realizovani: pretraživanja po dubini i po širini, pretraživanje metodom planinarenja, metodom prvo najbolji, grananja i ograničavanja sa prihvatljivom heuristikom i sa proširenom listom i algoritam A*. Korisnik sistema može uticati na skoro sve parametre simulacije: izbor algoritma, brzinu, prikazivanje liste čvorova, početni i ciljni čvor. Ovaj sistem ima jedino ograničenja u vidu nemogućnosti da se menja broj i raspored čvorova mape koja se pretražuje, pa korisnici sistema ne mogu unositi svoje probleme.

Sistem „AI Space“ [8] predstavlja kolekciju Javinih apleta, koji služe za demonstriranje dinamike algoritama iz oblasti veštačke inteligencije. Ovaj sistem je razvijen i

koristi se na Univerzitetu britanske Kolumbije, i predstavlja jedan od najpopularnijih simulatora iz ove oblasti, jer se primenjuje i na mnogim drugim univerzitetima širom sveta. „AI Space“ obuhvata osam oblasti: pretraživanje grafova, rešavanje problema zadovoljenja ograničenja zasnovanih na doslednosti ili na stohastičkom lokalnom pretraživanju, zaključivanje, Bajesove mreže, stabla odlučivanja, neuralne mreže i konverzija STRIPS algoritma u CSP. Ovaj sistem podržava interaktivne simulacije, što omogućava korisnicima direktnu kontrolu nad primerima. Sistem je vrlo jednostavan i intuitivan za korišćenje, tako da je pogodan za studente koji su novi u oblasti veštačke inteligencije. U apletu „Pretraživanje grafova“, koji je sastavni deo ovog sistema, korisnik može da kreira svoj graf ili da koristi jedan od ponuđenih. Kod kreiranja grafa, korisniku je omogućeno da postavi sve parametre: heuristike za svaki čvor, cene svake grane, početni i ciljni čvor u grafu. Ovaj sistem korisniku omogućava i da vidi kod grafa ispisan u programskom jeziku Prolog, tekstualnu i XML reprezentaciju i detalje grafa. Pored svih ovih naprednih opcija, sistem podržava i test znanja o izabranom algoritmu pretraživanja.

Softverski sistem „AIMA3e“ [9] je takođe jedan od popularnijih sistema na svetskim univerzitetima, jer predstavlja zvaničan alat uz najpoznatiju knjigu iz oblasti veštačke inteligencije - „Artificial Intelligence: A Modern Approach“ [10]. U sistemu su implementirani svi algoritmi koji su objašnjeni u knjizi. Simulator sadrži sedam simulacija i trinaest demoa, koji prikazuju rad pojedinih algoritama. Od algoritama pretraživanja u okviru simulacija i demoa obuhvaćeni su: pretraživanje po dubini, pretraživanje po širini, A* algoritam, rekurzivno prvo najbolji, metod planinarenja, iterativno produbljanje, uniformna cena i prvo najbolji. Korisnik sistema može odabrati jedan od ponuđenih algoritama i ispratiti objašnjenja uz izvršavanje odabranog algoritma.

„Searchr“ je softverski sistem koji se koristi na Univerzitetu u Liverpulu i realizovan je u jeziku CoffeeScript. Simulator ima dva režima rada: režim dizajna i režim pretraživanja. Korisnik može da kreira graf nad kojim će vršiti pretraživanje ili da učita već postojeći graf. Iz oblasti algoritama pretraživanja ovaj sistem je realizovao: algoritme pretrage po dubini i po širini, ograničenu pretragu po dubini, iterativno produbljanje, A*, bidirekcionu pretragu i „pohlepnu“ pretragu. Tokom animacije pretraživanja, korisniku se prikazuje kompletno rešenje, vremenska kompleksnost, prostorna kompleksnost i optimalnost.

Svaki od analiziranih sistema ima neke svoje prednosti ili nedostatke, ali nijedan nema bogat grafički prikaz, koji bi studente motivisao da lakše prate animaciju, a samim tim i da bolje savladaju gradivo algoritama pretraživanja. Zato je cilj ovog rada bila realizacija softverskog sistema, koji će studente naučiti algoritmima pretraživanja kroz kompjutersku igru, realizovanu za različite platforme.

4. OPIS SIMULACIJE

Za svrhu simulacije razvijeni su alati koji mapiraju lavirint sa scene u logički graf pretraživanja. Napravljeni

su korisnički editori od kojih se jedan bavi postavljanjem i merenjem dužina između fizičkih čvorova grafa, dok je drugi vezan za generisanje logičkog grafa od fizičkih čvorova na sceni i njihovih međusobnih distanci. Kako bi se pratio proces pretraživanja, razvijen je i alat za vizuelizaciju stabla pretraživanja. Stablo se popunjava postepeno, kako karakter dostiže čvorove grafa, a posećivanjem određenog čvora prikazuju se njegovi susedi kao i sledeći čvor koji je na listi posećivanja (slika 2). Stablo pretraživanja je moguće videti i u tekstualnom obliku (slika 3).



Slika 2 - Vizuelni graf pretrage



Slika 3 - Tekstualni graf pretrage

Softverku simulaciju je moguće koristiti na jedan od dva načina - kao igrač, u igračkom režimu (eng. *Play mode*) ili kao posmatrač, u posmatračkom režimu (eng. *Observer mode*). Posmatrački režim se koristi da bi se uporedili algoritmi pretrage. Oba karaktera se kreću prema odabranom algoritmu pretraživanja stabla, brzinama koje smo odabrali, prilikom učitavanja simulacije, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4 - Opcije u posmatračkom režimu rada

Igrački režim je stanje u kome korisnik upravlja Džejs Bond karakterom, dok mu je neprijatelj računar, koji koristi odabrani algoritam pretrage. Korisnik može da dodeli početnu prednost svom igraču tako što će neprijatelj krenuti da igra, tek nakon što igrač poseti određeni broj čvorova u stablu, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5 - Opcije u igračkom režimu rada

Realizovani algoritmi pretraživanja mogu da se upoređuju u posmatračkom režimu rada podešavanjem istih brzina karaktera. Takođe se mogu pratiti cene i heuristike putanja, kako bi se pratile odluke algoritama, kao što je prikazano na slikama 2 i 3. Problem može da nastane tokom intenzivnog kontakta karaktera tokom igračkog režima, ako Džejs Bond „gurne“ neprijatelja do nekog slučajnog čvora kojim može da izgubi referencu na sledeći čvor grafa.

5. EVALUACIJA REALIZOVANIH ALGORITAMA PRETRAŽIVANJA

Upotrebom realizovane simulacije su međusobno poređani algoritmi pretraživanja. Evaulacija je donela sledeće rezultate:

1. Hill Climbing
2. DFS
3. First Best
4. A*
5. Branch and Bound
6. BFS

Merenja su vršena u nivou 3 (primer jednostavnog lavirinta sa vežbi na predmetu „Inteligentni sistemi“) i nivou 6 (dinamičko kreiranje složenih lavirinata), pri

istim brzinama igrača. Prva kolona se odnosi na algoritme Džeims Bonda (JB), dok se prvi red odnosi na algoritme Shooter-a (S). Oznaka JB znači da je pobedio Džeims Bond, a S da je pobedio Shooter, dok je X oznaka nerešenog rezultata. Minus (-) pored oznake pobjednika označava tesnu pobjedu, dok zvezda (*) označava 50% ubedljive i 50% tesne pobjede.

Tabela 1: Rezultati upoređivanja algoritama pretrage, nivo 6

JB vs Shooter	DFS	BFS	Hill Climbing	First Best	Branch And Bound	A*
DFS	X	JB	S	JB*	JB	JB
BFS	S	X	S	S	S	S
Hill Climbing	JB	JB	X	JB	JB	JB
First Best	S*	JB	S	X	JB	JB
Branch And Bound	S	JB	S	S	X	S
A*	S	JB	S	S	JB	X

Tabela 2: Rezultati upoređivanja algoritama pretrage, nivo 3

JB vs Shooter	DFS	BFS	Hill Climbing	First Best	Branch And Bound	A*
DFS	X	JB	S	S	JB	JB
BFS	S	X	S	S	JB	S-
Hill Climbing	JB	JB	X	X	JB	JB
First Best	JB	JB	X	X	JB	JB
Branch And Bound	S	S	S	S	X	S
A*	S	JB-	S	S	JB	X

6. ZAKLJUČAK

Cilj i želja ovog rada je bila da studentima olakša savladavanje gradiva iz predmeta „Inteligentni sistemi” uz upoređivanje i posmatranje algoritama pretrage, koji su obuhvaćeni gradivom predmeta. S druge strane, implementacija simulacije u popularnoj Unity tehnologiji pruža mogućnost studentima da istu pokreću na bilo kojoj platformi, od Windows i OS X računara, preko XBox-a do Androida i iOS-a, što je čini prilagodljivom i pristupačnom.

Dizajn igre je osmišljen tako da studentu bude interesanto dok uči, da bude jednostavnog i intuitivnog korisničkog interfejsa [11], i da u svakom trenutku student može da isprati do tog trenutka razvijeno stablo pretraživanja i čvor koji je posećen u stablu. Upoređivanjem algoritama, student može da utvrdi prednosti i nedostatke algoritama pretraživanja i na taj način bude spreman da primeni određeni algoritam kada projektuje određeni inteligentni sistem.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je napisan u okviru projekata III-44009 i TR-32047 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Richard E. Korf, “Artificial Intelligence Search Algorithms”, University of California, July 1996.
- [2] S.Tubić, D.Drašković, “Realizacija algoritma pretraživanja A* u kompjuterskoj igri”, konferencija “Etran 2015”, Srebrno jezero, Srbija, jun 2015.
- [3] D.Drašković, B.Nikolić, “Edukacioni sistem CSP u nastavi iz ekspertskih sistema”, konferencija „Mreža 2013“, Valjevo, Srbija, jun 2013.
- [4] ACM (2009): "Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering and Computer Engineering", (pristupano: 27.01.2016.), [dostupno na <http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>]
- [5] Sue Blackman, “Beginning 3D Game Development with Unity: The World's Most Widely Used Multiplatform Game Engine”, APress, New York, 2011.
- [6] Chris Totten, “Game Character Creation with Blender and Unity”, Sybex, New York, 2012.
- [7] “MIT Open Course Ware”, <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-034-artificial-intelligence-fall-2010/demonstrations/>, pristupano dana: 20.12.2015.
- [8] “AI-Space”, <http://www.aispace.org/>, pristupano dana: 20.12.2015.
- [9] “AIMA3e”, <http://aima-java.googlecode.com/svn/trunk/aima-all/release/aima3ejavademos.html>, pristupano dana: 25.12.2015.
- [10] S. Russell, P. Norvig, “Artificial Intelligence: A Modern Approach,” third edition, 2010, Pearson Education
- [11] Jessie Shell, “The Art of Game Design: A book of lenses”, Elsevier, 2008.

ANALIZA I MOGUĆNOSTI VIDEO STRIMING SERVISIA U TAKTIČKIM RADIO MREŽAMA

ANALYSIS AND POSSIBILITIES OF VIDEO STREAMING SERVICE IN TACTICAL RADIO NETWORKS

Danilo Lazović¹, Sima Kerešević¹, Jovan Bajčetić²
Vojska Srbije, 204. vazduhoplovna brigada¹
Univerzitet odbrane, Vojna akademija²

Sadržaj – U ovom radu je opisan princip rada radio uređaja proizvođača THALES i prikazane mogućnosti ovih radio uređaja za prenos video sadržaja u realnom vremenu uz upotrebu video kodera za kompresiju video materijala. Takođe, izvršeno je subjektivno ocenjivanje i prikazana ocena kvaliteta video materijala na prijemu.

Abstract - This paper describes the working principle of THALES manufacturer radio equipment, and presents performance of these radios in case of real time video transmission using a video encoder for video material compressing. Also, the subjective rating of receiving video quality is conducted and shown.

1. UVOD

Bežične vojne taktičke komunikacione mreže zasnovane su na principu brzog formiranja mreža čiji su komunikacioni tokovi zaštićeni. Prenos je otporan na ometanja, a komunikacija se može ostvariti na udaljenostima od nekoliko desetina kilometara. Korišćenjem frekvencija iz opsega vrlo visokih frekvencija (VVF – 30-88 MHz) gde je širina kanala najčešće ograničena na 25 kHz u skladu sa upotrebjenim modulacionim tehnikama, moguće je ostvariti komunikacije relativno malih brzina prenosa. Korisnici ovih mreža moraju biti svesni da su brzine prenosa ograničene na svega nekoliko desetina kilobita po sekundi. Potrebno je da aplikacije koje se koriste u ovim mrežama budu prilagođene tako da što bolje koriste propusni opseg za prenos informacije. Do sada su vršena istraživanja mogućnosti prenosa video materijala pomoću jedne mobilne zaštićene radio ad-hoc mreže i sprovedeni su subjektivni testovi mogućnosti ovakve mreže koji su opisani u ovom radu. Analiza prenosnih mogućnosti se zasnivala na nepouzdanom prenosu korisnog saobraćaja preko zaštićene komunikacije upotrebom standardnih protokola i kanala u VVF frekvencijskom opsegu.

2. MOGUĆNOSTI OSTVARENJA SERVISIA BAZIRANIH NA IP SAOBRAĆAJU UPOTREBOM TAKTIČKE RADIO MREŽE

Mreža čije su mogućnosti analizirane i predstavljene bila je formirana upotrebom TRC-9210 radio uređaja proizvođača Tales. Radio uređaj TRC 9210 (slika 1) je prenosni, primopredajni, softverski definisani radio uređaj VVF opsega male snage. Pripada seriji radio uređaja PR4G F@stnet. U radio uređaj je ugrađen GPS prijemnik i IP ploča. Namenjen je za održavanje radio veze na kraćim odstojanjima u poljskim uslovima rada u mestu i

pokretu. Omogućava prenos nezaštićenog ili zaštićenog govora i podataka u različitim komunikacionim režimima i vrstama rada [1].



Slika 1. TRC 9210 VVF radio uređaj

Radio uređaj može da radi u sledećim komunikacionim režimima:

1. Borbena radio mreža (CNR- Combat Network Radio) za simpleksni prenos govora i podataka,
2. IP/MUX za jednovremeni prenos govora i IP podataka,
3. IP/PAS omogućava jedino prenos IP podataka.

Najveća pažnja u ovom radu usmerena je na IP/PAS režim rada koji omogućava isključivo paketski prenos podataka kroz brzo formiranu ad-hoc mrežu. Paketi se prenose rutiranjem sa najviše do pet skokova između radio uređaja čime se povećava domet. Da bi se mogao realizovati ovakav vid prenosa, računar mora biti povezan sa radio stanicom preko IP interfejsa. U radio mreži otpornoj na ometanje, IP/PAS komunikacioni režim omogućava korisnicima siguran prenos IP podataka i formiranje IP mreže relativno male propusne moći. U IP/PAS komunikacionom režimu se koristi frekvencijsko skakanje kao vrsta rada i moguće je prenositi samo paketski uokvirene podatke. CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access – Collision Detection) principom je omogućen pristup medijumu. Moguća je tačka-tačka (PTP – Point To Point), tačka-više tačaka (PTMP – Point To MultiPoint) i difuzno emitovanje (broadcast) za mrežne servisne poruke čiji su paketi formirani u veličinama do 4 kB, sa brzinama prenosa do 19200 b/s. Brzina prenosa se menja u skladu sa uslovima propagacije i ona se određuje na osnovu kvaliteta prenosa koji stanice određuju prilikom prijema informacije. Svaka stanica u toku prijema procenjuje odnos signal/(šum+smetnja) i na

osnovu ovog parametra određuje brzinu prenosa po radio spojnom putu. Pomoću jedne radio stanice moguće je formirati radio međustanicu radi proširenja broja učesnika. U svakoj pojedinačnoj mreži može postojati do 32 učesnika. Za aplikacije koje ne zahtevaju širok propusni opseg radi prenosa u realnom vremenu zagarantovan je kvalitet servisa. Kodovi za korekciju greške unapred koriste se za zaštitu informacije. Svaka stanica ima u svakom trenutku mogućnost iščitavanja podataka o prisutnim stanicama u mreži iz MIB (Management Information Base) baze uređaja upotrebom SNMP (Simple Network Management Protocol) protokola. U određenim vremenskim trenutcima stanica distributivno emituje poruke koje se tiču mrežne topologije, određuje listu susednih i stanica koje joj nisu susedne, na osnovu Dajsktrin (Dijkstrine) algoritma pronalazi najkraći put i formira tablice prosleđivanja-rutiranja sa zadatkom da se stanice povežu po najkvalitetnijim radio prenosnim putanjama. Na osnovu informacija u ruting tablicama koje se nalaze na svakoj stanici, poruke se rutiraju u mreži. Stanice mogu biti pokretne (mobilne) sve dok je brzina kretanja stanice manja u odnosu na brzinu, odnosno vreme konvergencije mrežne topologije. Svaka stanica se može definisati kao međustanica kod koje se sav saobraćaj rutira kroz mrežu posredstvom radio interfejsa stanice. [2]

3. REZULTATI VIDEO STRIMING SERVISIA DOBIJENI SUBJEKTIVNOM OCENOM ISPITANIKA

Subjektivnu ocenu kvaliteta video materijala korišćenih u ovom radu je dalo dvadeset kadeta Vojne akademije. Kadeti su imali priliku da ocene tri video snimka na prijemu od kojih su dva bila kompresovana, a jedan je bio originalni video koji je predstavljao snimak radne površine računara. Kvalitet video materijala se merio u odnosu na verzije video dokumenta emitovane na predajnoj strani. Ispitanici su video materijale ocenjivali na osnovu sledećih zahteva:

1. Kvalitet video materijala na prijemnoj strani,
2. Mogućnost prepoznavanja boja, objekata, lica i kontura na prijemu,
3. Vreme zadržavanja između video sadržaja prilikom emitovanja, merenog na prijemnoj strani,
4. Promena rezolucije video dokumenta na prijemu i
5. Potpunost emitovanog video materijala na prijemu.

Kadeti su ovih pet pitanja ocenjivali ocenama od jedan do pet. Skala ocenjivanja je data u tabeli 1.

Tabela 1. Ocene i njihov opis za ocenjivanje video sadržaja

OCENA	OPIS
1	(1.) Veoma loš (2.) ne može se prepoznati nijedan oblik, boja, objekat (3.) kašnjenje između video sadržaja je više od 40 sekundi (4.) postoji >75% promene rezolucije (5.) emitovano 5-25% video materijal na prijemu
2	(1.) Loš (2.) mogu se prepoznati samo obrisi objekata, boja (3.) kašnjenje između video sadržaja je 30-40 sekundi (4.) postoji 50-75% promene rezolucije (5.) emitovano 25-50% video materijal na prijemu
3	(1.) Prosečan (2.) mogu se prepoznati konture objekata, pokreti, boje se uočavaju (3.) kašnjenje između video sadržaja je 20-30 sekundi (4.) postoji 30-50% promene rezolucije (5.) emitovano 50-75% video materijal na prijemu
4	(1.) Dobar (2.) mogu se prepoznati objekti, oblici, pokreti, boje (3.) kašnjenje između video sadržaja je 10-20 sekundi (4.) postoji 10-30% promene rezolucije (5.) emitovano 75-95% video materijal na prijemu
5	(1.) Odličan (2.) jasno se prepoznaju boje, oblici, objekti, lica (3.) nema kašnjenja između emitovanja video sadržaja (4.) ne postoji promena rezolucije (5.) emitovano 100% video materijal na prijemu

Prilikom testiranja, ispitanicima je detaljno objašnjeno koji je njihov zadatak i uloga u testiranju. Objasnjena im je svrha ankete koju popunjavaju i način ocenjivanja. Takođe im je skrenuta pažnja na bitne elemente prilikom ocenjivanja i gde treba najviše da obrate pažnju. Emitovana su redom tri video dokumenta od kojih je prvi video dokument bio kompresovani isečak visoko rezolucionog filma, drugi video dokument je bio originalni snimak radne površine računara i treći video dokument je predstavljao kompresovani snimak radne površine računara. Kadeti su za pripremu pre svakog emitovanja video snimka imali po dva minuta, imali su mogućnost da im se video pusti još jedamput radi tačnijeg i sigurnijeg ocenjivanja. Ocenjivanje video dokumenata je sprovedeno tako što je na istom ekranu računara na desnoj polovini emitovan referentni video sadržaj, a na levoj polovini ekrana je emitovan video materijal koji se primi kroz radio mrežu i emituje na ekranu računara. Video dokumenti su puštani u isto vreme da bi se tačno ocenili svi zahtevani elementi.



A)

B)

Slika 2. Prikaz A) originalnog i B) kompresovanog video dokumenta

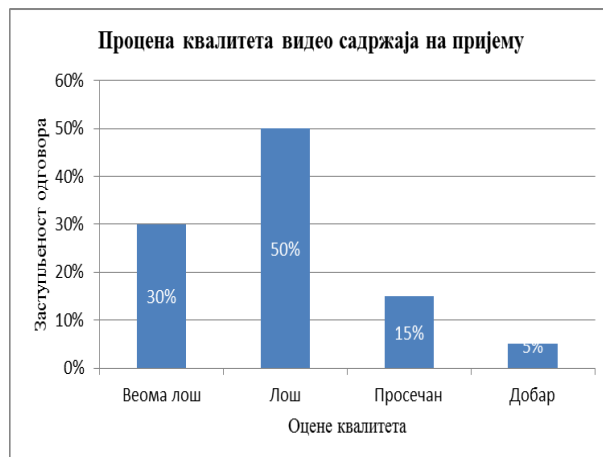
Na osnovu subjektivne ocene kadeta Vojne akademije koji su učestvovali u analizi primljenog video dokumenta, koji je predstavljao kompresovani isečak visoko rezolucionog filma (slika 2.), emitovanog na ekranu računara. 5% ispitanika je ocenilo kvalitet video materijal na prijemu ocenom četiri (dobar), 15% ispitanika se složilo da je kvalitet bio za ocenu tri (prosečan), 50% kadeta je kvalitet ocenilo ocenom dva (loš), a 30% je ocenilo ocenom jedan (veoma loš) (slika 3. A)).

Prepoznavanje boja, oblika, kontura i lica je bilo otežano zbog samog kvaliteta video materijala na prijemu pa su ispitanici na ovo pitanje dali sledeće ocene, 10% je dalo ocenu četiri (mogu se prepoznati oblici, objekti, lica, boje i konture), 20% je ocenilo da je moguće uočiti objekte, lica, boje, konture tj. dalo ocenu tri, 60% ispitanika je dalo ocenu dva (mogu se prepoznati samo obrisi objekata i konture lica, boje se jako teško uočavaju), 10% kadeta je imalo poteškoća sa raspoznavanjem i ocenili su ovaj segment ocenom jedan (ne može se prepoznati ni jedan oblik, objekat, boja, lice) (slika 3. B)).

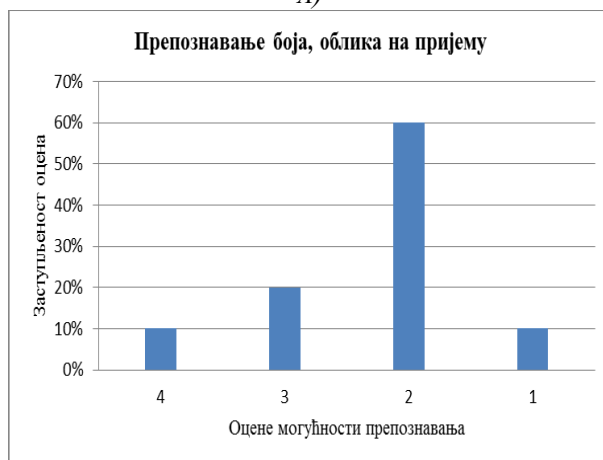
Treći zahtev se odnosio na subjektivan osećaj kašnjenja video materijala na prijemu. Ispitanici su ovaj segment ocenili na sledeći način: 15% kadeta je dalo ocenu tri (kašnjenje na prijemu je bilo između 20 i 30 sekundi), 60% ispitanika je ocenilo kašnjenje ocenom dva (kašnjenje je bilo od 30 do 40 sekundi), a 25% ispitanika se saglasilo da je kašnjenje bilo više od 40 sekundi i dalo ocenu jedan (slika 3. C)).

Promena rezolucije na prijemu je dala podeljena mišljenja, tako da 5% kadeta nije primetilo promenu u rezoluciji na prijemu i ocenilo video ocenom pet, 15% je primetilo da se rezolucija promenila od 10 do 30% (ocena četiri), 35% ispitanika je imalo utisak da se rezolucija na prijemu promenila od 30 do 50% (ocena tri), promenu rezolucije od 50 do 75% (ocena dva) je primetilo 25% kadeta dok je 20% ispitanika uočilo promenu koja je bila viša od 75% (ocena jedan) (slika 3. D)).

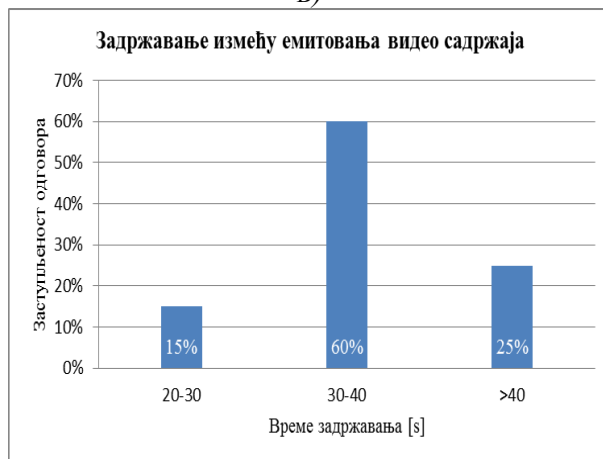
Zbog kašnjenja u prenosu video materijala sa predaje ka prijemu samo 5% kadeta je imalo subjektivni osećaj da je na prijemu emitovan celokupan video sadržaj sa predaje, 30% ispitanika je procenilo da je emitovano od 75 do 90% video materijala, 10% je imalo utisak da je emitovano od 50 do 75% video dokumenta, 40% kadeta je procenilo da je emitovano od 25 do 50% video sadržaja, a 15% kadeta je ocenilo da je emitovano samo od 5 do 25% video materijala sa predaje (slika 3. E)).



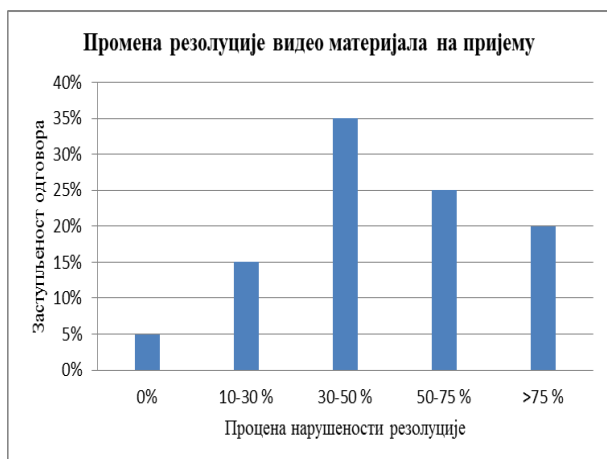
A)



B)



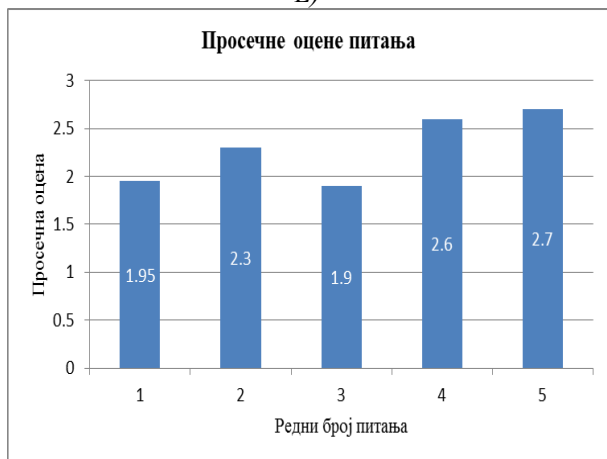
C)



D)



E)



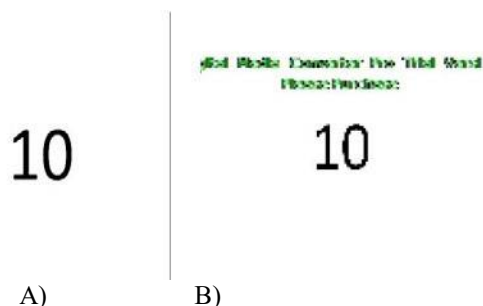
F)

Slika 3. Pregled ocena kompresovanog isečka visoko rezolucionog video sadržaja A) kvalitet na prijemu B) prepoznavanje boja, oblika, lica na prijemu C) kašnjenje prilikom emitovanja D) promena rezolucije na prijemu E) kompletност emitovanja na prijemu F) prosečne ocene pitanja

Zaključeno je da se primeti znatna degradacija kvaliteta video signala u odnosu na referentnu verziju. Ispitanici su na prijemu mogli samo da razaznaju konture objekata ili osoba koje se pojavljuju u emitovanim video materijalima. Takođe, uočeno je da postoji znatno kašnjenje signala i da se sam video dokument ne emituje

kontinuirano, već sa velikim zadržavanjem između frejmova ili scena samog filma koje je ponekad bilo i više od 40 sekundi. Posmatranjem je uočeno da se na prijemnoj strani ne emituju svi kadrovi originalnog video dokumenta, već da se deo njih izgubi u toku prenosa. Obajšnjenje ovog zapažanja leži u činjenici da UDP transportni protokol nema potvrdu prijema, pa ne postoji mogućnost ponovnog slanja izgubljenih podataka. Ispitanici su zaključili da se na prijemu mogu samo prepoznati osnovne boje, a da se boje koje su dobijene njihovim mešanjem jako teško uočavaju. U video dokumentu koji je emitovan dominira crvena, crna i bela boja.

Drugi video dokument (slika 4.) je predstavljao originalni snimak radne površine računara na kojoj je puštena PowerPoint prezentacija sa 12 slajdova na kojima su se na svakih pet sekundi prikazivali brojevi od jedan do 12.



A)

B)

Slika 4. Prikaz A) originalnog i B) kompresovanog video dokumenta radne površine

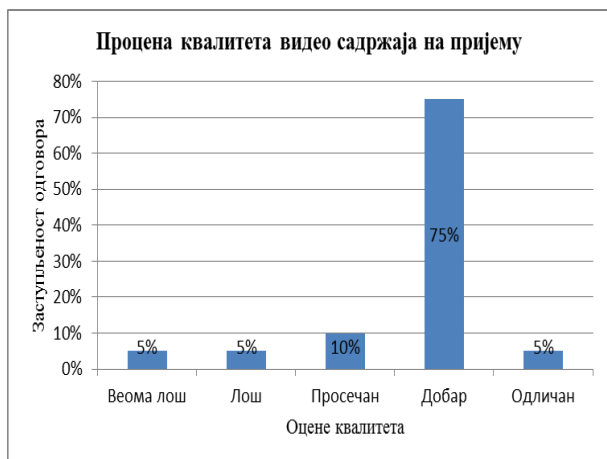
Subjektivno viđenje i ocenu kvaliteta video dokumenata na prijemu dalo je takođe 20 kadeta. 5% ispitanika je ocenilo kvalitet video materijal na prijemu ocenom pet (odličan), 75% kadeta je kvalitet ocenio sa četvorkom (dobar), 10% je kvalitet ocenilo ocenom tri (prosečan), 5% je bilo saglasno da je ocena kvaliteta dva (loš), takođe ocenu jedan (veoma loš) dalo je 5% ispitanika (slika 5. A).

Prepoznavanje boja, oblika, kontura i lica je bilo znatno lakše nego u prethodnom slučaju zbog toga što su ispitanici posmatrali snimak na kojem su se nalazili brojevi na beloj pozadini. 90% kadeta je dalo ocenu pet (jasno se vide svi oblici, objekti, lica, boje i konture), 10% ispitanika je ocenilo da mogu prepoznati sve oblike, objekte, lica, boje i konture tj. dalo ocenu četiri (slika 5. B).

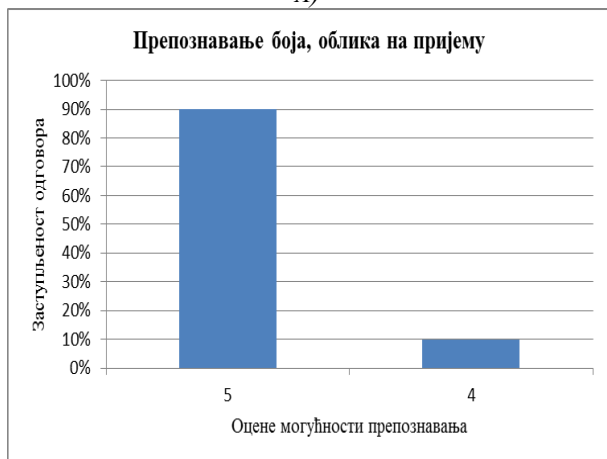
Subjektivni osećaj kašnjenja video materijala na prijemu je doneo sledeću raspodelu ocena. Ispitanici su ovaj segment ocenili na sledeći način: 25% kadeta je dalo ocenu četiri (kašnjenje na prijemu je bilo između 10 i 20 sekundi), 50% je ocenilo kašnjenje ocenom tri (kašnjenje je bilo od 20 do 30 sekundi), 10% ispitanika se saglasilo da je kašnjenje bilo više od 30 do 40 sekundi i dalo ocenu dva, a 15% kadeta je imalo osećaj da je video na prijemu kasnio više od 40 sekundi tj. dali su ocenu jedan (slika 5. C).

Promena rezolucije na prijemu je ocenjena na sledeći način: 45% kadeta je primetilo promenu rezolucije u granicama od 10 do 25% na prijemu i ocenilo video

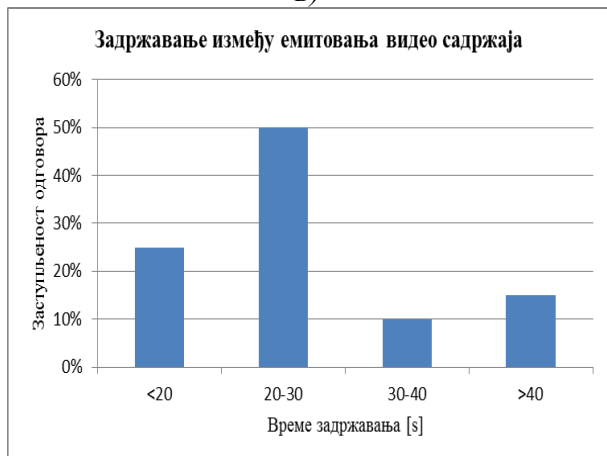
ocenom četiri, 50% je primetilo da se rezolucija promenila od 25 do 50% i dalo ocenu tri, 5% ispitanika je ocenilo ovaj zadatak ocenom dva (imalo utisak da se rezolucija na prijemu promenila više od 50%) (slika 5. D). Kašnjenje u prenosu video materijala od predaje ka prijemu je dalo sledeću podelu: 5% kadeta je imalo subjektivni osećaj da je na prijemu emitovano od 80 do 95% video sadržaj sa predaje, 55% ispitanika je reklo da je emitovano od 40 do 60% video materijala, 30% je imalo utisak da je emitovano od 20 do 40% video dokumenta, 10% kadeta je procenilo da je emitovano manje od 20% video sadržaja (slika 5. E).



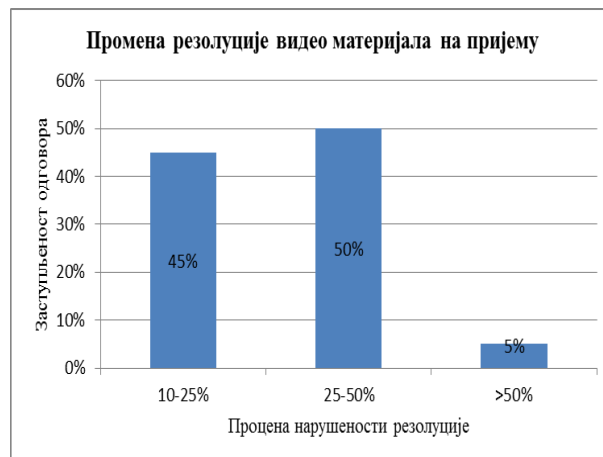
A)



B)



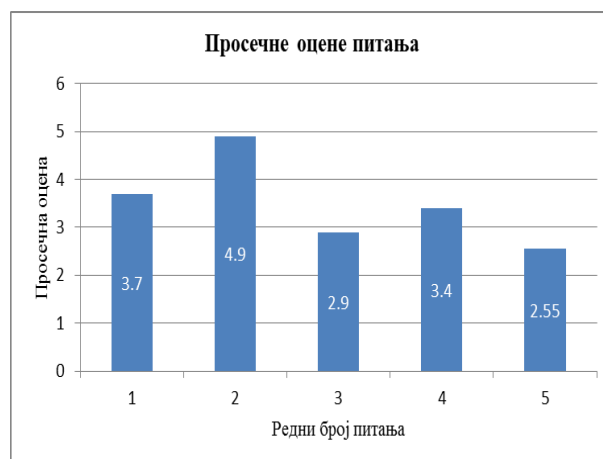
C)



D)



E)



F)

Slika 5. Pregled ocena originalnog video snimka radne površine računara A) kvalitet na prijemu B) prepoznavanje boja, oblika, lica na prijemu C) kašnjenje prilikom emitovanja D) promena rezolucije na prijemu E) kompletnost emitovanja na prijemu F) prosečan ocena pitanja

Ispitanici su prilikom emitovanja originalnog video dokumenta bili saglasni u oceni da se na prijemu mogu razaznati svi oblici i konture koje su snimane i da kvalitet video dokumenta nije narušen. Takođe je primećeno da se, kao i prilikom emitovanja odsečka visoko

rezolucionog filma na prijemu može primetiti da kadrovi ne dolaze konstantnom brzinom, već da postoji zadržavanje između dva ili više kadrova koje u ovom slučaju bilo veće od 20 sekundi. Prepoznavanje boja u ovom slučaju nije predstavljalo problem jer u video dokumentu prevladavaju dva stanja – crno i belo. Primećeno je da se na prijemu ne emituju svi kadrovi originalnog video dokumenta, već da se jedan deo izgubio tokom prenosa u radio pravcu.

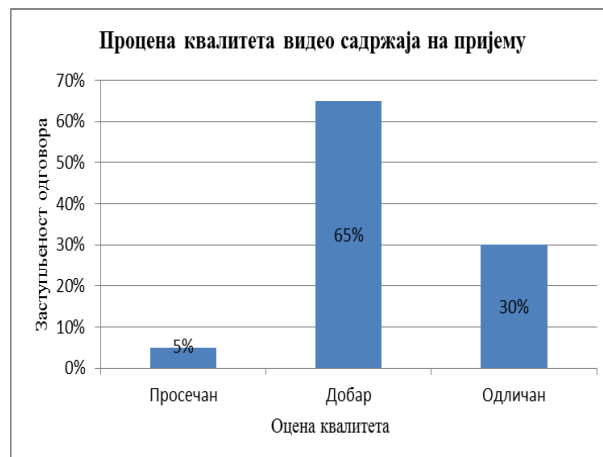
Kod prenosa kompresovane verzije snimka radne površine računara ispitanici su date zahteve ocenili na sledeći način: 30% ispitanika je ocenilo kvalitet video materijal na prijemu ocenom pet (odličan), 65% kadeta je kvalitet ocenio sa četiri (dobar), 5% je kvalitet ocenilo ocenom tri (prosečan) (slika 6. A).

Prepoznavanje boja, oblika, kontura i lica je bilo narušeno više nego prilikom emitovanja originalnog snimka radne površine računara, pa su ispitanici na ovaj zahtev dali sledeće ocene, 50% je dalo ocenu pet (jasno se prepoznaju svi oblici, objekti, lica, boje i konture), 50% je ocenilo da mogu prepoznati sve oblike, objekte, lica, boje i konture tj. dalo ocenu četiri (slika 6. B).

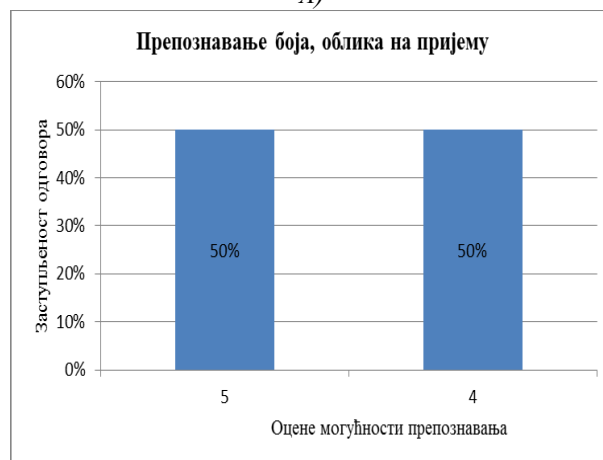
Subjektivni osećaj kašnjenja video materijala na prijemu je ocenjen na sledeći način: 15% kadeta je dalo ocenu četiri (kašnjenje na prijemu je bilo između 10 i 20 sekundi), 10% je ocenilo kašnjenje ocenom tri (kašnjenje je bilo od 20 do 30 sekundi), 30% ispitanika se saglasilo da je kašnjenje bilo više od 30 do 40 sekundi i dalo ocenu dva, a 45% kadeta je imalo osećaj da je video na prijemu kasnio više od 40 sekundi tj. dali su ocenu jedan (slika 6. C).

Promenu rezolucije na prijemu su ispitanici ocenili sledećim ocenama: 5% ispitanika je ocenilo rezoluciju ocenom pet (ne postoji promena rezolucije između predajnog i prijemnog video dokumenta), 30% kadeta je primetilo promenu rezolucije u granicama od 10 do 25% na prijemu i ocenilo video ocenom četiri, 25% je primetilo da se rezolucija promenila od 25 do 50% i dalo ocenu tri, 35% ispitanika je ocenilo ovaj zadatak ocenom dva (imalo utisak da se rezolucija na prijemu promenila od 50 do 75%), a samo 5% ispitanika je smatralo da se rezolucija na prijemu promenila za više od 75% i dali su ocenu jedan (slika 6. D).

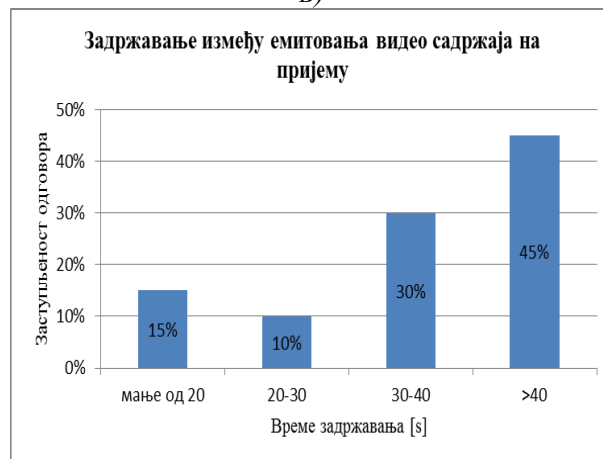
Kašnjenje u prenosu video materijala od predaje ka prijemu je dalo sledeću podelu: 15% ispitanika je imalo subjektivni utisak da je emitovano od 20 do 40% video dokumenta na prijemnoj strani, a 85% kadeta je procenilo da je emitovano manje od 20% video sadržaja (slika 6. E).



A)



B)



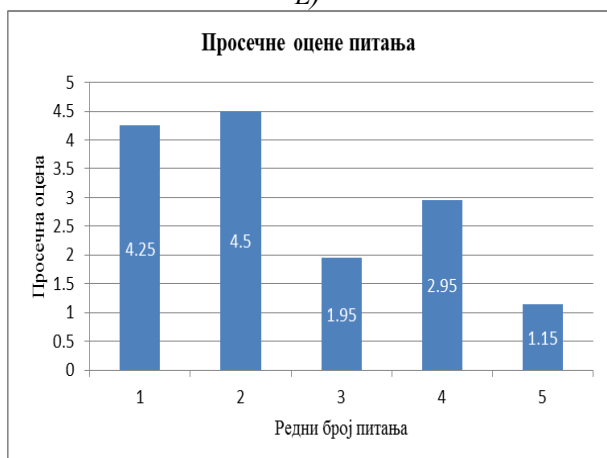
C)



D)



E)



F)

Slika 6. Pregled ocena kompresovanog video snimka radne površine A) kvalitet na prijemu B) prepoznavanje boja, oblika, lica na prijemu C) kašnjenje prilikom emitovanja D) promena rezolucije na prijemu E) kompletnost emitovanja na prijemu F) prosečne ocene pitanja

Kadeti su bili saglasni u oceni da je kvalitet video dokumenta dosta narušen, od svih detalja koji su postojali u video materijalu na predajnoj strani, kadeti su na prijemnoj mogli samo da prepoznaju redne brojeve koji su zauzimali centralne pozicije na slajdovima. Primećeno je

na prijemu da se kadrovi za razliku od prethodnih emitovanja prikazuju dosta ravnomernije tj. nisu uočena značajna zadržavanja između emitovanja kadrova, od boja ispitanici su mogli da prepoznaju crnu boju koja je bila boja brojeva. Takođe, uočeno je da su sa referentnog snimka svi elementi koji su bili bele boje na prijemu emitovani kao sivi ili zamrljani tako da se nisu mogli prepoznati.

Zajedničko za dva kompresovana video sadržaja je taj da se prilikom kompresije veličina i kvalitet video dokumenta promenila. Tokom kompresije u Digital Media Converter Pro 4.1 izabran je WMV For Internet Streaming scenario koji je imao osobine date u tabeli 2. Na kvalitet video dokumenta je uticala i mogućnost da se u VLC aplikaciji dodatno naruše osobine video dokumenta i kao takav prenese do krajnjeg korisnika. Uočeno je da je rezolucija signala na prijemu ista ili delimično promenjena u odnosu na rezoluciju emitovanog video dokumenta. Za prenos su korišćena tri video dokumenta čije je vreme trajanja bilo jedan minut. Na prijemnoj strani je emitovanje ovih video dokumenata trajalo i po nekoliko minuta. Razlog kašnjenja prilikom emitovanja jeste taj što je radio uređaju potrebno vreme da informacioni sadržaj koji primi radio spojnim putem smesti u bafer memoriju, a zatim iz bafer memorije emituje ka terminalu. Još jedan razlog je taj što radio uređaj prilikom emitovanja video dokumenta ne šalje samo korisne informacije, već u toku prenosa koristi priliku da razmeni HELLO poruke sa drugim radio uređajem koristeći IPv4 protokol.

Tabela 2. Osobine WMV For Internet Streaming formata

Compressor	Windows Media Video
Frame Rate	10 f/s
Video Bit Rate	12 kb/s
Dimensions	160x120

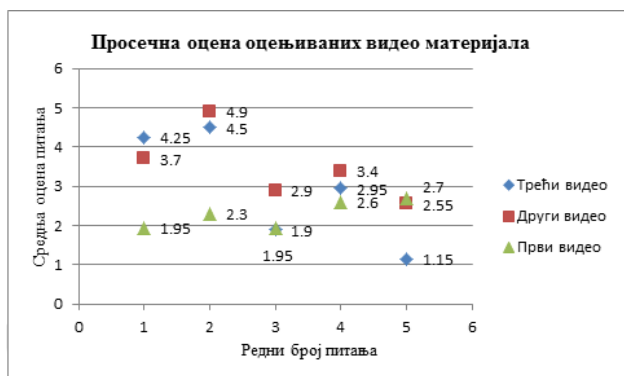
Kad se uporede vrednosti sa slike 7., može se doći do zaključka da su drugi i treći video dokument ocenjeni približno istim ocenama. Opravdanje ovog zaključka je u tome što su drugi i treći video sadržaj emitovani jedan za drugim, iz tog razloga je možda prethodni utisak imao uticaj prilikom ocenjivanja. Najzanimljiviji detalj je svakako ocena promene rezolucije gde su sva tri video dokumenta imala slične ocene. Ovakva raspodela vrednosti srednjih ocena je očekivana jer je jako velika narušenost kvaliteta video sadržaja na prijemnoj strani koji se nije mnogo razlikovao kod emitovanih video materijala. Najbolje prosečne ocene je dobio drugi video dokument koji je predstavljao originalni snimak radne površine računara. Opravdanje ove činjenice svakako leži u tome da se drugi video dokument pre prenosa nije dodatno kompresovao već je prenošen u izvornom obliku. U toku njegovog prenosa na kvalitet video dokumenta je uticala samo mogućnost da se u VLC aplikaciji podese parametri prenosa. Prvi i treći video dokument su pre prenosa kroz radio mrežu kompresovani, pa su kao kompresovani video materijali emitovani do krajnjeg

korisnika. Na njihov kvalitet je dodatno uticala mogućnost da se pre prenosa u VLC aplikaciji dodatno naruši kvalitet video materijala. Ocene za video materijale, koji su predstavljali snimak radne površine računara su približno iste. Razlog za to je svakako činjenica da su ova dva video dokumenta predstavljala snimak radne površine računara gde je bila puštena PowerPoint prezentacija koja je imala samo dvanaest slajdova na kojima su se nalazili brojevi od jedan do 12, koji su bili crne boje i imali su veličinu fonta 150. Uočavanje brojeva koji su imali navedene osobine na prijemu, bez obzira na kompresovanje i narušen kvalitet, nije predstavljalo veliki problem ispitanicima.

Takođe, treba izbegavati prenos video dokumenata koji sadrže bitne informacije zbog velikih gubitka paketa i nemogućnosti njihovog ponovnog slanja zbog karakteristika UDP (User Datagram Protocol) protokola.

LITERATURA

- [1] Devetak, S.; Bajčetić J. „Pravilo prenosni radio uređaj TRC-9210-3“, Vojnoizdavački zavod, 2010, Beograd;
 [2] Bajčetić, J. „Mogućnosti zaštićene VVF ad hoc radio mreže“, Ispitni projekat, Fakultet u Novom Sadu;



Slika 7. Prosečne vrednosti ocena po pitanjima za tri video dokumenta

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnje iskustvo u radu sa radio komunikacionim uređajima VVF opsega i rezultati istraživanja mogućnosti u laboratoriji i na terenu koji su do sada prikupljeni, pokazuju da su mreže ovog tipa vrlo povoljne za ostvarenje komunikacije između korisnika čiji aplikativni zahtevi nisu preveliki. Mreža formirana ovim tipom uređaja omogućava zaštićen simpleksni prenos tehnikom frekvencijskog skakanja, korišćenje kodova za korekciju greške i ograničenu autonomiju koju diktira mogućnost uređaja da se napaja iz hemijskog izvora električne energije. Modulacione tehnike koje koriste ovi uređaji su vrlo otporne na ometanje, ali sa druge strane, sa obzirom na to da je frekvencijski opseg kanala uzak, omogućavaju male brzine prenosa (svega nekoliko desetina kb/s). Pristup medijumu je takav da je verovatnoća kolizije mala, postoji glavna stanica u mreži koja koordinira pristup i omogućava sinhronizaciju mreže i omogućen je ad hoc princip formiranja mreže sa mnoštvom autonomnih međustanica. Rutiranje se bazira na OLSR (*Optimized Link State Routing Protocol*) protokolu za rutiranje, ruting tablice su dinamičke, njihov sadržaj je svojstven svakoj pojedinačnoj stanici u svakom pojedinačnom trenutku, a konvergencija je, obzirom na to da je radio mreža simpleksna, dosta dugotrajna. Na osnovu subjektivne ocene ispitanika zaključeno je da upotreba VVF radio uređaja nije preporučljiva za servise koji zahtevaju visoke brzine prenosa i konstantan protok.

SIMULACIONI MODEL GREŠKE MERENJA AZIMUTA U OSMATRAČKIM RADARIMA SIMULATION MODEL OF THE SURVEILLANCE RADAR ANGULAR ACCURACY

Blagoje Đaćić, Slobodan Simić
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija

Sadržaj – U ovom radu modelovana je greška merenja azimuta za tri vrste radarskih ekstraktora. Simulacioni modeli su urađeni za ekstraktor sa klizajućim prozorom, ekstraktor sa maksimalnom verodostojnošću i ekstraktor „centar mase“. Analizirane su karakteristike ekstraktora u zavisnosti od odnosa signal/šum. Monte-Karlo simulacijom dobijene su greške merenja azimuta u zavisnosti od odnosa signal/šum i od primenjenog načina obrade signala u radarskim ekstraktorima.

Abstract – In this paper angular accuracy is modeled for three types of radar extractors. Simulation models are developed for moving window extractor, maximum likelihood estimator and “center of mass” extractor. The extractor’s characteristics are analyzed depending on signal to noise ratio. Angular accuracy depending on signal to noise ratio and the applied way of signal processing in radar extractors is acquired using Monte-Carlo simulation.

1. UVOD

U teoriji postoje modeli grešaka merenja azimuta koji su dati u analitičkom obliku za pojedine slučajeve radarskih ekstraktora, pri čemu je potrebno poznavati sve determinističke parametre radara i cilja, kao i raspodele slučajnih parametara. U praktičnim realizacijama svi parametri ne mogu biti poznati i modelovani analitički. Pored toga, primenjeni način obrade često nije optimalan kako bi radarski ekstraktor bio jednostavnije realizovan. Stoga je često praktičnije modelovati greške merenja Monte-Karlo simulacijom, a teoretski modeli služe kao etaloni koji opisuju granične mogućnosti radarskih ekstraktora.

Postoje monoimpulsne i poliimpulsne metode za merenje ugla. Monoimpulsne metode danas koriste moderni osmatrački radari i nišanski radari. One su tačnije od poliimpulsnih ali su njihove implementacije složenije i skuplje. Antena savremenog 3D radara je obično fazirana antenska rešetka kojom se formira više snopova dijagrama zračenja u vertikalnoj ravni. Svaki snop je složen – sastoji se iz tri ili četiri podsnopa. To omogućuje dobijanje reflektovanih impulsa od cilja po više kanala. Uzajamni odnos ovih impulsa sadrži informaciju o uglovima azimuta i elevacije cilja, pa je njihovo merenje moguće na osnovu samo jednog poslatog impulsa. Stoga se ovaj način merenja uglova naziva monoimpulsnim. Izrada prijemnika i antene monoimpulsnih radara je složenija pa im je i cena veća u odnosu na nemonoimpulsne radare. Antena klasičnog osmatračkog 2D radara obično ima jedan snop pa je njena izrada znatno jednostavnija. U ovakvom sistemu azimut cilja se

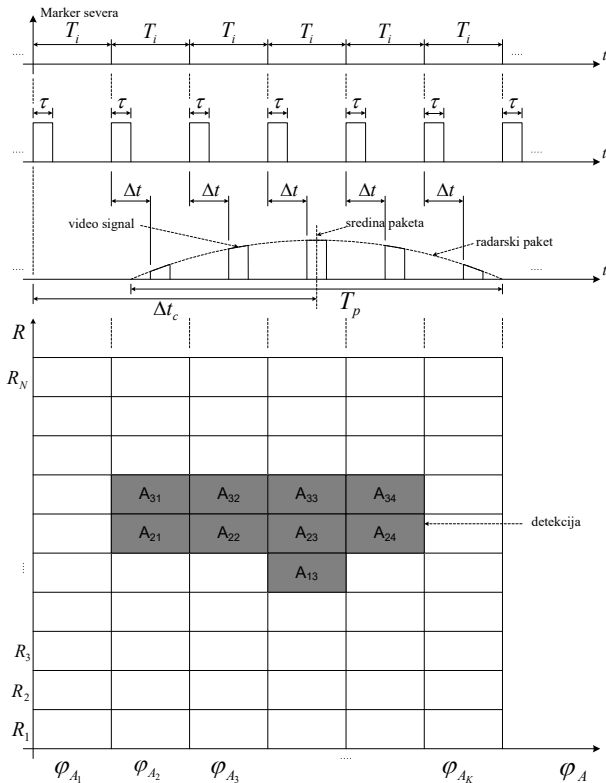
procenjuje na osnovu niza impulsa reflektovanih od cilja. Zbog toga se metode za procenu ugla azimuta u ovakvim radarima nazivaju poliimpulsne. Granične mogućnosti ovih metoda u zavisnosti od statističkih osobina cilja, klatera, kao i parametara radara (oblik snopa antene, broj impulsa u paketu, nivo termičkog šuma) su dobro poznate u radarskoj teoriji – ispitane su davnih 60-ih. Međutim, praktični načini realizacije, implementirani pre 90-ih kada računari nisu imali veliku procesorsku moć, retko su dostizali ove granične vrednosti jer je pravljen kompromis – da su ekstraktori manje tačni a da je lakša i jednostavnija njihova realizacija. Predmet ovog rada su poliimpulsne metode za merenje ugla, odnosno kako kod klasičnog 2D radara odrediti ugao azimuta. Nije razmatran uticaj ometanja i ne-Gauss-ovskih izvora šuma. Posmatran je primer nemonoimpulsnog radara i nefluktuirajućeg cilja.

2. CENTROID ZA MERENJE AZIMUTA CILJA

Niz impulsa reflektovanih od istog cilja formira figuru u daljina-azimut koordinatnom sistemu koja se u radarskoj literaturi često naziva *centroid*. Na slici 1 prikazan je periodičan niz vrlo uskih sinhroimpulsa kojima se iniciraju ciklusi rada radara. Njihova perioda je perioda ponavljanja impulsa T_i , a njena recipročna vrednost je frekvencija ponavljanja impulsa $f_i=1/T_i$. Sinhroimpulsi istovremeno aktiviraju modulator, startuju vremensku bazu pokazivača i brojačka kola ekstraktora. Oni daju precizno definisanu vremensku referencu neophodnu za merenje daljine cilja na bazi kašnjenja eho signala, što je opisano u literaturi [4].

Na pobudu sinhroimpulsima u bloku modulatora generiše se periodična povorka pravilnih četvrtastih impulsa, trajanja τ , čije se prednje ivice poklapaju sa sinhroimpulsima. Signali od cilja koji se nalazi na daljini R kasne u odnosu na odgovarajuće predajne impulse za iznos $\Delta t_e=2R/c$. Vreme obasjavanja cilja prilikom pretraživanja je T_p , tako da se dobija paket od n impulsa od cilja $n=T_p/T_i$. Vreme obasjavanja cilja T_p zove se još i trajanje radarskog paketa. Impulsi u paketu nisu iste amplitude što je posledica neuniformne raspodele gustine snage unutar snopa zračenja, odnosno paket je modulisan oblikom snopa zračenja pri pretraživanju. Maksimum obvojnice paketa odgovara trenutku kada se osa snopa prilikom pretraživanja poklopi sa pravcem radar-cilj, što služi kao osnova za merenje azimuta cilja. Paket video impulsa se dobija na izlazu detektora obvojnice i u njemu je sadržana informacija o daljini i azimutu cilja. Daljina do cilja dobija se u ekstraktoru merenjem kašnjenja Δt video signala u odnosu na sinhroimpulse. Azimut se dobija na bazi položaja antene u trenutku koji odgovara

sredini paketa video impulsa. Azimut se računa u odnosu na marker severa. Sredina paketa određuje se u ekstraktoru na bazi određenog kriterijuma početka i kraja paketa.



Slika 1. Talasni oblici signala i formirani centroid

Na donjem delu slike 1 predstavljeno je formiranje centroida po daljini i po azimutu na osnovu detekcije više impulsa od cilja u toku jednog prebrisavanja antene a koje je u skladu sa sinhroimpulsima koji aktiviraju brojačka kola ekstraktora. Daljina do cilja je predstavljena na y osi gde je R_N daljina do N-te ćelije. Na x osi je predstavljen azimut gde je φ_{Ak} azimut K-te ćelije. Amplituda signala od cilja dobija se na izlazu detektora obvojnice za svaku ćeliju određene daljine i azimuta. Na osnovu amplitude obvojnice formira se centroid. Detekcijom paketa impulsa koji su prešli prag određuje se oblik centroida a zatim ekstraktor vrši obradu centroida i određuje azimut cilja, kao što je pokazano u literaturi [5].

Postoji više načina merenja azimuta cilja obradom centroida od kojih se u ovom radu modeluju ekstraktor sa klizajućim prozorom (*moving window*), ekstraktor sa maksimalnom verodostojnošću i ekstraktor „centar mase“.

3. TAČNOST MERENJA AZIMUTA

Merenje azimuta cilja predstavlja određivanje njegove pozicije unutar rezolucione ćelije po azimutu sa minimalnom greškom. Prema teoriji, ako je potpuno poznat oblik snopa antene i ako nema izvora šuma, azimut se može tačno odrediti. U praksi, međutim, zbog postojanja šuma prijemnika, fluktuacija cilja i zbog drugih izvora šuma tačnost merenja azimuta je ograničena. Različite tehnike merenja ugla obuhvataju slanje i prijem

više signala sa različitim uglovima od cilja. Sa osmatračkim radarom sa klasičnom antenom, pozicija cilja po uglu može se odrediti pronalaženjem centra u nizu impulsa dobijenih prethodno prebrisavanjem cilja snopom antene, zato se ove metode nazivaju poliimpulsne (višeimpulsne) metode. Radari starije generacije u sistemu za praćenje koristili su ili sličnu tehniku ili su poziciju o cilju prenosili u posebnom snopu signala i vrednost ugla je određivana na osnovu maksimalne vrednosti prijemnog signala. Za nefluktuirajuće ciljeve ove tehnike mogu dati tačnost merenja ugla sličnu kao kod monoimpulsnih radara.

Ugaona kordinata cilja (azimut) obično se estimira kao aritmetička sredina od „početka“ ugla - prvi ugao azimuta koji je prešao prag i „kraja“ ugla - poslednji ugao azimuta koji nije prešao prag. Obično se prva „1“ na izlazu praga odluke identifikuje kao „početak“ ugla a prva „0“ kao „kraj“ ugla azimuta. Metoda prepoznavanja sekvence se koristi za sprečavanje razdvajanja cilja koje uzrokuju radarske poprečne fluktuacije. U takvim slučajevima sekvenca od dve ili više uzastopnih „1“ odnosno „0“ biće identifikovana kao „početak“ odnosno kao „kraj“ azimuta.

Veći broj autora u literaturi je proučavao problem određivanja azimuta koristeći različite analitičke tehnike kao i Monte-Karlo simulacije. Bernstein je proučavao tačnost azimuta koristeći ekstraktor sa maksimalnom verodostojnošću za brzo fluktuirajuće ciljeve sa Rayleigh-jevom raspodelom, gde je pokazao da problem određivanja azimuta zavisi od parametara stohastičke raspodele i da ne postoji optimalan ekstraktor azimuta [6].

Swerling je izveo analitički izraz za donju granicu tačnosti merenja ugla [1]. Minimalnu tačnost procene azimuta, koja zavisi od šuma prijemnika i načina fluktuacije cilja, analizirao je primenom teorije statističke estimacije. Prilikom izvođenja izraza pretpostavlja da je širina snopa antene velika u odnosu na ugao za koji se snop pomeri između dva uzastopna impulsa i da je promena ugla između impulsa dovoljno mala da se kretanje snopa između predaje i prijema impulsa može zanemariti. Pojednostavljeni izrazi su predstavljeni za nefluktuirajuće ciljeve i mogu se primeniti na granične slučajeve za mali i veliki međuimpulsni odnos signal/šum:

za mali odnos signal/šum:

$$\sigma_{\min} \approx \frac{\beta}{SNR_0 \cdot \sqrt{N}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} f^2(u) du}} \quad (1)$$

za veliki odnos signal/šum:

$$\sigma_{\min} \approx \frac{\beta}{\sqrt{N} \cdot SNR_0} \cdot \frac{2}{\sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f^2(u)}{f(u)} du}} \quad (2)$$

Za Gauss-ovu funkciju $f(u) = e^{-u^2}$ izrazi (1) i (2) imaju vrednosti:

$$\text{za mali odnos signal/šum: } \sigma_{\min} \approx \frac{1,26 \cdot \beta}{SNR_0 \cdot \sqrt{N}} \quad (3)$$

za veliki odnos signal/šum:
$$\sigma_{\min} \approx \frac{1,06 \cdot \beta}{\sqrt{N \cdot \text{SNR}_0}} \quad (4)$$

gde je σ_{\min} standardna devijacija greške merenja ugla, N broj impulsa za širinu snopa od 2β – širina snopa na $1/e$ snage, SNR_0 je međuimpulzni odnos signal/šum a $f(u)$ je oblik snopa antene.

Jednačine (3) i (4) daju donju granicu tačnosti procene ugla i služe za ocenu performansi simulacionih modela generisanih ekstraktora.

Različiti autori su proučavali tačnost merenja azimuta specifičnim estimatorima koristeći Monte-Karlo simulacije. Hansen je razmatrao karakteristike analognog ekstraktora sa klizajućim prozorom za sporo fluktuirajući i brzo fluktuirajući cilj za $\sin(x)/x$ oblik snopa antene [7]. Galati and Studer su razmatrali binarni ekstraktor sa klizajućim prozorom za nefluktuirajuće, sporo fluktuirajuće i brzo fluktuirajuće ciljeve za Gauss-ov oblik snopa antene [2].

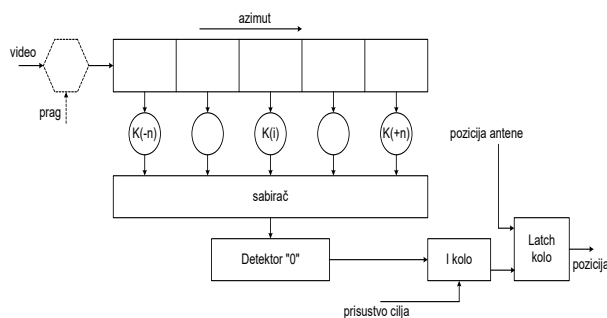
4. RADARSKI EKSTRAKTORI

Prema vrsti ulaznih signala i prema vrednosti koeficijentata koje koriste ekstraktori se dele na analogne i binarne ekstraktore. I jedni i drugi se realizuju u digitalnoj tehnici pomoću mikror računara ili hardvera specijalne namene. Binarni su jednostavniji i lakše ih je realizovati, jer se u njima obrađuje radarski video signal koji je najpre jednobitno kodovan. Ovi ekstraktori obrađivani su u radovima do 90-ih kada mikror računarska tehnika nije bila dovoljno razvijena. Nastali su kao kompromis između složenosti realizacije i kvaliteta performansi. U radovima koji su navedeni u literaturi [2, 3 i 5] vršeno je poređenje binarnih i analognih ekstraktora i vršena su ispitivanja dokle se može ići u jednostavnosti realizacije a da performanse ekstraktora ostanu zadovoljavajuće. U analognim ekstraktorima obrađuje se radarski video signal predstavljen višebitnim brojevima pa je sa stanovišta potrebne procesorske snage ove ekstraktore teže realizovati. Sa današnjom mikror računarskom tehnikom ovo izračunavanje nije problem, pa navedeni kompromis nije potrebno praviti.

Prema rezultatima koji se dobijaju ekstraktori se dele na nepristrasne i pristrasne ekstraktore. Kod nepristrasnih ekstraktora srednja vrednost greške merenja za jako veliki broj uzoraka postaje približno jednaka nuli a kod pristrasnih ekstraktora srednja vrednost greške merenja uvek ostaje različita od nule. Nepristrasni ekstraktori množe prijemne impulse sa neparno-simetričnim koeficijentima a zatim određuju tačku, u kojoj suma koeficijentata prolazi kroz nulu, koja predstavlja procenjeni azimut. Najpoznatiji nepristrasni ekstraktor je ekstraktor maksimalne verodostojnosti (MLE, *Maximum Likelihood Estimator*) koji je prikazan na slici 2, gde su $k(i)$ neparno-simetrični koeficijenti ekstraktora.

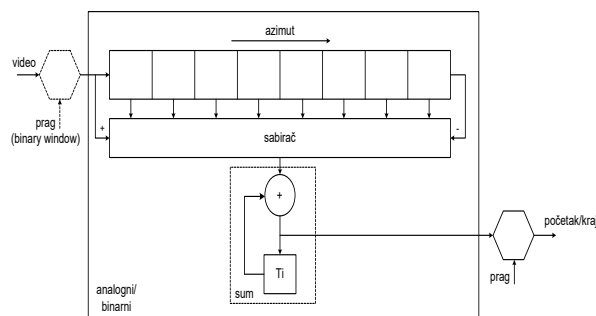
Smanjenje zahteva za memorijom postiže se primenom praga koji ulazne video signale pretvara u binarne vrednosti, odnosno za svaku amplitudu signala pamti

samo 1 ili 0, pa se takav ekstraktor naziva binarni ekstraktor, koji je opisan u literaturi [3]. Binarni ekstraktor ima lošije performanse od analognog ali ga je jednostavnije realizovati jer ne zahteva upotrebu množača već samo dodaje 1 ili 0. Pri realizaciji nepristrasnih ekstraktora detekcija prisustva cilja se vrši zasebno i nezavisno od ekstrakcije, odnosno detektor i ekstraktor se realizuju odvojeno jedan od drugog.



Slika 2. Analogni i binarni ekstraktor maksimalne verodostojnosti

Pristrasni ekstraktori daju azimut koji je pomeren u odnosu na njegovu tačnu poziciju. Ova pristrasnost može biti zavisna ili nezavisna od SNR što utiče na primenu ekstraktora. Najjednostavniji oblik pristrasnog ekstraktora je analogni ekstraktor sa klizajućim prozorom sa nekoherentnom integracijom, slika 3, kada se na ulaz dovodi direktno analogni video signal. Početak ugla cilja se određuje kada suma video signala pređe prag a kraj ugla se određuje kada suma video signala bude manja od vrednosti praga, čime se ujedno vrši i detekcija cilja. Pristrasni ekstraktori se baziraju na detekciji, odnosno oni su u isto vreme i detektori i ekstraktori, detekcija i ekstrakcija se rade paralelno. Za poziciju azimuta se uzima centar između početka i kraja ugla. Binarni ekstraktor se dobija postavljanjem praga sa kojim se poredi ulazni video signal nakon čega se dobijaju binarne vrednosti (1 ako je ulazni video signal prešao prag ili 0 ako ulazni video signal nije prešao prag), što je korišćeno u realizaciji ekstraktora kod ranijih radara radi jednostavnosti realizacije ali sa slabijim performansama, kao što je pokazano u literaturi [3].



Slika 3. Analogni i binarni moving window ekstraktor

U savremenim radarima se sve više koristi nepristrasni ekstraktor koji vrednosti impulsa u paketu koji su prešli prag težinuje tako što ih množi sa odgovarajućim koeficijentima težine a zatim pamti vrednost svake

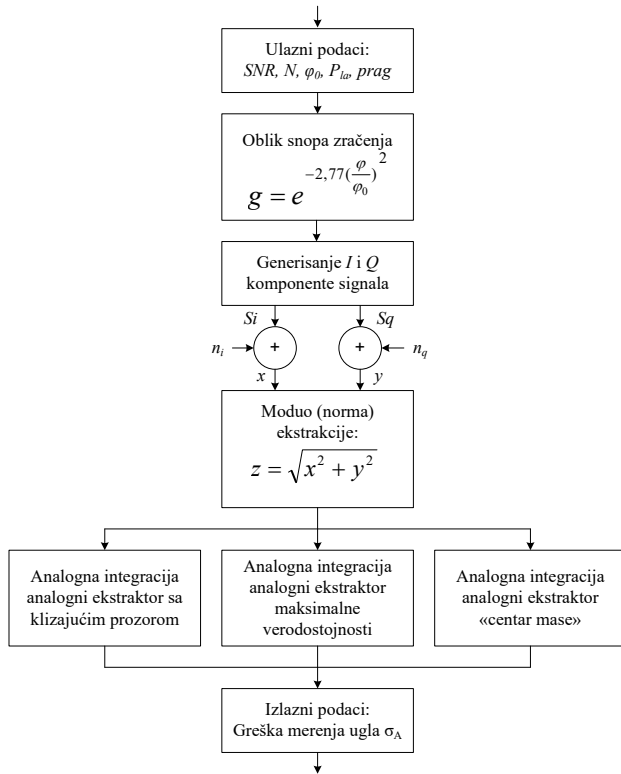
amplitude u paketu. U amplitudi signala koja se pamti sadržana je verovatnoća da se cilj nalazi na tom azimutu. Obradom tako formiranog centroida ekstraktor određuje „centar mase“ odnosno centar cilja. Procenjena vrednost azimuta se dobija obradom centroida po formuli:

$$\hat{\varphi}_A = \frac{\sum A_i \cdot f_i}{\sum A_i} \quad (5)$$

gde su A_i amplitude signala nakon detekcije paketa impulsa koje formiraju centroid kao što je prikazano na slici 1, a f_i su odgovarajući težinski koeficijenti.

5. SIMULACIONI MODEL

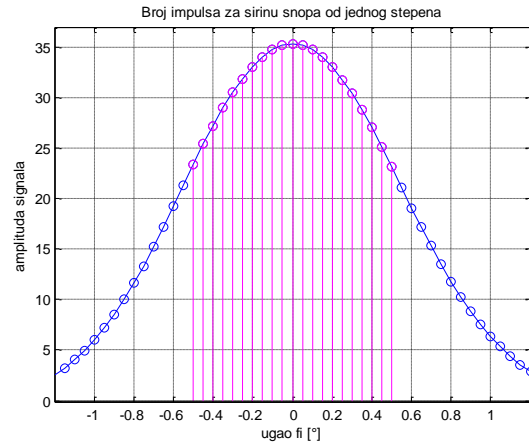
Modelovani su pristrasni ekstraktor sa klizajućim prozorom i nepristrasni ekstraktori sa maksimalnom verodostojnošću i „centar mase“. Simulacioni modeli su urađeni sa ciljem da se izvrši ispitivanje tačnosti procene azimuta u zavisnosti od načina obrade koji je primenjen u radarskom ekstraktoru. Tok simulacije za modelovanje radarskih ekstraktora je prikazan na slici 4.



Slika 4. Dijagram toka simulacije

Pretpostavljeno je da nema klatera i dodatne interferencije odnosno da su iste obrisane pre ekstrakcije i da cilj ne menja relativnu refleksnu površinu σ_c . Vrednost praga detekcije određena je prema Nojman-Pirsonovom kriterijumu i zavisi od verovatnoće lažnog alarma P_{la} i broja impulsa u paketu. Usvojena je tipična vrednost od $P_{la}=10^{-6}$. Za pojedinačne impulse pre integracije vrednost praga iznosi $U_0 = U_{efn} \cdot \sqrt{-2 \cdot \ln P_{la}}$. Vrednost praga za N impulsa nakon integracije je složena i ne može se analitički izračunati. U literaturi [8] je dat jedan način iterativnog izračunavanja, koji smo primenili u ovom simulacionom modelu.

Da bi se pokazali različiti rezultati detekcije bez integracije impulsa i detekcije sa integracijom impulsa i da bi se videle karakteristike pristrasnih ekstraktora sa klizajućim prozorom (sa integracijom impulsa) i nepristrasnih ekstraktora sa maksimalnom verodostojnošću i sa „centrom mase“, za različite vrednosti SNR, modelovan je paket od $N=20$ impulsa (slika 5).



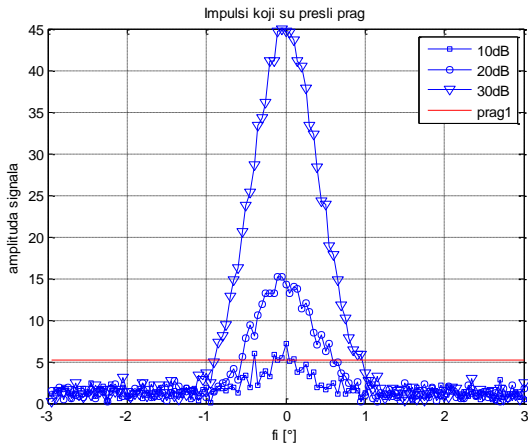
Slika 5. Broj impulsa u glavnom snopu

Za SNR su uzete vrednosti 10dB, 20dB i 30dB. Širina glavnog snopa antene je $\varphi_0=1[^\circ]$. U širini glavnog snopa Gauss-ova funkcija dobro aproksimira dijagram zračenja antene. Univerzalni oblik snopa antene sa datom širinom glavnog snopa φ_0 je uzet na osnovu literature [4] i iznosi $g = e^{-2.77(\varphi/\varphi_0)^2}$ gde je φ azimut u stepenima. Amplituda signala u I grani detektora je jednaka amplitudi signala u Q grani a varijansa šuma je jednaka jedinici, odnosno $I=Q=10^{\text{SNR}/20}$, što znači da je signal podjednake snage u obe grane ali je šum različit. Vrednosti zašumljenih signala u I i Q grani (x i y sa slike 4) je: $x = I \cdot g + 1 \cdot \text{randn}(1, Q \cdot N)$ i $y = I \cdot g + 1 \cdot \text{randn}(1, Q \cdot N)$. Signal na izlazu I i Q detektora ima Rayleigh-jevu raspodelu koja je dobijena kvadriranjem I i Q komponenti signala a zatim njihovim sabiranjem pa korenovanjem: $z = \sqrt{x^2 + y^2}$.

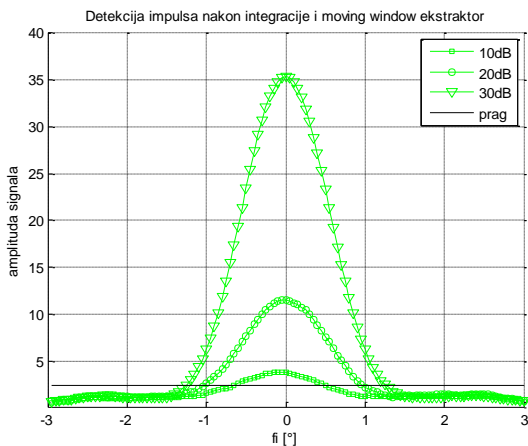
Na slici 6 se uočava da je za $\text{SNR}=10[\text{dB}]$ mali broj impulsa prešao prag, dok je za veću vrednost SNR veći broj impulsa prešao prag. Problem bi mogli da predstavljaju impulsi koji su blizu vrednosti praga izvan širine glavnog snopa, a koji potiču od šuma, ako bi bili detektovani usled povećanja nivoa šuma. Da bi se prevazišao ovaj problem potrebno je izvršiti integraciju impulsa pre detekcije, što je naročito bitno pri manjoj vrednosti SNR kada je uticaj integracije impulsa najuočljiviji za impulse izvan širine glavnog snopa, kao što se vidi na slici 7, na kojoj su za različite vrednosti SNR prikazani signali na izlazu analognog video integratora (koji je osnova i detektora i ekstraktora s klizajućim prozorom kao i ekstraktora „centar mase“). Vidi se da izvan širine glavnog snopa nema impulsa koji su blizu praga detekcije.

Početak ugla cilja kod ekstraktora sa klizajućim prozorom, što se vidi na slici 7, je određen amplitudom

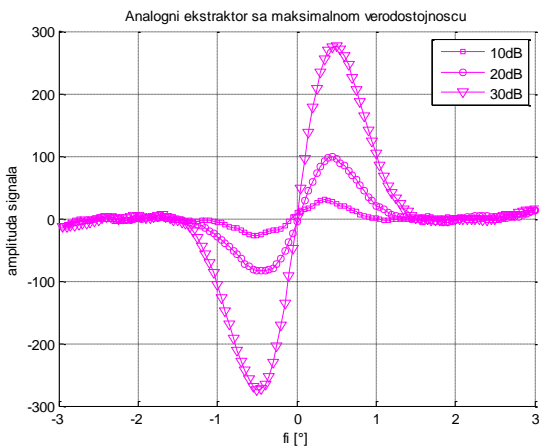
prvog impulsa koji je prešao prag a kraj ugla je određen poslednjim impulsom čija je vrednost amplitude iznad praga detekcije, time se u isto vreme određuje i prisustvo cilja odnosno vrši se detekcija cilja. Azimut se određuje tako što se odredi sredina između početka i kraja ugla. Odstupanje izmerenog azimuta levo ili desno od nulte vrednosti predstavlja grešku merenja, što je odstupanje manje i greška merenja azimuta je manja.



Slika 6. Detekcija impulsa bez integracije

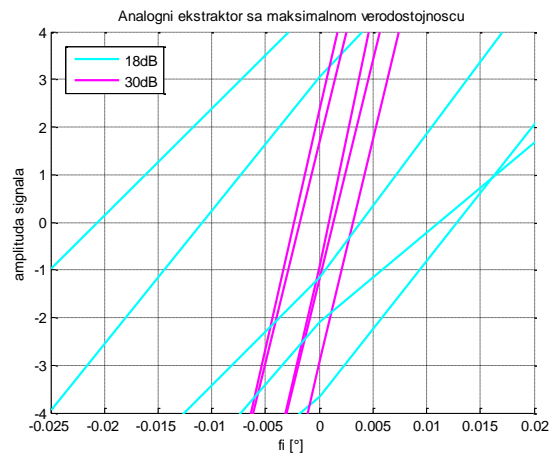


Slika 7. Detekcija impulsa nakon integracije i analogni ekstraktor sa klizajućim prozorom



Slika 8. Analogni ekstraktor sa maksimalnom verodostojnošću sa detekcijom impulsa bez integracije

Na slici 8 prikazani su signali na izlazu iz MLE. Na osnovu ovih signala kolo za detekciju prolaska kroz nulu procenjuje azimut cilja. Uočava se da je za veću vrednost SNR veći nagib karakteristike ekstraktora, što znači da je tada greška merenja ugla manja, jer će se za veće promene greške merenja ugla po y osi desiti male promene ugla po x osi. Karakteristika ekstraktora sa maksimalnom verodostojnošću prolazi kroz nulu više puta, ali je jedino važan prolazak kroz nulu na sredini karakteristike kada je prisutan cilj a ostali prolasci kroz nulu se dešavaju kada je prisutan samo šum, zato se uporedo sa ekstrakcijom mora detektovati cilj. To se obično radi nakon video-integracije čiji su rezultati prikazani na slici 7. Ekstraktor i detektor su razdvojeni, pa je ukupna realizacija složenija ali je tačnost merenja ugla veća. Odstupanje karakteristike ekstraktora od nulte vrednosti (od koordinatnog početka) predstavlja grešku merenja, što je odstupanje manje i greška merenja azimuta je manja.

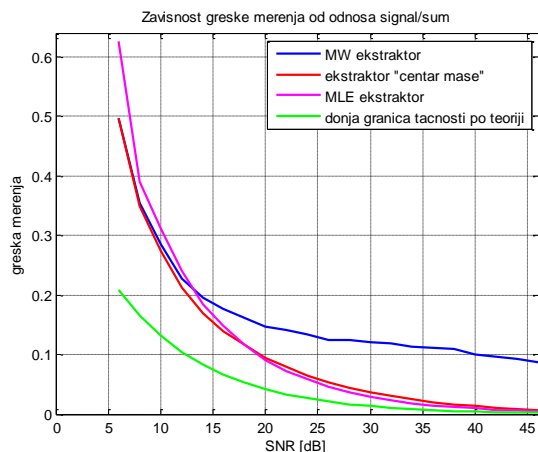


Slika 9. Uvećani prikaz karakteristika ekstraktora sa maksimalnom verodostojnošću, za pet iteracija

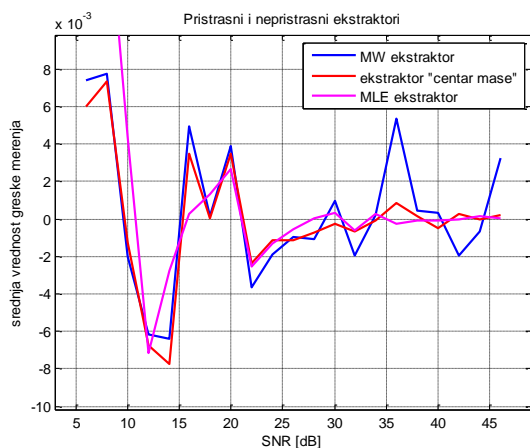
Na slici 9 se vidi da sve karakteristike ekstraktora prolaze levo ili desno od koordinatnog početka. Odstojanje karakteristike ekstraktora od nule predstavlja vrednost greške merenja ugla za svaku iteraciju. Kada je SNR=18dB manji je nagib karakteristike ekstraktora a odstupanje karakteristike od nule je veće, odnosno veća je greška merenja ugla. Za SNR=30dB nagib karakteristike ekstraktora je veći a odstupanje karakteristike od nule je manje pa je i greška merenja ugla manja. Karakteristike ekstraktora se nalaze na različitim udaljenostima od nule pa je pet iteracija malo da bi se mogla ustanoviti statistika greške merenja ugla za određenu vrednost SNR. U konačnom proračunu greške merenja ugla urađeno je dve hiljade iteracija u Monte-Karlo simulaciji za svaku od zadatih vrednosti SNR.

Na slici 10 je prikazana zavisnost normalizovanih grešaka merenja (u odnosu na širinu snopa) ekstraktora sa klizajućim prozorom, ekstraktora „centar mase“, ekstraktora sa maksimalnom verodostojnošću i donje granice tačnosti ekstraktora (2), nakon Monte-Karlo simulacije, a u zavisnosti od SNR koji se menja u intervalu od 6[dB] do 46[dB]. Vrednosti grešaka merenja

su najveće kada je SNR najmanji, odnosno sa povećanjem SNR greške merenja se smanjuju. Karakteristike grešaka merenja sva tri generisana ekstraktora se približavaju graničnoj tačnosti, pri većim vrednostima SNR, što potvrđuje da je simulacioni model dobar. Vrednosti grešaka merenja koje su dobijene nakon Monte-Karlo simulacije imaju približne vrednosti grešaka merenja koje su dobijene u literaturi [1, 2 i 3] čime se dodatno potvrđuje da je simulacioni model dobar.



Slika 10. Greške merenja ekstraktora



Slika 11. Srednja vrednost grešaka merenja ekstraktora

Da bi se pokazala razlika u greškama merenja između pristrasnih i nepristrasnih ekstraktora na slici 11 su prikazane srednje vrednosti grešaka merenja pristrasnog ekstraktora sa klizajućim prozorom i nepristrasnih ekstraktora „centar mase“ i MLE. Uočava se da srednja vrednost greške merenja pristrasnog ekstraktora sa klizajućim prozorom ima vrednosti koje su uvek različite od nule, odnosno i za beskonačan broj uzoraka ova se greška nikada ne bi mogla svesti na nulu. Srednja vrednost grešaka merenja nepristrasnih ekstraktora „centar mase“ i MLE se sa povećanjem broja uzoraka približava nuli i za beskonačano veliki broj uzoraka bila bi jednaka nuli.

6. ZAKLJUČAK

Swerling je izveo analitički izraz za donju granicu tačnosti poliimpulsnog ekstraktora za nefluktuirajuće ciljeve. Pokazao je da ta greška zavisi od oblika glavnog snopa antene, odnosa signal/šum u maksimumu snopa i broja impulsa. U literaturi je pokazano da se ova granična tačnost retko postiže u realnim ekstraktorima. Zavisno od načina realizacije ekstraktora ona je bliža ili dalja od ove teoretske vrednosti.

U ovom radu je pokazano da simulacioni modeli ekstraktora teže ka teoretskoj granici za veliki odnos signal/šum. Pokazano je da se greška merenja azimuta može uspešno modelovati i da su njene vrednosti za širinu snopa antene od $1[^\circ]$ i za $\text{SNR} > 30\text{dB}$ manje od $0.05[^\circ]$.

Ako se greška merenja azimuta za vrednosti SNR veće od 30dB svede na vrednost manju od $0.01[^\circ]$ tada do izražaja dolaze druge greške merenja azimuta koje ne zavise od SNR a koje će u tom slučaju imati uticaj na tačnost merenja azimuta.

U daljem radu proširićemo predstavljeni simulacioni model na fluktuirajuće ciljeve. Takođe, rezultati ovih simulacija greške merenja azimuta za različite vrste radarskih ekstraktora biće upotrebljeni za ocenu performansi podsistema za praćenje ciljeva.

LITERATURA

- [1] Swerling, P. “Maximum angular accuracy of a pulsed search radar”, Proceedings of the IRE, pp. 1146-1155, September 1956.
- [2] Galati, G. and Studer, F. A. “Angular accuracy of the binary moving window radar detector”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems 18, pp. 416-422, July 1982.
- [3] Bras, J. J. “A simulation of the single scan accuracy of a two-dimensional pulsed surveillance radar”, Faculty of Electrical and Electronic Engineering University of Cape Town, September 1991.
- [4] Zatkalik, J. Radiolokacija I deo, Nauka, Beograd, 1995.
- [5] Slocumb, B. J. “Surveillance radar range-bearing centroid processing”, in Proceedings of the SPIE, Conference on Signal and Data Processing of Small Targets, 4473, pp. 74–85, 2001.
- [6] Bernstein, R. “An analysis of angular accuracy in search radar”, IRE National Convention Record, vol. 3, pt. 5, 1955, p. 61-78.
- [7] Hansen, V. G. “Performance of the analog moving window detector”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-6, no. 1, March 1970, p. 173-179.
- [8] Mahafza B. Radar Systems Analysis and Design using MATLAB, Chapman & Hall/CRC, 2000.

ADAPTACIJA ESTIMATORA KINEMATIKE CILJA ZASNOVANA NA PROMENAMA NJEGOVE ORIJENTACIJE

THE TARGET KINEMATIC ESTIMATOR ADAPTATION BASED ON CHANGES OF ITS ORIENTATION

Boban Ranković¹, Davorin Mikluc¹
*Vojna akademija, Univerzitet odbrane*¹

Sadržaj – Praćenje ciljeva najčešće se ostvaruje u prisustvu odgovarajućeg estimatora stanja cilja. Pri tome je kvalitet estimiranih rezultata određen verodostojnošću modela procesa. U slučaju pogrešnih pretpostavki o kretanju cilja dobijaju se loše procene njegovih kinematskih stanja. Zato je neophdno obezbediti neki oblik adaptacije sa estimatora. U ovom radu opisan je algoritam adaptacije estimatora kinematskih stanja cilja zasnovan na praćenju promena njegove orijentacije. Tokom promene pravca kretanja ciljevi najčešće menjaju svoju orijentaciju što pruža dodatne mogućnosti za detekciju manevra. Pri tome nastaju promene u sadržaju slike koje neminovno menjaju i spektar odgovarajućeg signala. Promene ovog spektra poslužile su, u ovom radu, za definisanje vrednosti koeficijenta kojim se obezbeđuje adaptacija varijanse šuma procesa unutar Kalmanovog filtra.

Abstract - Monitoring objectives are usually carried out in the presence of an appropriate estimator of the target state. The quality of estimations is determined by credibility of the process model. In case of incorrect assumptions about the movement of the target a poor assessment of its kinematic conditions can be obtained. That is the reason why it is necessary to provide some form of adaptation to the estimator. In this paper we describe the algorithm for kinematic target estimator adaptation based on monitoring changes of its orientation. During the change of the direction movement the targets usually change their orientation, which provides additional features for the detection maneuver. This produces changes in the content of the images that inevitably alters the spectrum of the corresponding signal. Changes of the spectrum are used in this paper to define the values of the coefficient which provide adaptation process noise variance within appropriate Kalman filter.

1. UVOD

Praćenje ciljeva odvija se u prisustvu estimatora stanja koji je najčešće realizovan u nekoj formi Kalmanovog filtra. Kvalitet estimacije kinematskih stanja određen je valjanošću pretpostavki o modelu procesa i statističkim obeležjima šuma procesa i šumova merenja.

Imajući u vidu neodređenosti u pogledu poznavanja šuma procesa kao i valjanosti samog modela procesa realizovani su estimatori koji podrazumevaju postojanje detektora manevra kao na primer u literaturi [1]. Njihova osnovna namena je da obezbede odabir najpogodnijeg među inicijalno definisanim estimatorima kako bi se dobila što bolja procena stanja.

Polazeći od činjenice da je u slučaju primene senzora slike moguće uočiti manevra cilja na osnovu promene njegove orijentacije razvijeni su algoritmi koji omogućavaju procenu manevra na osnovu analize njegove slike kao na primer u slučaju literature [2].

U ovom radu koristi se algoritam koji obezbeđuje uvođenje promenljive vrednosti varijanse šuma procesa tokom njegovog praćenja.

U konkretnom slučaju pošlo se od činjenice da u najvećem broju slučajeva, cilj menja orijentaciju tokom promene pravca kretanja. Usled toga nastaju promene u sadržaju slike koje se mogu iskoristiti kako bi se uvela odgovarajuća adaptacija i obezbedio bolji rad filtra.

U ovom radu koristi se rešenje koje je razvijeno na osnovu kombinovane obrade slike. Proces započinje potiskivanjem šuma pozadine koji može značajno da ometa proces kao na primer u prisustvu pojačane oblačnosti. Najjednostavniji način za realizaciju ovog postupka je da se vrednosti svih piksela koji imaju intenzitet niži od u napred određenog praga usvoje kao nule. Pri tome vrednosti piksela čije su vrednosti veće od ovog praga ostaju nepromenjene.

Nakon toga sumiraju se vrednosti svih piksela, po kolonama, unutar oblasti slike koja se koristi za praćenje cilja. U konkretnom slučaju usvojena oblast ima dimenzije 128 x 128 piksela. Na taj način dobija se vektor od 128 vrednosti nad kojim se dalje vrši brza Furijeova transformacija (Fast Fourier Transformation - FFT). Vrednosti spektra se zatim normiraju tako što se dele sa vrednošću prve komponente spektra jer je njen intenzitet najizraženiji.

Nakon opisanog procesa izračunava se broj komponenta spektra koje imaju vrednost veću od 0,5. Na taj način definisana je širina spektra u kojem je sadržano 50 procenata snage obrađenog signala. Ove vrednosti izračunavaju se tokom obrade svakog frejma koji se koristi u radu estimatora i normiraju sa vrednošću $N/2$. Pri tome je N ukupan broj spektralnih komponenta (u ovom slučaju 128).

Dobijene vrednosti koriste se pri definisanju adaptivnog koeficijenta koji služi za korekciju vrednosti šuma procesa unutar odgovarajućeg Kalmanovog filtra. Primenjena adaptacija obezbeđuje bolji rezultat u odnosu na slučaj kada se tokom procesa koristi konstantna vrednost ovog parametra.

Pri realizaciji konkretnog estimatora korišten je Kalmanov filtar sa konstantnim ubrzanjem. Promene šuma procesa uvode se sukcesivno tokom procesa praćenja tako što se u napred definisana vrednost ovog parametra svaki put pomnoži trenutnom vrednošću adaptivnog koeficijenta.

2. OPIS PROGRAMSKOG REŠENJA

U radu Kalmanovog filtra koriste se merenja koja su ostvarena u sfernom koordinatnom sistemu. Ovo znači da su poznati daljina do cilja ρ , azimut λ i elevacija φ . Praćenje cila se ostvaruje u praouglom koordinatnom sistemu zbog čega za sferne koordinate cilja transformišu u pravougle koordinate koristeći dobro poznate jednačine:

$$x_m = \rho \cos(\varphi) \sin(\lambda) \quad (1)$$

$$y_m = \rho \cos(\varphi) \cos(\lambda) \quad (2)$$

$$z_m = \rho \sin(\varphi) \quad (3)$$

Polazeći od poznatih jednačina Kalmanovog filtra:

$$\bar{X}_{k+1} = F\hat{X}_k \quad (4)$$

$$\bar{P}_{k+1} = F\hat{P}_kF^T + Q_k \quad (5)$$

$$K_{k+1} = \bar{P}_{k+1}H^T[H_{k+1}\bar{P}_{k+1}H^T + R]^{-1} \quad (6)$$

$$\hat{X}_{k+1} = \bar{X}_{k+1} + K_{k+1}[Z_{k+1} - H\bar{Z}_{k+1}] \quad (7)$$

$$\hat{P}_{k+1} = \bar{P}_{k+1} - K_{k+1}H_{k+1}\bar{P}_{k+1} \quad (8)$$

gde su

$$Q = G\sigma_m^2G^T \quad (9)$$

$$G = \begin{bmatrix} T^2/4 \\ T/2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Pri tome se, u svakom koraku ažurira vrednost varijanse šuma procesa

$$\sigma_m^2 = c_{kor}\sigma_{m0}^2 \quad (11)$$

Vrednost c_{kor} izračunava se na prethodno opisan način u skladu sa programskom podrškom realizovanom u MATLAB okruženju. Listing konkretnog programa prikazan je u tekstu koji sledi:

```
% Program ad_koef.m
clc; clear all; close all;
% Uvodi se sekvenca praćenja;
seqc=mmreader('Seq_2s.avi')
% Broj frejmova u sekvenci
n=get(seqc,'NumberOfFrames')
n1= 1;           % prvi frejm
n2= 300;        % poslednji frejm
dn= 5;          % korak
```

```
for i= n1:dn:n2           %----- (c1)
inp_im=read(seqc,i);
inp_im=im2double(inp_im(:, :, 1));
D=inp_im(169:296,287:414);
```

```
figure(1), subplot(221);
imshow(D);
title([num2str(i),' of ', num2str(n)]);
drawnow
```

```
for j=1:128;           %----- (c 2)
for k = 1:128;
if D(j,k) <=0.7;
D(j,k)= 0;
end;
end;
end
figure(1);
subplot(222), imshow(D);
```

```
im_sum(i,:)= sum(D); % ----- (c 3)
```

```
fftim_sum(i,:)= fft(im_sum(i,:)); % (c 4)
```

```
nrmi= abs(fftim_sum(i,1:64)); % (c 5)
```

```
xdet(i,1:64)=(nrmi)/max(nrmi);
```

```
figure(1), subplot(223);
```

```
plot(1:64,xdet(i,1:64),' ');
```

```
figure(1), subplot(224);
```

```
plot(im_sum(i,:),' ');
```

```
end
```

```
Y=1:64;
```

```
for i= n1:dn:n2
```

```
% Detektor sirine na nivou 50%
```

```
% snage osnovnog spektra
```

```
grd= .5*xdet(i,1);
```

```
X=xdet(i,:);
```

```
mj2(i)= (1/64)* interp1(X,Y,grd);
```

```
end
```

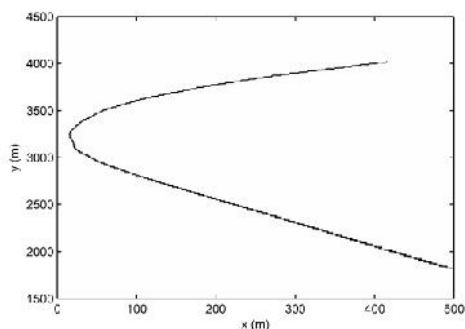
```
figure(2);
```

```
plot((n1:dn:n2),mj2(n1:dn:n2),' ');
```

Za potrebe ovog rada ovaj program je realizovan kao posebna celina kako bi se prikazao opisani algoritam odvojeno od Kalmanovog filtra.

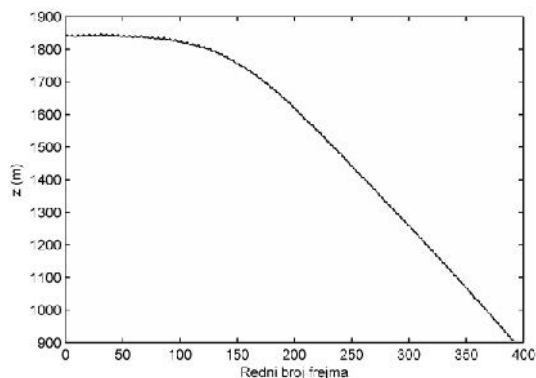
3. PRIKAZ I KOMENTAR REZULTATA

Pri realizaciji testiranja predloženog rešenja korištena je sekvenca koja je snimljena tokom praćenja cilja pomoću odgovarajuće infracrvene kamere. Na osnovu registrovanih merenja rekonstruisana je trajektorija cilja. Na slici 1 vidi se njen oblik u horizontalnoj ravni.



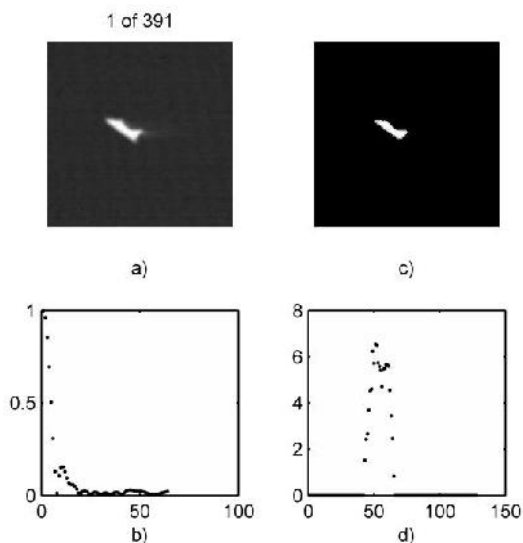
Slika 1. Prikaz trajektorije cilja u horizontalnoj ravni

Slika 2 prikazuje promenu visine cilja tokom snimljene sekvence. Analizom obe slike lako se uočava da cilj izvodi kombinovani manevar, odnosno skreće uz uvođenje promene visine.



Slika 2. Promena visine tokom leta cilja

Rezultati obrade slike tokom izračunavanja adaptivnog koeficijenta c_{kor} prikazani su na slikama 3 – 7. Pri tome su na slikama 3 – 6 sa a) i c) označeni snimci cilja pre i posle potiskivanja šuma pozadine. Na istim slikama slovima b) prikazan je oblik normiranog spektra signala koji se dobija sumiranjem piksela po kolonama. Rezultati sumiranja označeni su na ovim slikama slovima d).

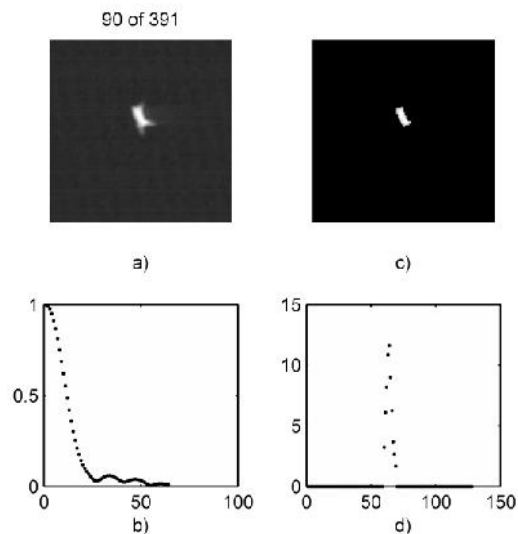


Slika 3. Rezultati obrade 1. frejma

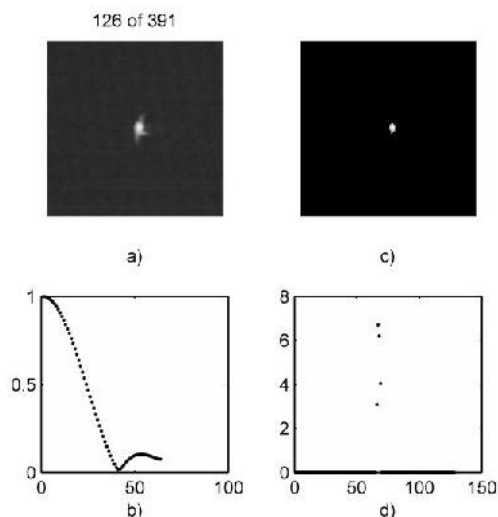
Može se primetiti da tokom kretanja cilj menja orijentaciju obrtanjem oko svih svojih osa. Na prvom frejmu vidi se kako nakon penjanja podiže prednji kraj da bi započeo manevar u horizontalnoj ravni bez gubitka visine. Na frejmu 90 koji je prikazan na slici 4 vidi se momenat kada se cilj bliži trenutku u kojem dolazi do promene smera ugaone brzine praćenja u horizontalnoj ravni.

Ovaj trenutak jasno se uočava na slici 5 kada je silueta cilja najuža u vertikalnoj ravni. Odgovarajući deo spektra signala postaje tada najširi pa će ovo imati za posledicu

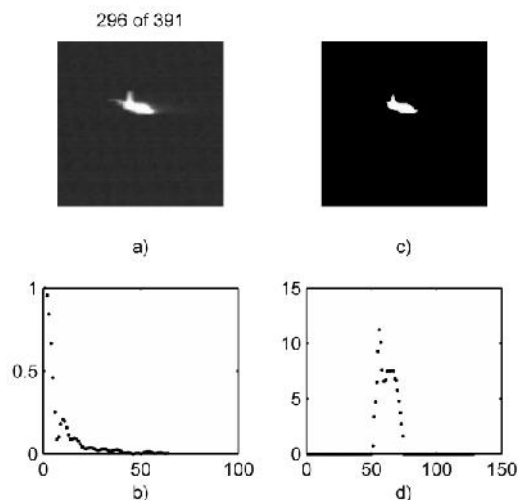
pojavu najveće vrednosti koeficijenta c_{kor} u konkretnom letu. Ovo se može proveriti posmatranjem slike 7.



Slika 4. Rezultati obrade 90. frejma



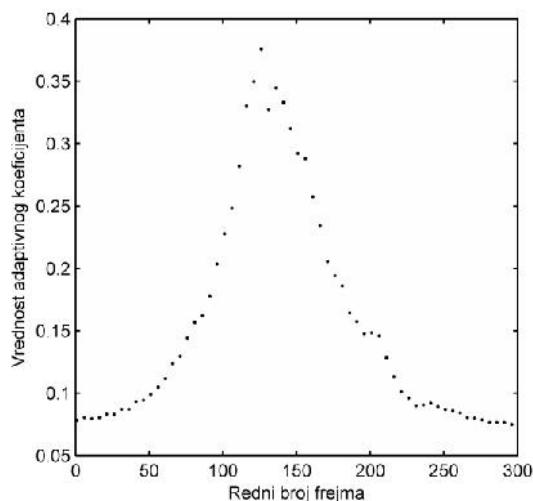
Slika 5. Rezultati obrade 126. frejma



Slika 6. Rezultati obrade 296. frejma

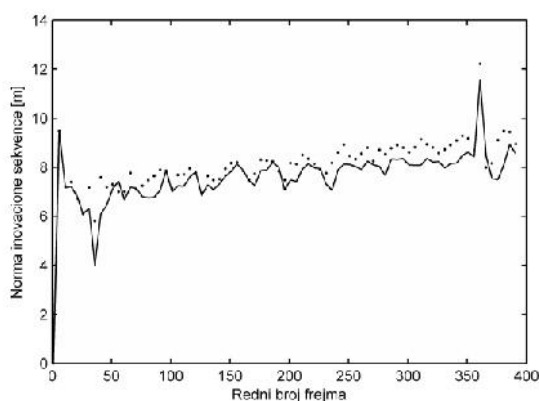
Na slici 6 vidi se situacija kada je cilj izašao iz manevra. Širina početnog dela spektra postala je znatno uža pa je i vrednost adaptivnog koeficijenta c_{kor} značajno smanjena.

Veličina siluete cilja ukazuje na činjenicu da je rastojanje od senzora mnogo manje nego na početku procesa praćenja. Naravno u slučaju pojave manevra cilja zbog toga bi se pojavio značajniji porast ugaonih brzina nego kada bi se cilj nalazio na većoj daljini.



Slika 7. Promena adaptivnog koeficijenta

U cilju testiranja efekata adaptacije šuma procesa izvršeno je poređenje rezultata koji su dobijeni primenom linearnog Kalmanovog filtra sa modelom koji opisuje kretanje cilja u prisustvu konstantnog ubrzanja. Rezultat ovog procesa prikazan je na slici 8 u vidu tačkica koje predstavljaju normu inovacione sekvence $[Z_{k+1} - H\bar{Z}_{k+1}]$ u jednačini (7).



Slika 8. Promena norme inovacione sekvence

Rezultat primene adaptivnog koeficijenta pri definisanju vrednosti šuma procesa prikazan je na istoj slici punom

linijom. Može se primetiti da su razlike veće u periodu kada su promene azimuta sporije. Ovo možemo objasniti činjenicom da je pri inicijalnom definisanju šuma procesa usvojena vrednost varijanse koja odgovara oštroumanevru cilja.

Opadanjem adaptivnog koeficijenta c_{kor} smanjuje se i vrednost šuma procesa pa u slučaju kada cilj prestaje da manevriše novodobijena vrednost šuma procesa više odgovara realnom kretanju cilja. Zbog toga se pojavljuju značajnije razlike upravo kada manevar cilja postaje sve manje primetan, odnosno iščezava.

4. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati potvrđuju pretpostavke o mogućnosti dodatnog poboljšanja kvaliteta rada estimatora kinematskih stanja cilja, odnosno procesa njegovog praćenja.

Ostvareno poboljšanje zasnovano je na eksploataciji dodatnih informacija dobijenih obradom slike. U slučaju praćenja cilja primenom pasivnih senzora obično se ne raspolaže dovoljnim brojem merenja koja treba da obezbede praćenje u trodimenzionalnom formatu odnosno po sve tri koordinate.

Kvalitet praćenja koje se najčešće pojavljuje u slučaju senzora slike (dvodimenzionalno praćenje) može značajno biti unapređen upravo uvođenjem algoritma koji je prikazan u ovom radu. Testiranje ove pretpostavke kao i dalja poboljšanja opisanog algoritma predstavljaju temu budućih radova autora.

NAPOMENA

Rad je nastao kao rezultat projekta „Rentabilni izbor novih tehnologija i koncepcija odbrane kroz društvene promene i strateške orijentacije Srbije u 21. veku“, III 47029, (2010-2014), kojeg finansira Ministarstvo za obrazovanje i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Y.Bar-Shalom and K.Bimiwal: “Variable dimension filter for maneuvering target tracking“, IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, Vol. - 18, pp.621-629, 1982.
- [2] S Shetty, A. T. Alouani: “A multisensor tracking System With an Image Based Maneuver Detector“, IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, Vol - 32, Sep. 1982. pp.167 -181, 1996.

PRIMENA RIVERBED SIMULATORA U ANALIZI PROTOKOLA RUTIRANJA U MANET MREŽAMA

APPLICATION OF RIVERBED SIMULATOR IN ROUTING PROTOCOL ANALYSIS IN MANET NETWORKS

Vladimir Ristić¹, Boban Pavlović¹, Vladimir Suša¹

Vojna akademija¹

Sadržaj – Mobilna ad hoc mreža (MANET) je skup bežičnih pokretnih čvorova koji formiraju privremenu (pokretnu) mrežu bez postojeće infrastrukture. Jedno od glavnih područja istraživanja mobilnih ad hoc mreža je i izbor adekvatnog protokola rutiranja. Cilj rada je analiza performansi OLSR, AODV, DSR i TORA protokola rutiranja u različitim situacijama korišćenjem Riverbed mrežnog simulatora.

Abstract - Mobile ad hoc network (MANET) is a collection of wireless mobile nodes which forms a dynamic temporary network without using any existing infrastructure. When it comes to the research of mobile ad hoc networks, one of the main issues is the choice of the adequate routing protocol. The aim of the work is to compare the performances of OLSR, AODV, DSR and TORA routing protocols in different situations by using the Riverbed network simulator.

1. UVOD

Mobilne ad hoc mreže (MANET) jesu samokonfigurirajuće mreže čvorova povezanih bežičnim vezama bez bilo kakvog oblika centralizovanog upravljanja. U MANET mrežama svaki čvor istovremeno je terminal i ruter. Stoga svaki čvor mora biti sposoban da prosleđuje pakete do ostalih čvorova. Usled mobilnosti čvorova, topologije kod ovih mreža sklone su čestim promenama. Tradicionalni protokoli rutiranja razvijeni za kablovske mreže ne mogu efikasno da rade u MANET mrežama pa su za njih razvijeni posebni protokoli rutiranja [1].

U ovom radu izvršeno je poređenje performansi četiri važna protokola rutiranja u mobilnim ad hoc mrežama na osnovu rezultata simulacija izvedenih u Riverbed mrežnom simulatoru. Kreirana su dva scenarija koji se razlikuju po broju mobilnih čvorova u mreži. Parametri na osnovu kojih je izvršeno poređenje su kašnjenje i propusnost.

Rad je koncipiran na sledeći način: u drugom poglavlju dat je kratak opis protokola rutiranja u MANET mrežama, u trećem poglavlju su definisane metrike protokola rutiranja korišćene za analizu performansi protokola rutiranja, zatim je opisano simulaciono okruženje, u petom poglavlju su predstavljeni rezultati i izvršena analiza, i u poslednjem, šestom poglavlju, data su zaključna razmatranja.

2. OPIS PROTOKOLA RUTIRANJA U MANET MREŽAMA

Glavni ciljevi protokola rutiranja jesu pronalaženje i održavanje ruta između čvorova u dinamičnoj topologiji uz korišćenje minimalnih resursa. Protokol je skup standarda ili pravila za razmenu podataka između dva uređaja. Protokoli rutiranja u MANET mrežama mogu se klasifikovati u tri kategorije na osnovu procedura za uspostavljanje ruta i njihovo ažuriranje:

- **Proaktivni protokoli** funkcionišu na osnovu konzistentnih i redovno ažuriranih tabela rutiranja, koje se održavaju time što svaki čvor u mreži svom susedu šalje informacije o promenama i na taj način ih distribuira kroz mrežu. Svaki čvor sadrži tabelu rutiranja u kojoj beleži informacije o rutiranju, a informacije o svakoj promeni se prenose kroz mrežu.
- **Reaktivni protokoli** funkcionišu na osnovu povremenih zahteva za ažuriranjem vrednosti u tabeli rutiranja i to onda kada čvor ima potrebu za uspostavljanjem rute ka nekom određišanom čvoru. Nakon što dobije zahtev za uspostavljanjem rute, čvor započinje proces potraživanja rute, a zatim je održava sve dok za njom postoji potreba.
- **Hibridni protokoli** kombinuju osobine proaktivnih i reaktivnih protokola radi dobijanja efikasnih šema rutiranja za specifične scenarije i aplikacije.

OLSR (*Optimized Link State Routing protocol*) je proaktivni protokol rutiranja zasnovan na stanju veze koji koristi inicijalne (*hello*) poruke i poruke kontrole topologije da otkrije, a zatim i da distribuira informacije o stanju veza širom mobilne ad hoc mreže. Pojedinačni čvor koristi ove informacije da izračuna sledeći skok (*hop*) do određišta, pritom koristeći putanju rutiranja sa najmanjim brojem skokova [2]. Koristeći *hello* poruke, OLSR protokol na svakom čvoru otkriva informacije o susednim čvorovima udaljenim do dva skoka i obavlja distribuirani izbor skupa više čvorova za prenos, MPR (*Multipoint Relay*). Čvorovi vrše izbor odgovarajućih MPR tako da postoji put do svakog od njihovih suseda udaljenih do dva skoka preko čvora izabranog kao MPR. MPR čvorovi zatim šalju kontrolne poruke za nadzor topologije koje sadrže MPR identifikatore segmenata. Korišćenje MPR čvorova, OLSR čini jedinstvenim među protokolima rutiranja zasnovanim na stanju veze. Cilj korišćenja MPR čvorova je smanjenje reemitovanih kontrolnih poruka u istom regionu. Svaki čvor bira skup susednih čvorova sa jednim preskokom (MPR skup čvorova). Susedni čvorovi datog čvora koji nisu izabrani kao MPR čvorovi obrađuju pakete, ali ih ne prosleđuju. Samo MPR čvorovi prosleđuju pakete. OLSR koristi *hello* poruke da pronade

svoje susedne čvorove na razdaljini do dva skoka putem njihovih odgovora. Pošiljalac potom bira svoje MPР čvorove na razdaljini od jednog skoka, koji nude najbolje rute do čvorova udaljenih dva skoka. Svaki čvor ima MPР identifikator segmenta, koji evidentira čvorove koji su ga izabrali kao MPР čvor. OLSR koristi kontrolne poruke zajedno sa MPР prosleđivanjem kako bi preneo informacije o susednim čvorovima preko cele mreže. S obrzirom da je OLSR proaktivni protokol rutiranja, putevi do svih destinacija u mreži poznati su pre upotrebe. Poznavanje puteva u tabeli rutiranja korisno je za vremenski osetljive servise, jer ne postoji kašnjenje prilikom slanja paketa, a koje je uslovljeno procesom otkrivanja novih ruta.

AODV (*Ad hoc On-demand Distance Vector*) je reaktivni protokol rutiranja tipa skok po skok (*hop by hop*) koji uspostavlja putanju do odredišta na zahtev, odnosno trasa se uspostavlja samo kada je potrebno preneti pakete sa izvornog čvora. Ovo je korisno u MANET mrežama jer poznavanje potpune tabele rutiranja na svakom čvoru podrazumeva veliki utrošak kapaciteta linkova i memorije. AODV je protokol rutiranja zasnovan na vektoru razdaljine. AODV izbegava problem brojanja do beskonačnosti, prisutan kod drugih protokola rutiranja zasnovanih na vektoru razdaljine, pomoću rednih brojeva na ispravkama ruti. AODV mehanizam rutiranja sastoji se od dva procesa: otkrivanje ruta i njihovo održavanje. Proces otkrivanja rute se pokreće kada izvorni čvor treba da pošalje podatke, ali nema validnu rutu do odredišta. Taj čvor šalje RREQ (*Route REQuest*) paket sa zahtevom za putanjom najbližim susednim čvorovima. Susedni čvorovi vraćaju RREP (*Route REPlay*) paket ako imaju odgovarajuću putanju do odredišta. Međutim, ukoliko nemaju, prosleđuju RREQ paket svojim susedima, izuzev izvorišnom čvoru. Takođe, ovaj paket koriste da bi formirali povratnu putanju do izvora. Proces se ponavlja dok se putanja ne pronađe. Za održavanje ruta koriste se tabele rutiranja koje imaju samo informacije o sledećem skoku i odredištu. Kada se desi prekid veze na putu, susedni čvorovi će primetiti odsustvo ove veze. Tada će ovi čvorovi proveriti da li postoji bilo kakav put u njihovim tabelama rutiranja čiji je sledeći skok njihov ne povezani sused. Ako postoji takav, svi izvori koji šalju saobraćaj koji prolazi kroz ovaj nepovezani čvor, biće obavешteni slanjem RERR (*Route ERRor*) paketa sa greškom na putanji. Novi RREQ paket će generisati izvorni čvor ako i dalje postoji potreba za prenosom od izvora [3].

DSR (*Dynamic Source Routing*) je reaktivni protokol rutiranja baziran na konceptu izvornog rutiranja u kojem pošiljalac definiše sekvencu čvorova kroz koje će paket biti poslan. Sekvenca se nalazi u tabeli rutiranja na svakom čvoru. Proces rutiranja sastoji se od otkrivanja i održavanja rute. Putanja se otkriva dinamički i to samo kada je potrebna. Ukoliko pošiljalac namerava da pošalje paket, proverava svoju tabelu rutiranja i, ukoliko postoji sekvencu ka odredištu, putanja je određena i paket će prelaziti preko poznatih čvorova. Ako u tabeli rutiranja ne postoji odgovarajuća sekvencu, pošiljalac inicira otkrivanje rute slanjem paketa zahteva za rutom, RREQ

(*Route REQuest*) preko svojih suseda kroz mrežu. RREQ paket mora da sadrži adresu pošiljaoca, odredišta kao i memoriju za skladištenje adresa prikupljenih na putu u polju snimanja rute (*route record*). Sadržaj polja *route record* stalno raste, tj. ažurira se dok paket ne stigne do odredišta. Odredišni čvor generiše RREP (*Route REPlay*) odgovor na rutu radi obaveštavanja pošiljaoca o otkrivenoj ruti [4]. U fazi održavanja rute definisani su mehanizmi potvrđivanja i obaveštavanja o grešci na putu RERR (*Route ERRor*). Potvrde mogu biti *hop-to-hop* (provera grešaka pri svakom hopu, odnosno prenosu preko bežičnog linka) ili *end-to-end* (provera grešaka samo na predaji i prijemu). Kod provere na svakom hopu, nakon prijema paketa, svaki čvor šalje potvrdu čvoru od kojeg je primio paket u definisanom intervalu. Čvor koji nije primio potvrdu šalje izvorišnom čvoru RERR poruku kojom ga obaveštava koji bežični link više nije funkcionalan. Zatim se može koristiti alternativna putanja (ako postoji), ili se ponovo može pokrenuti proces otkrivanja putanje.

TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm*) je reaktivni protokol rutiranja. Ovaj protokol predstavlja *link-reversal* protokol, gde se mrežna topologija definiše upotrebom usmerenog acikličkog grafa, u kome su čvorovi u mreži prikazani kao čvorovi grafa sa usmerenim granama koje predstavljaju linkove. Link je uvek usmeren od čvora sa većom visinom ka čvoru ka manjom visinom. Odredišni čvor ima najmanju visinu u grafu, dok se ostalim čvorovima dodeljuju veće visine u skladu sa porastom rastojanja od odredišta. Formiranje grafa započinje kada svi čvorovi u mreži u grafu imaju neodređenu visinu (NULL), izuzev odredišnog koji ima visinu nula (ZERO), manju od vrednosti NULL. Izvorišni čvor emituje paket QRY (*Query*) susedima, pri čemu se prenosi kroz mrežu i markira sve potencijalne čvorove za otkrivanje putanje postavljanjem *route request flag* na svakom čvoru. Kada QRY paket stigne do čvora sa bar jednim silaznim linkom, čvor emituje paket UPD (*Update*) koji se vraća unazad kroz mrežu i postavlja visine svih čvorova čiji je *route request flag* setovan. Sada svaki čvor dobija veću visinu od prethodnog, pri čemu se formira jedna silazna putanja između izvorišnog i odredišnog čvora. Navedenim mehanizmom omogućava se formiranje više silaznih putanja do svakog odredišnog čvora, odnosno podržava se *multipath* rutiranje. U slučaju prekida linka, ako čvor ima bar jednu silaznu putanju, ne ponavlja se proces otkrivanja putanje, već se emituje UPD paket i oporavlja mrežni graf.

3. METRIKA PROTOKOLA RUTIRANJA

U cilju analize i vrednovanja performansi različitih protokola rutiranja, definisan je veći broj metrika. Različite metrike ukazuju na veliki broj karakteristika mrežnih performansi unutar jedne mreže. U ovom radu razmatrani su kašnjenje i propusnost.

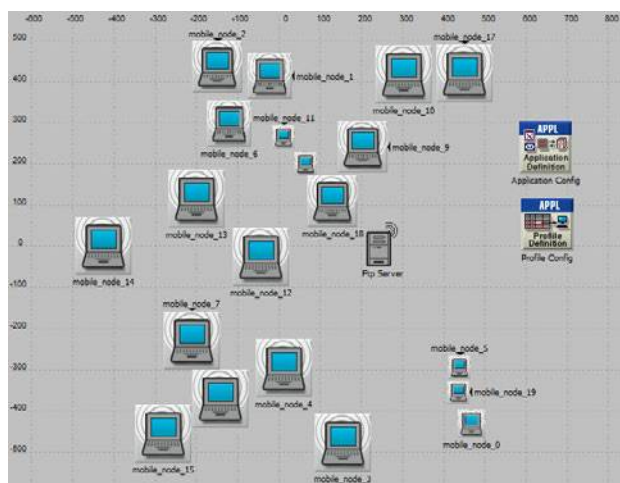
Kašnjenje (*delay*) predstavlja vreme od momenta generisanja paketa na izvoru do prijema paketa na odredištu. To je vreme koje je potrebno da paket pređe preko mreže.

Propusnost (*throughput*) se definiše kao ukupna količina podataka koja se dopremi do prijemnika u jedinici vremena. Veličina propusnosti se predstavlja kao broj prenetih bita u sekundi [bit/s]. Veličina propusnosti se može predstaviti sledećim izrazom:

$$\text{Propusnost} = \frac{\text{Broj isporučenih paketa} \cdot \text{Veličina paketa} \cdot 8}{\text{Trajanje simulacije}} \quad (1)$$

4. SIMULACIONO OKRUŽENJE

Cilj rada je merenje performansi OLSR, AODV, DSR i TORA protokola rutiranja u različitim mrežnim topologijama. Simulacija je izvršena u mrežnom simulatoru Riverbed Modeler Academic Edition 17.5 [5]. Na slici 1 je prikazano formirano simulaciono okruženje.



Slika 1. Simulaciono okruženje

Simulacija je fokusirana na performanse MANET protokola rutiranja, pri čemu su analizirane vrednosti kašnjenja i propusnosti. Za potrebe analize, kreirana su dva simulaciona scenarija sa različitim brojem mobilnih čvorova.

Tabela 1. Parametri simulacije

Parametri simulacije	Vrednost
Simulator	Riverbed Modeler Academic Edition 17.5
Veličina mreže	10, 20 mobilnih čvorova
Dužina trajanja simulacije	1 sat (3600 sekundi)
Veličina topologije	1000 x 1000 m ²
Protokoli rutiranja	OLSR, AODV, DSR, TORA
Model mobilnosti	Kreirana putanja
Brzina mobilnosti čvorova	0-10 m/s
Bežični standard	IEEE 802.11g
Brzina prenosa podataka	11 Mbit/s
Tip prenošenog saobraćaja	FTP (High load)

Mobilni čvorovi su nasumično postavljeni u okruženju površine 1000 x 1000 m². U prvom scenariju korišćeno je 10, a u drugom 20 mobilnih čvorova. *Wlan_wkstn mobile node* je korišćen za mobilne čvorove u simulaciji.

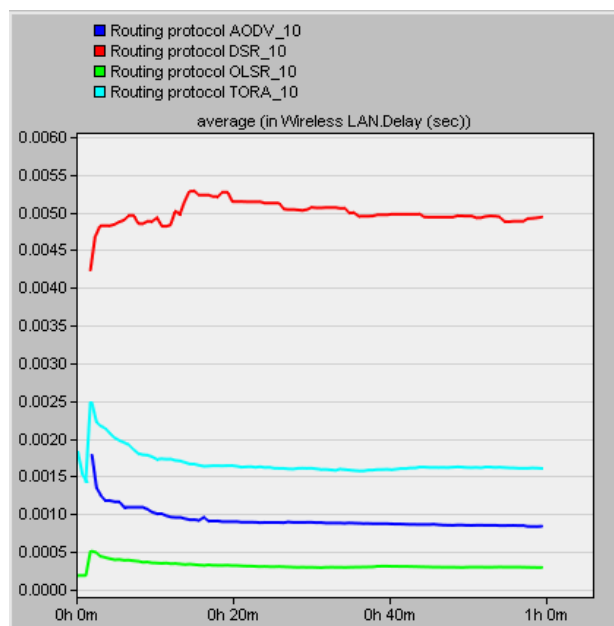
Trajanje simulacije kod oba scenarija je 1 sat (3600 sekundi). Za analizu različitih protokola rutiranja generisan je konstantan FTP (*High load*) saobraćaj unutar mreže. Model mobilnosti i bežični mrežni parametri su identični za sve čvorove u oba scenarija. Model mobilnosti definisan je tako što se za svaki mobilni čvor kreira proizvoljna putanja unutar definisanog okruženja površine 1000 x 1000 m². Brzina svakog mobilnog čvora kreće se u intervalu od 0 do 10 m/s. Svi čvorovi su opremljeni sa primopredajnicima koji koriste IEEE 802.11g standard u komunikaciji preko bežičnog kanala protoka 11 Mbit/s. Parametri simulacionog okruženja prikazani su u tabeli 1.

5. REZULTATI I ANALIZA

U ovom poglavlju su predstavljene rezultati i izvršena analiza performansi MANET protokola rutiranja na osnovu simulacije u Riverbed mrežnom simulatoru. Analizirane su performanse protokola rutiranja na osnovu kašnjenja i propusnosti.

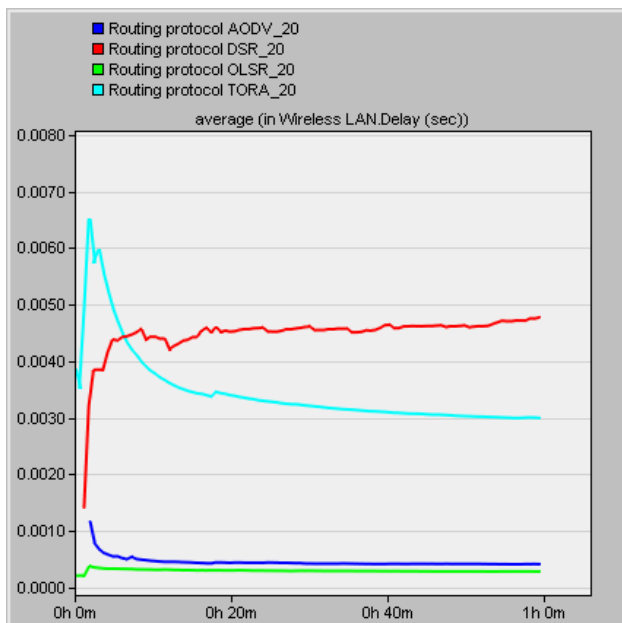
5.1. Kašnjenje

Kašnjenje je analizirano na osnovu rezultata dobijenih simulacijom mreža sa 10 i 20 mobilnih čvorova.



Slika 2. Kašnjenje u mreži sa 10 mobilnih čvorova

Na slici 2 je prikazano kašnjenje za OLSR, AODV, DSR i TORA protokole rutiranja u mreži sa 10 mobilnih čvorova. Na osnovu prosečnih vrednosti kašnjenja dobijenih kroz simulaciju za mrežu sa 10 mobilnih čvorova datih u tabeli 2 možemo konstatovati da najmanje vreme kašnjenja ima OLSR protokol rutiranja dok AODV protokol ima identične karakteristike kao OLSR ali je kašnjenje ipak veće. TORA ima srednje vreme kašnjenja dok DSR protokol rutiranja ima najveće kašnjenje.



Slika 3. Kašnjenje u mreži sa 20 mobilnih čvorova

Na slici 3 je prikazana vrednost kašnjenja u toku simulacije za analizirane OLSR, AODV, DSR i TORA protokole rutiranja u mreži sa 20 mobilnih čvorova. Poređenjem prosečnih vrednosti kašnjenja dobijenih kroz simulaciju za mrežu sa 20 mobilnih čvorova datih u tabeli 2 zaključujemo da DSR protokol rutiranja ima najveće kašnjenje tokom procesa simulacije. TORA protokol rutiranja pokazuje povećano kašnjenje. AODV protokol rutiranja ima malo kašnjenje, a OLSR i dalje pokazuje najmanju vrednost kašnjenja.

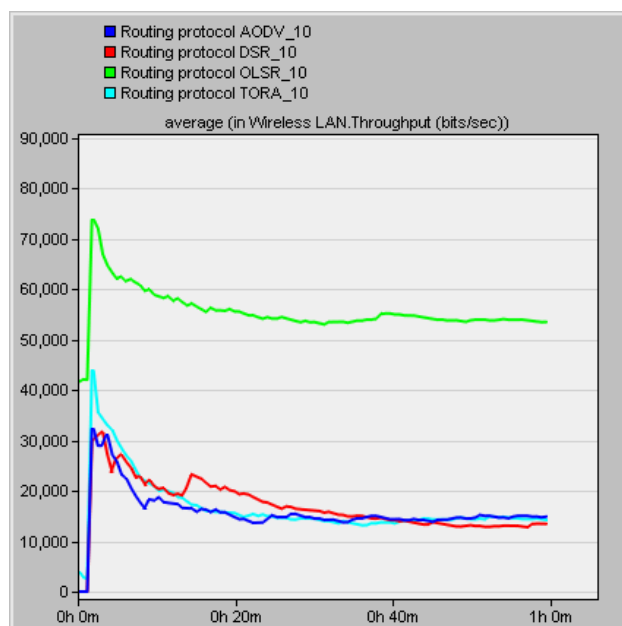
Tabela 2. Prosečne vrednosti kašnjenja

Protokol rutiranja	Prosečne vrednosti kašnjenja [s] u mreži sa 10 mobilnih čvorova	Prosečne vrednosti kašnjenja [s] u mreži sa 20 mobilnih čvorova
AODV	0,000840	0,000414
DSR	0,004938	0,004776
OLSR	0,000294	0,000286
TORA	0,001606	0,002998

U prethodno razmatranim scenarijima sa 10 i 20 mobilnih čvorova u mreži, OLSR protokol rutiranja ostvario je nižu vrednost kašnjenja (0,000294 sekundi u mreži sa 10, odnosno 0,000286 sekundi u mreži sa 20 mobilnih čvorova) u odnosu na reaktivne AODV, DSR i TORA protokole rutiranja. OLSR je proaktivni protokol rutiranja i kod ovog protokola putevi u mreži su uvek dostupni, a mobilni čvorovi puteve do odredišta imaju u svojim tabelama rutiranja. Kod reaktivnih protokola rutiranja, ukoliko važeća putanja do odredišta ne postoji, čvor mora pokrenuti proces otkrivanja nove putanje. S obzirom da je za pretraživanje postojeće tabele rutiranja potrebno manje vremena nego za pretraživanje nove putanje, proaktivni OLSR protokol rutiranja je pokazao manje kašnjenje. Od reaktivnih protokola rutiranja najveće kašnjenje je kod DSR protokola rutiranja, TORA protokol rutiranja ima srednju vrednost kašnjenja, dok AODV protokol rutiranja pokazuje najmanje kašnjenje.

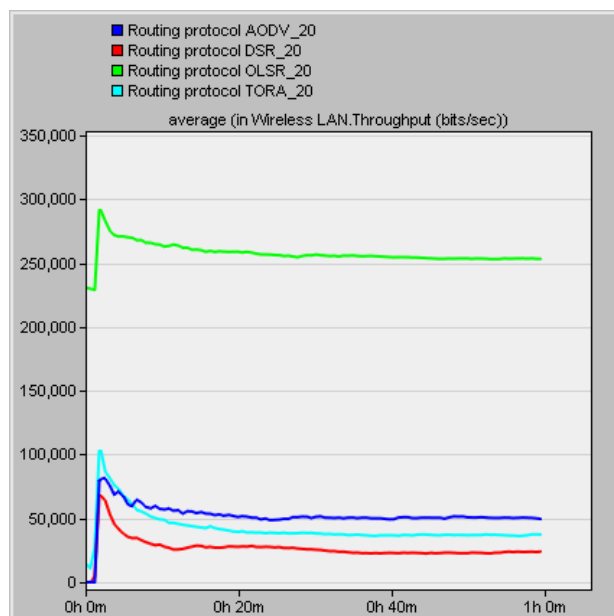
5.2. Propusnost

Analiza propusnosti data je na osnovu rezultata dobijenih simulacijom mreža sa 10 i 20 mobilnih čvorova.



Slika 4. Propusnost u mreži sa 10 mobilnih čvorova

Slika 4 prikazuje vrednosti propusnosti za OLSR, AODV, DSR i TORA protokole rutiranja u mreži sa 10 mobilnih čvorova. Iz tabele 3, poređenjem prosečnih vrednosti propusnosti dobijenih kroz simulaciju za mrežu sa 10 mobilnih čvorova, uočavamo da OLSR daje najveću propusnost, dok AODV, DSR i TORA imaju ujednačenu propusnost koja je znatno manja od propusnosti kod OLSR protokola rutiranja.



Slika 5. Propusnost u mreži sa 20 mobilnih čvorova

Slika 5 prikazuje dobijene vrednosti propusnosti za OLSR, AODV, DSR i TORA protokole rutiranja u mreži sa 20 mobilnih čvorova. Iz tabele 3, poređenjem

prosečnih vrednosti propusnosti dobijenih kroz simulaciju za mrežu sa 20 mobilnih čvorova, možemo konstatovati da OLSR protokol rutiranja daje najveću propusnost, dok DSR u ovom simulacionom scenariju pruža najmanju propusnost. Propusnost kod AODV je veća u odnosu na TORA i DSR protokole rutiranja.

Tabela 3. Prosečne vrednosti propusnosti

Protokol rutiranja	Prosečne vrednosti propusnosti [bit/s] u mreži sa 10 mobilnih čvorova	Prosečne vrednosti propusnosti [bit/s] u mreži sa 20 mobilnih čvorova
AODV	14867,297	49563,013
DSR	13450,275	24018,942
OLSR	53504,017	253260,515
TORA	14249,146	37329,595

U slučaju mreže sa 10 mobilnih čvorova proaktivni OLSR protokol rutiranja omogućava veću propusnost u odnosu na reaktivne AODV, DSR i TORA protokole rutiranja koji imaju znatno nižu i međusobno ujednačenu propusnost. Osnovni razlog je stalna dostupnost puteva do odredišta zahvaljujući prirodi proaktivnih protokola rutiranja. Sa povećanjem broja mobilnih čvorova u mreži raste i vrednost propusnosti kod svih analiziranih protokola rutiranja. U mreži sa 20 mobilnih čvorova, na osnovu dobijenih propusnosti zaključujemo da OLSR protokol rutiranja i dalje ima najveću propusnost, dok DSR protokol rutiranja ima najmanju. Na osnovu dobijenih vrednosti, zaključujemo da TORA i AODV protokoli rutiranja omogućavaju nešto veću propusnost u odnosu na DSR protokol rutiranja.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena analiza performansi četiri protokola rutiranja u mobilnim ad hoc mrežama u Riverbed mrežnom simulatoru generisanjem konstantnog FTP (*High load*) saobraćaja unutar mreže. Komparativna analiza performansi protokola rutiranja izvršena je praćenjem kašnjenja i propusnosti u mreži. Rezultati simulacije pokazuju da OLSR protokol rutiranja daleko nadmašuje reaktivne AODV, DSR i TORA protokole rutiranja u oba scenarija. S obzirom da je OLSR proaktivni protokol rutiranja, putevi su lako i uvek

dostupni za saobraćaj. OLSR protokol rutiranja održava konzistentne putanje u mreži što za posledicu ima malo kašnjenje. Mala vrednost kašnjenja u mreži posledično dovodi do porasta propusnosti i obratno. Prilikom slanja paketa na odredište kod OLSR protokola rutiranja nema potrebe za otkrivanjem rute, jer se svi putevi već nalaze u tabelama rutiranja svakog čvora. Reaktivni AODV, DSR i TORA protokoli rutiranja moraju otkriti put pre slanja podataka, što unosi određeno kašnjenje prilikom slanja paketa podataka. Kod reaktivnih protokola rutiranja najbolje performanse pokazuje AODV, a najlošije DSR protokol rutiranja. Cena upotrebe OLSR protokola rutiranja uslovljena je činjenicom da svi čvorovi moraju stalno održavati informacije o celoj mreži. OLSR protokol rutiranja mora čuvati informacije o topologiji, informacije o MPR i mora konstantno ažurirati informacije o stanju veza i susednih čvorova. Sa porastom veličine mreže raste i količina generisanog kontrolnog saobraćaja, samim tim OLSR protokol rutiranja ostvaruje znatno veće mrežno opterećenje.

LITERATURA

- [1] Tepšić D., Veinović M., "Klasifikacija MANET protokola rutiranja", Vojnotehnički glasnik, Vol. LXIII, No. 1, str. 84-101, 2015.
- [2] Tepšić D., "Jedno unapređenje OLSR ruting protokola u mobilnim AD HOC mrežama", doktorska disertacija, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2013.
- [3] Baraković S., Kasapović S., Baraković J., "Analiza performansi protokola usmjeravanja u mobilnim ad hoc mrežama", 17. Telekomunikacioni forum TELFOR 2009, Beograd, novembar 24.-26., 2009.
- [4] Stefanović R., Pavlović B., "Sigurnost protokola rutiranja u ad hoc MANET mrežama i mogući napadi u mreži", Vojnotehnički glasnik, Vol. LXI, No. 2, str. 200-217, 2013.
- [5] Riverbed Modeler Academic Edition 17.5, [Online] <http://www.riverbed.com>, Posećeno 05.01.2016.

ПРИМЕНА ХИБРИДНИХ МЕРА У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА СЛИКЕ HYBRID-BASED MEASURES IN IMAGE QUALITY ASSESSMENT

Бобан Бонцулић¹, Ненад Стојановић², Јован Михајловић¹
Универзитет одбране у Београду, Војна академија¹
Војска Србије²

Садржај – У раду је анализирана могућност примене хибридних мера у објективној процени квалитета слика са потпуним референцирањем. Приказане су и анализирани три хибридне мере, изведене из вршног односа сигнал-шум, индекса структурне сличности и мере очувања контраста. На једној од јавно доступних база слика показано је да се коришћењем хибридних мера могу елиминисати недостаци изворних објективних мера, како на глобалном плану тако и на нивоу различитих класа слика.

Abstract – This paper presents a study of a hybrid-based objective image quality assessment with full-reference. Three hybrid measures have been presented and analysed. These measures are derived from peak signal to noise ratio, structural similarity index and contrast-based image quality assessment measures. Through tests on publicly available database, it was shown that using hybrid measures it is possible to eliminate disadvantages of primary objective measures, on global level and for variety of image classes.

1. УВОД

Бројни аутори наглашавају да не постоји објективна техника процене квалитета која ће бити употребљива у свим ситуацијама – за различите типове деградације, за различите степене деградације, за различите примене и сл. (универзална мера). Ово ограничење се може превазићи кроз комбиновање процена више објективних мера процене квалитета, тј. кроз хибридне моделе процене. Ове технике најчешће захтевају претходну анализу о могућности примене различитих мера процене у оквиру хибридног модела, као и анализу значаја погодних мера процене (кроз обучавање). Сложеност хибридних мера расте са повећањем броја техника уграђених у сам модел. И док се у неким хибридним техникама процене квалитета користи двадесетак мера процене, аутори из [1] су показали да се нелинеарном комбинацијом три мере процене могу добити задовољавајуће перформансе.

Сједињавање скорова може бити на локалном нивоу – нивоу пиксела или на глобалном нивоу – нивоу слика. Сједињавање локалних скорова очувања квалитета може се наћи у [2, 3]. У [2] се комбинују мапе квалитета индекса структурне сличности (*Structural Similarity Index*, SSIM) и S-CIELAB просторног колор модела, док се у [3] мапе квалитета SSIM мере двоструко пондеришу – са моделом хоризонталне осетљивости визуелног система човека (највећа осетљивост је за оријентације од 0 до 45°) и локалних спектралних резидуала (остатака).

Већина хибридних техника комбинује скорове квалитета различитих мера на глобалном нивоу [4-10]. У [4] се користи глобални хибридни

мултипликативни приступ (са две, три и четири објективне мере) за процену квалитета слика са вишеструком дисторзијом. Зависност перформанси од типа деградације је у [5] превазиђена тако што је најпре кроз линеарну дискриминантну анализу извршена класификација тест слике, а након тога је процена квалитета извршена најпогоднијом техником. У процесу класификације као обележја су коришћене вредности добијених објективних скорова квалитета по различитим техникама. Перформансе објективних мера процене значајно зависе и од опсега квалитета тест слика [6, 7]. На пример, SSIM и његово мултивеличинско проширење (*Multi-Scale SSIM*, MS-SSIM) су погодне за процену квалитетнијих слика док је VIF (*Visual Information Fidelity*) техника погодна за процену квалитета слика са већим степеном деградације. Аутори из [6, 7] су показали да се комбиновањем мера процене погодних за различите опсеге квалитета може добити значајно побољшање перформанси у односу на појединачне мере или актуелне објективне мере – SSIM, MS-SSIM и VIF. Интересантан начин комбиновања две различите технике процене презентован је у [8]. Глобалне вредности појединачних скорова представљају дводимензионално стање које се пресликава у процену визуелног квалитета. Првом мером се одређује губитак структурних информација док друга мера представља индикатор типа дисторзије тест слике.

Хибридне технике процене квалитета погодне су и код редукованог референцирања и процене квалитета без референцирања. Комбинацијом три мере дизајниране за мерење специфичних аспеката перцептуалног квалитета (блоковски ефекат, губитак просторних информација и промена контраста) уз адаптивни поступак пондерисања, у [9] је изведен композитни објективни скор квалитета са редукованим референцирањем, а који је погодан за предикцију субјективних импресија квалитета слика из различитих класа и широког опсега садржаја. Статистике слика природних сцена из три трансформациона домена су искоришћене у формирању објективне мере процене квалитета без референцирања [10]. Мера се користи за процену квалитета слика са четири типа дисторзије, а тачност предикције је у рангу мера са потпуним референцирањем.

У овом раду су анализирани могућности три хибридне мере процене квалитета настале од три изворне објективне мере. Сједињавање скорова објективних мера спроведено је на нивоу пиксела и на нивоу слика, у мултипликативном и адитивном облику.

Рад је организован тако да су у његовом другом делу описане изворне објективне мере. У трећем делу рада

описани су хибридни приступи, чија је примена на једној од јавно доступних база слика (са субјективним импресијама квалитета) анализирана у четвртном делу. Последњи, пети део рада, представља закључак са правцима даљег истраживања.

2. ИЗВОРНЕ ОБЈЕКТИВНЕ МЕРЕ ПРОЦЕНЕ КВАЛИТЕТА

Најчешће коришћене објективне мере за процену квалитета/дисторзије су средња квадратна грешка (*Mean Squared Error*, MSE), однос сигнал шум (*Signal to Noise Ratio*, SNR) и вршни однос сигнал шум (*Peak Signal to Noise Ratio*, PSNR), али су ове мере често критиковане јер не дају резултате који су у потпуности у складу са субјективним проценама [11]. Међутим, ове мере се и даље користе јер су једноставне за имплементацију, не зависе од услова под којима се процена спроводи, не зависе од посматрача и имају јасно физичко тумачење.

За процену квалитета слике \mathbf{D} , тј. за процену одступања слике \mathbf{D} од референтне слике \mathbf{R} , средња квадратна грешка, MSE, се дефинише као:

$$MSE(\mathbf{D}, \mathbf{R}) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (R(m, n) - D(m, n))^2 \quad (1)$$

Много погоднији за практичну примену је вршни однос сигнал-шум, PSNR, који се изражава у dB. За представу осветљености пиксела са p бита ($L=2^p$ нивоа сивог), вршни однос сигнал-шум је дат као:

$$PSNR(\mathbf{D}, \mathbf{R}) = 10 \log_{10} \frac{L^2}{MSE(\mathbf{D}, \mathbf{R})} \text{ [dB]} \quad (2)$$

где је L динамички опсег слике (типично [0,255]).

SSIM индекс је веома популаран алгоритам за процену квалитета слика [12]. Основна идеја која стоји иза SSIM технике је да су слике природних сцена веома структуриране и да је људско око осетљиво на структурне дисторзије.

Индекс описује квалитет поређењем локалних корелација осветљаја, контраста и структуре између референтне и тест слике. Нека су дати вектори \mathbf{x} и \mathbf{y} . SSIM индекс се добија као:

$$SSIM(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = l(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \cdot c(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \cdot s(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \cdot \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \cdot \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad (3)$$

Кроз $l(\mathbf{x}, \mathbf{y})$, $c(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ и $s(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ се пореде локална обележја – осветљај, контраст и структурна корелација, респективно. У претходном изразу, μ_x и μ_y су средње вредности вектора, σ_x^2 и σ_y^2 су варијансе вектора, а σ_{xy} је крос-корелација између \mathbf{x} и \mathbf{y} . Константе C_1 , C_2 и C_3 служе за стабилизацију SSIM када су средње вредности и варијансе мале. Често се користи поједностављена верзија SSIM ($C_3=C_2/2$):

$$SSIM(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \cdot \frac{2\sigma_{xy} + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (4)$$

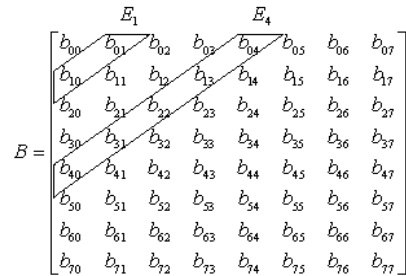
Константе C_1 и C_2 су дате са $C_1=(K_1L)^2$ и $C_2=(K_2L)^2$, где је L динамички опсег нивоа сивог пиксела (за 8-

битне слике $L=255$). K_1 и K_2 су константе чије су вредности мале тако да C_1 и C_2 имају утицаја само за $(\mu_x^2 + \mu_y^2)$ или $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)$ мало. Кроз експерименте у [12], вредности константи су постављене на $K_1=0.01$ и $K_2=0.03$.

У процени квалитета слика, делови референтне и тест слике представљају векторе \mathbf{x} и \mathbf{y} . Средња вредност локалних SSIM вредности слике даје крајњу меру квалитета.

Објективна процена квалитета слике из [13] је заснована на поређењу контраста изворне слике и слике са деградацијом. За одређивање контраста користи се дискретна косинусна трансформација (*Discrete Cosine Transform*, DCT). 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.

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 1 (први и четврти опсег су наглашени) и њих чине коефицијенти дуж дијагонала матрице.



Слика 1 – 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 [13]:

$$E_k = \frac{\sum_{i+j=k} |b_{i,j}|}{N} \quad (5)$$

при чему N представља број чланова унутар сваког од опсега и он се може одредити као:

$$N = \begin{cases} k+1, & k < 8 \\ 14-k+1, & k \geq 8 \end{cases} \quad (6)$$

Из релације (5) 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:

$$C_{i,j} = \frac{b_{i,j}}{\sum_{k=0}^{m-1} E_k} \quad (7)$$

где је m укупан број опсега (за поделу на блокове 8x8 пиксела $m=15$). На овај начин је извршена

нормализација DCT коeфицијената и нормализовани коeфицијенти $C_{i,j}$ имају вредности између -1 и 1.

Ако нормализоване DCT коeфицијенте свих блокова изворне слике обележимо са E_{or} , нормализоване коeфицијенте слике са деградацијом обележимо са E_{deg} , сличност две слике на глобалном плану (нивоу слика) може се одредити као:

$$C = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{2E_{or}(m,n)E_{deg}(m,n) + g}{E_{or}^2(m,n) + E_{deg}^2(m,n) + g} \quad (8)$$

где је g константа ($g=10^{-16}$) која служи за стабилизацију мере C када су нормализовани коeфицијенти једнаки нули.

Након поређења (8) добија се вредност C која представља квалитет слике са деградацијом и она може бити између -1 и 1. Слика са већом вредношћу C је бољег квалитета (сличнија изворној слици).

3. ХИБРИДНЕ МЕРЕ ПРОЦЕНЕ КВАЛИТЕТА

Полазећи од три претходно описане објективне мере процене квалитета, PSNR, SSIM и C , формиране су три хибридне мере процене квалитета, које ће бити обележене са H_1 , H_2 и H_3 (слика 2). Хибридне мере процене квалитета H_1 и H_2 добијају се сједињавањем информација о очувању квалитета на нивоу пиксела, док се хибридна мера H_3 добија сједињавањем информација о очувању квалитета на нивоу слика.

Хибридна мера процене квалитета H_1 добија се након множења локалних C и SSIM вредности квалитета, чиме се добија нова мапа квалитета $H_1(m,n)$, а чијим усредњавањем се добија крајња вредност квалитета. Како је динамички опсег локалних C и SSIM вредности $[-1,+1]$, пре множења извршено је линеарно пресликавање расположивог динамичког опсега на опсег $[0,1]$.

На сличан начин, хибридна мера H_2 се добија усредњавањем локалних вредности добијених множењем MSE/PSNR и C вредности. Како ниже вредности MSE говоре о бољем квалитету, а са друге стране бољем квалитету одговарају више вредности мере C , пре множења извршена је трансформација локалних вредности мере C којом је динамички опсег сведен на $[0,1]$, где вредност 0 одговара идеалном преносу, а вредност 1 потпуном губитку контраста. Након множења и сабирања локалних вредности квалитета, по узору на (2), прелази се на логаритамску размену и вредност квалитета изражава у dB.

Хибридна мера H_3 добија се сабирањем процена квалитета C и SSIM (добијених за ниво тест слике), где 50% значаја има сваки од изворних скорова.

Слика 2 илуструје приступе коришћене у процени квалитета. Приказане су изворна и тест слика, као и мапе локалне сличности/очувања информација по три изворне објективне мере. Додатно су приказане и мапе квалитета хибридних мера дефинисаних у мултипликативном облику на нивоу пиксела, H_1 и H_2 . На мапама квалитета светлији пиксели говоре о

бољем локалном квалитету. Мапа локалног квалитета очувања контраста, C , добија се одређивањем очувања контраста за блокове димензија 8×8 пиксела (коришћењем (8)), након чега се врши интерполација добијене мапе на димензије SSIM/MSE мапа.

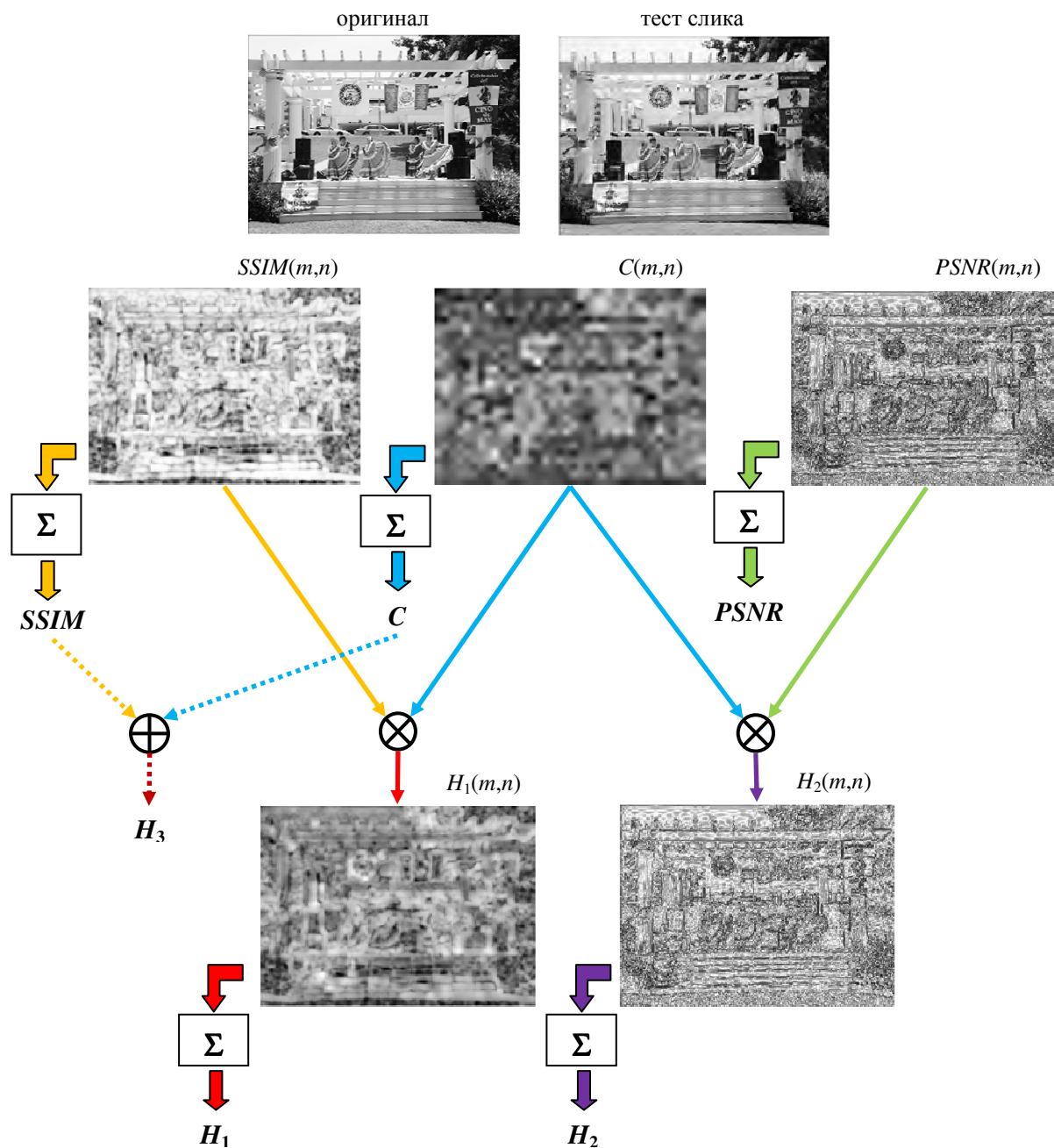
4. АНАЛИЗА МЕРА НА LIVE БАЗИ СЛИКА

LIVE база слика (*Laboratory for Image and Video Engineering*) се састоји од 982 колор слике. База слика је изведена од 29 изворних колор слика доброг квалитета и високе резолуције (углавном 512×768 пиксела). Сlike базе су добијене тако што су изворне слике деградирани коришћењем пет типова 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 замрљањем и симулацијом грешака у преносу JPEG2000 поворке бита коришћењем Рејлијевог (*Rayleigh*) модела канала са брзим федингем. Поред изворних слика и слика са деградацијама, доступни су и субјективни скорови квалитета који су дати у форми диференцијалних MOS скорова (*Differential Mean Opinion Score*, DMOS), где ниже вредности представљају бољи субјективни квалитет [14, 15].

Субјективне евалуације квалитета су упоређене са резултатима шест објективних мера – PSNR, SSIM, мере очувања контраста (C) и три предложене хибридне мере. Степени слагања субјективних и објективних евалуација приказани су у табелама 1, 2, 3 и 4 кроз корелацију скорова – линеарну корелацију (CC) и корелацију рангова (ROCC).

Табеле 1 и 2 дају упоредни приказ коeфицијената линеарне корелације (*Pearson*-ов коeфицијент корелације) и корелације рангова (*Spearman*-ов коeфицијент корелације) субјективних и објективних скорова квалитета, по класама слика и на глобалном плану – нивоу комплетне LIVE базе. Слично, у табелама 3 и 4 дат је упоредни приказ линеарне корелације и корелације рангова уколико се у објективној евалуацији квалитета користе слике у смањеној резолуцији (два пута смањене по ширини и висини – скала 2). У табелама су осенчене мере које по класама слика и на глобалном плану дају најбоље резултате. Додатно, у табелама су са знаком (+) обележене ситуације у којима постоји побољшање хибридне мере у односу на изворну објективну меру.

Поређењем резултата из табела 1 и 3 (односно резултата из табела 2 и 4) може се закључити да слагање субјективних и објективних скорова зависи од скале (величине, резолуције) у којој се одређују објективне вредности. Нарочито се истичу побољшања остварена на глобалном плану коришћењем мере C – коeфицијент линеарне корелације је радом у смањеној резолуцији повећан са 0.87 на 0.91, и побољшање на класи слика са Гаусовим замрљањем коришћењем SSIM мере – коeфицијент линеарне корелације је повећан са 0.87 на 0.92.



Слика 2 – Илустрација хибридних приступа коришћених у процени квалитета

Из табела 1-4 може се закључити да примена хибридних мера доприноси степену слагања субјективних и објективних скорова квалитета. Добитак зависи од избора објективних мера, типа деградације и начина сједињавања изворних скорова квалитета. У највећем броју случајева хибридне мере H_1 и H_3 које комбинују $SSIM$ и C скорове квалитета имају предност над хибридном мером H_2 , код које се комбинују $PSNR$ и C скорови. Изузетак су слике са Гаусовим шумом код којих је предност на страни мере H_2 јер је изворна $PSNR$ мера на овој класи достигла изузетно висок степен слагања са субјективним импресијама квалитета (већи од 98%). Такође, може се закључити да не постоји значајна разлика у перформансама хибридних мера H_1 и H_3 , код којих се комбинују у мултипликативном облику

локални скорови (H_1), односно у адитивном облику глобални скорови квалитета (H_3).

Предност хибридних приступа уочава се и на дијаграмима расипања приказаним на сликама 3 и 4 (динамички опсег свих мера је сведен на $[0,1]$). Дијаграми расипања мере C говоре да овој мери више одговарају тест слике лошијег квалитета (мање је расипање у простору субјективно-објективних скорова за мање вредности мере C него за веће вредности). Са друге стране, објективна мера $SSIM$ је погоднија за процену квалитетнијих тест слика. Комбиновањем $SSIM$ и C скорова квалитета (како на нивоу пиксела, тако и на нивоу слика) добија се уједначено расипање скорова у комплетном опсегу квалитета (дијаграми расипања мера H_1 и H_3).

Табела 1 – Коefицијенти линеарне корелације за слике LIVE базе у оригиналној резолуцији

CC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Замрљање	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8994	0.8879	0.9857	0.7845	0.8917	0.8706
C	0.9172	0.8997	0.9441	0.9520	0.9474	0.8710
SSIM	0.9409	0.9504	0.9695	0.8744	0.9429	0.9014
H ₁ (C _x SSIM)	0.9629 (++)	0.9559 (++)	0.9671 (+-)	0.9263 (-+)	0.9567 (++)	0.9130 (++)
H ₂ (PSNR _x C)	0.9289 (++)	0.9080 (++)	0.9882 (++)	0.8506 (+-)	0.9180 (+-)	0.8964 (++)
H ₃ (C+SSIM)	0.9632 (++)	0.9576 (++)	0.9657 (+-)	0.9356 (-+)	0.9573 (++)	0.9148 (++)

Табела 2 – Коefицијенти корелације рангова за слике LIVE базе у оригиналној резолуцији

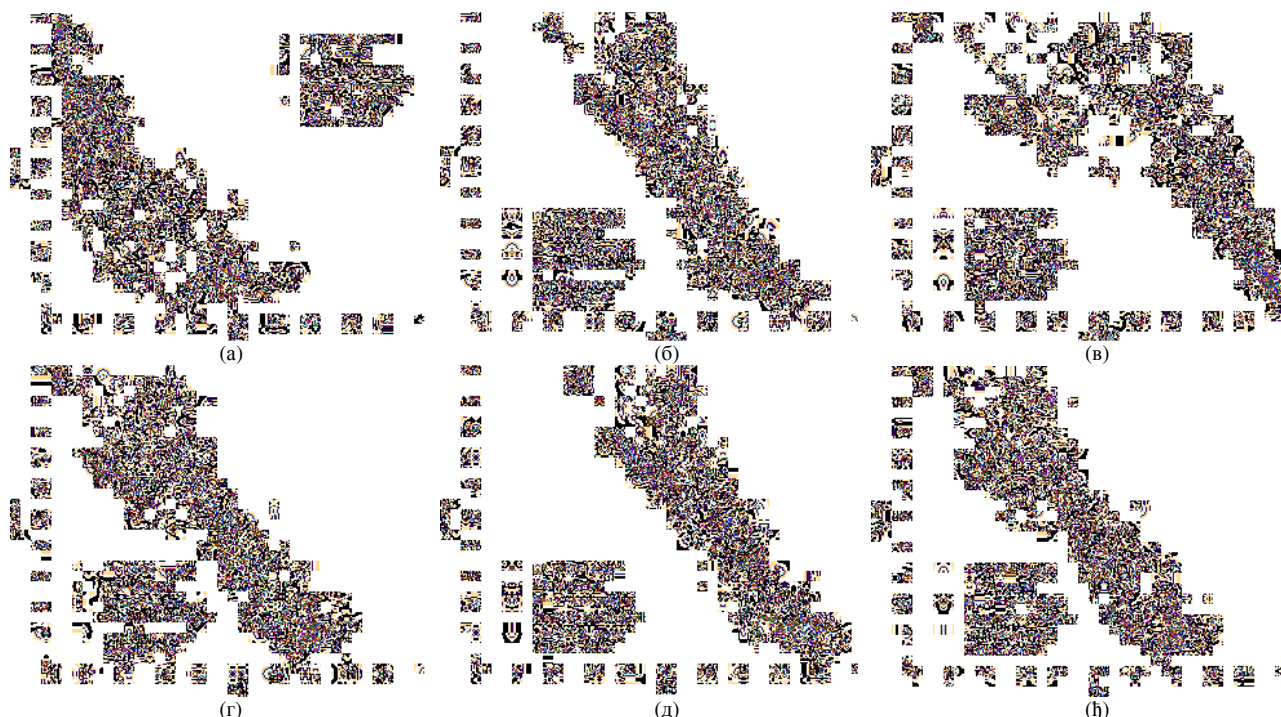
ROCC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Замрљање	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8953	0.8808	0.9853	0.7841	0.8934	0.8762
C	0.9087	0.9072	0.9211	0.9548	0.9410	0.8670
SSIM	0.9354	0.9450	0.9627	0.8946	0.9414	0.9104
H ₁ (C _x SSIM)	0.9566 (++)	0.9517 (++)	0.9553 (+-)	0.9498 (-+)	0.9478 (++)	0.9174 (++)
H ₂ (PSNR _x C)	0.9242 (++)	0.8996 (+-)	0.9869 (++)	0.8616 (+-)	0.9169 (+-)	0.9031 (++)
H ₃ (C+SSIM)	0.9570 (++)	0.9531 (++)	0.9514 (+-)	0.9564 (++)	0.9467 (++)	0.9183 (++)

Табела 3 – Коefицијенти линеарне корелације за слике LIVE базе у смањеној резолуцији

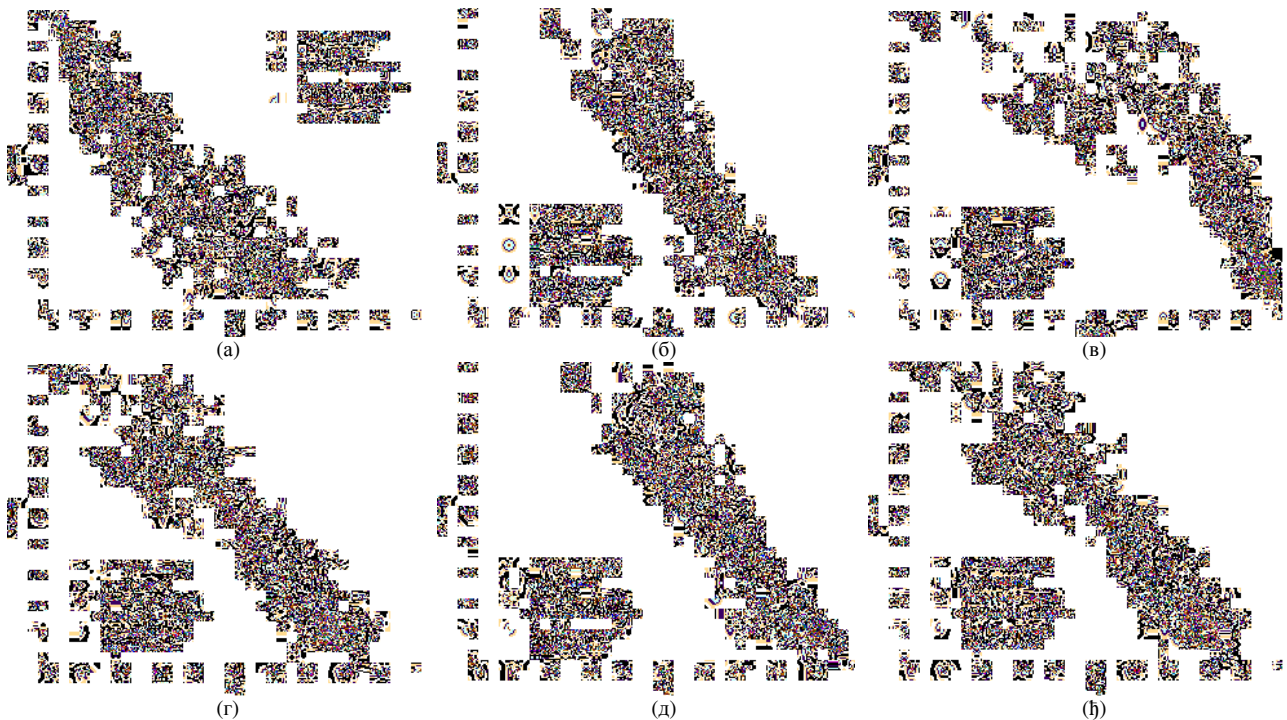
CC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Замрљање	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8818	0.8882	0.9857	0.7841	0.8641	0.8612
C	0.8996	0.9191	0.9447	0.9500	0.9540	0.9072
SSIM	0.9451	0.9689	0.9682	0.9188	0.9470	0.9118
H ₁ (C _x SSIM)	0.9621 (++)	0.9692 (++)	0.9656 (+-)	0.9597 (++)	0.9680 (++)	0.9250 (++)
H ₂ (PSNR _x C)	0.9303 (++)	0.9378 (++)	0.9890 (++)	0.8865 (+-)	0.9131 (+-)	0.9043 (+-)
H ₃ (C+SSIM)	0.9581 (++)	0.9651 (+-)	0.9629 (+-)	0.9626 (++)	0.9683 (++)	0.9248 (++)

Табела 4 – Коefицијенти корелације рангова за слике LIVE базе у смањеној резолуцији

ROCC	JPEG2000	JPEG	Гаусов шум	Замрљање	Брзи фединг	Укупно
PSNR	0.8800	0.8810	0.9855	0.7856	0.8643	0.8612
C	0.8905	0.9200	0.9192	0.9411	0.9383	0.9013
SSIM	0.9393	0.9658	0.9584	0.9222	0.9422	0.9198
H ₁ (C _x SSIM)	0.9553 (++)	0.9644 (+-)	0.9501 (+-)	0.9648 (++)	0.9557 (++)	0.9283 (++)
H ₂ (PSNR _x C)	0.9248 (++)	0.9300 (++)	0.9878 (++)	0.8958 (+-)	0.9104 (+-)	0.9114 (++)
H ₃ (C+SSIM)	0.9505 (++)	0.9588 (+-)	0.9440 (+-)	0.9637 (++)	0.9538 (++)	0.9261 (++)



Слика 3 – Дијаграми расипања субјективних (DMOS) и објективних скорова квалитета на LIVE бази слика (у објективној процени користе се слике оригиналне резолуције)



Слика 4 – Дијаграми расипања субјективних (DMOS) и објективних скорова квалитета на LIVE бази слика (у објективној процени користе се слике смањене резолуције)

5. ЗАКЉУЧАК

У раду су анализирани три хибридне мере процене квалитета настале сједињавањем скорова квалитета вршног односа сигнал-шум, индекса структурне сличности и мере очувања контраста. Сједињавање је рађено на нивоу пиксела (у мултипликативној форми) и на нивоу слика (у адитивном облику).

Кроз поређење са субјективним импресијама квалитета на једној од јавно доступних база слика показано је да се хибридном техникама процене квалитета могу елиминисати недостаци изворних мера процене, односно повећати слагање субјективних импресија и објективних евалуација квалитета. Коришћењем хибридне мера процене остварен је добитак, како на глобалном нивоу, тако и на нивоу појединачних класа слика.

Изворне и хибридне мере процене тестиране су на изворним сликама и на сликама у смањеној резолуцији. Показано је да успех објективних мера процене квалитета зависи од скале (величине, резолуције) у којој се ради.

У даљем раду потребно је анализирати могућности хибридне приступа коришћењем више изворних објективних мера процене квалитета. Хибридне приступе потребно је тестирати на нивоу пиксела, региона и слика, уз анализу успешности мултипликативних и адитивних форми сједињавања.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Liu T.-J., Lin W., Kuo C.-C., "Image quality assessment using multi-method fusion", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 22, No. 5, pp. 1793-1807, 2013.
 [2] Bianco S., Ciocca G., Marini F., Schettini R., "Image quality assessment by preprocessing and full reference model combination", *Proc. SPIE 7242, IS&T/SPIE Electronic Imaging*, Paper No. 72420O, 2009.

[3] Ma L., Li S., Ngan K.N., "Visual horizontal effect for image quality assessment", *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 17, No. 7, pp. 627-630, 2010.
 [4] Okarma K., "Quality assessment of images with multiple distortions using combined metrics", *Elektronika ir Elektrotechnika*, Vol. 20, No. 6, pp. 128-131, 2014.
 [5] Chetouani A., Beghdadi A., Deriche M., "A hybrid system for distortion classification and image quality evaluation", *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 27, No. 9, pp. 948-960, 2012.
 [6] Zhang Q., Han Y., Cai Y., "Novel full-reference image quality assessment metric based on entropy fusion", *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, Vol. 124, No. 21, pp. 5149-5153, 2013.
 [7] Gu K., Zhai G., Yang X., Zhang W., "A new psychovisual paradigm for image quality assessment: From differentiating distortion types to discriminating quality conditions", *Signal, Image and Video Processing (SIViP)*, Vol. 7, No. 3, pp. 423-436, 2013.
 [8] Capodiferro L., Jacovitti G., Di Claudio E.D., "Two-dimensional approach to full-reference image quality assessment based on positional structural information", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 21, No. 2, pp. 505-516, 2012.
 [9] Barri A., Doods A., Jansen B., Schelkens P., "A locally adaptive system for the fusion of objective quality measures", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 23, No. 6, pp. 2446-2458, 2014.
 [10] Shen J., Li Q., Erlebacher G., "Hybrid no-reference natural image quality assessment of noisy, blurry, JPEG2000 and JPEG images", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 20, No. 8, pp. 2089-2098, 2011.
 [11] 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.
 [12] 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.
 [13] Стојановић Н., Бонцулић Б., Миклуц Д., "Процена квалитета слике анализом промене контраста", *XXI научна и бизнис конференција YU INFO 2015, Зборник радова*, стр. 200-205, Копаник, 08.-11. март, 2015.
 [14] 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.
 [15] Sheikh H.R., Wang Z., Cormack L., Bovik A.C., "LIVE image quality assessment database release 2", <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>

ANALIZA UTICAJA KOEFICIJENTA INDUKTIVNE SPREGE NA KARAKTERISTIKE ANALOGNOG KVADRATURNOG DETEKTORA ANALYSIS OF COEFFICIENT INDUCTION COUPLING INFLUENCE AT THE CHARACTERISTICS OF ANALOGUE QUADRATURE DETECTOR

Goran Dikić¹, Ljubiša Tomić²,
Vojna akademija, Univerzitet odbrane¹
Tehnički opitni centar, Vojska Srbije²

Sadržaj – U ovom radu analiziran je uticaj vrednosti koeficijenta induktivne sprege u mostu za pomeranje faze signala lokalnog oscilatora na kvalitet analognog kvadraturnog detektora.

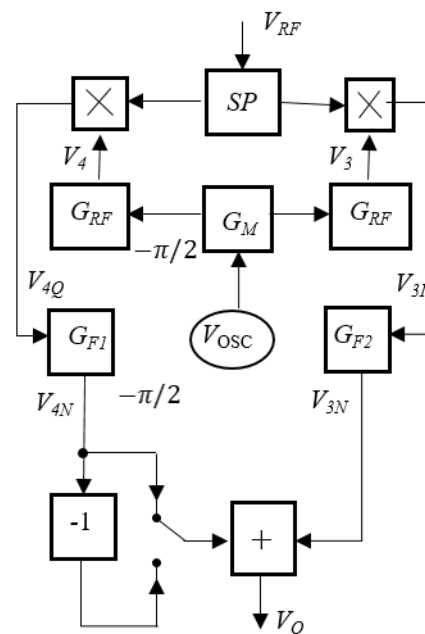
Abstract - This paper presents the influence of inductance coupling coefficient within the bridge for phase shift of local oscillator's signal on quality of analogue quadrature detector.

1. UVOD

Savremeni super-heterodinski radio prijemnici građeni su, vrlo često, tako da imaju dve među-frekvencije. Napredak u oblasti tehnologije proizvodnje elektronskih kola kao i razvoj algoritama u oblasti digitalne obrade signala omogućili su realizaciju jednostavnih prijemnika, kod kojih se prijemni signal, odmah nakon mešanja sa signalom lokalnog oscilatora, prebacuje u izvorni, niskofrekventni, spektar. S obzirom da, pri tome, izostaje obrada signala na odgovarajućoj među-frekvenciji takavi prijemnici sreću se u literaturi pod nazivima kvadraturni, direktni ili homodini [1]. Pri tome se prijemni signal najpre razlaže na signale koji su međusobno pomereni za $\pi/2$ radijana pa se zato ovi prijemnici sreću i pod nazivom kvadraturni. Ovo razlaganje ostvaruje se odvojenim mešanjem prijemnog signala sa signalima lokalnog oscilatora koji su upravo fazno pomereni za ovaj iznos.

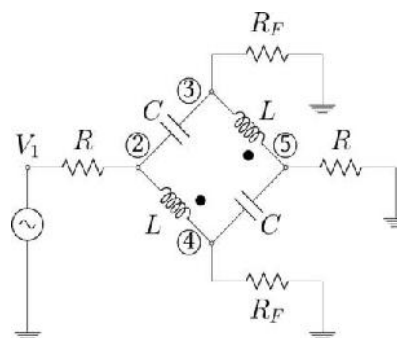
2. OPIS PROBLEMA

Slika 1 prikazuje strukturu kvadraturnog detektora. Signal na ulazu, V_{RF} , dovodi se preko razdelnika energije (splitera - SP) na kola za mešanje sa signalima V_3 i V_4 koji su dobijeni propuštanjem signala lokalnog oscilatora V_{OSC} kroz kolo za pomeranje faze G_M , a potom kroz niskopropusne filtere G_{RF} . Na ovaj način obezbeđuje se da signal V_4 bude fazno pomeren za $-\pi/2$ radijana u odnosu na signal V_3 . Pri tome niskopropusni filteri G_{RF} obezbeđuju potiskivanje viših harmonika signala V_{OSC} . Prolaskom kroz mešače signal korisne informacije pojavljuje se u niskofrekventnom spektru kao V_{4Q} i V_{3I} . Pri tome je V_{4Q} fazno pomeren u odnosu na V_{3I} za iznos od od $-\pi/2$ radijana. Dodatno fazno kašnjenje signala V_{4Q} od $-\pi/2$ radijana u odnosu na signal V_{3I} obezbeđuje se filterima G_{F1} i G_{F2} u niskofrekventnom spektru signala.



Slika 1. Struktura kvadraturnog detektora

Zavisno od toga da li se signali na izlazu niskofrekventnih filtera V_{4N} i V_{3N} sabiraju ili oduzimaju obezbeđuje se potiskivanje jednog od signala koji su simetrično raspoređeni u odnosu na frekvenciju lokalnog oscilatora. Pri tome je neophodno obezbediti što bolju simetriju kola G_M čija je šema prikazana na slici 2. Otpornici R_F pri tome, predstavljaju ulazne impedanse filtera G_{RF} i pretpostavlja se da su u cilju optimalnog prenosa signala njihove vrednosti usklađene sa vrednošću ulaznog otpora R sistema. Vrednosti svih komponenta u sklopovima G_M , G_{F1} i G_{F2} usvojene su u skladu sa konkretnom realizacijom detektora opisanom u [2] i [3].



Slika 2. Šema električnog kola za pomeranje faze

3. MATEMATIČKI MODEL

Modeliranje električnog kola na slici 2 treba započeti opisom induktivno spregnutih grana. Magnetski tokovi samoindukcije i međuindukcije, u konkretnom slučaju, potpomažu se pa za napone u čvorovima električnog kola i pripadajuće struje važe jednačine:

$$v_2(t) - v_4(t) = L \frac{di_{24}(t)}{dt} + M \frac{di_{35}(t)}{dt} \quad (1)$$

$$v_3(t) - v_5(t) = L \frac{di_{35}(t)}{dt} + M \frac{di_{24}(t)}{dt} \quad (2)$$

$$i_{24}(t) = (v_1(t) - v_2(t)) \frac{1}{R} - (v_2(t) - v_3(t)) \frac{1}{x_c} \quad (3)$$

$$i_{35}(t) = v_5 \frac{1}{R} - (v_4(t) - v_5(t)) x \frac{1}{x_c} \quad (4)$$

Indeksi u oznakama struja predstavljaju naponske čvorove povezane strujnom granom kroz koju protiče konkretna struja. Induktivnosti u ovim granama imaju iste vrednosti pa je međuinduktivnost $M = kL$. Pri tome je k koeficijent induktivne sprege, a x_c impedansa kondenzatora C .

Primenom Laplasove transformacije, uz pretpostavku nultih početnih uslova, prethodne jednačine postaju

$$V_2(s) - V_4(s) = LsI_{24}(s) + kLsI_{35}(s) \quad (5)$$

$$V_3(s) - V_5(s) = LsI_{35}(s) + kLsI_{24}(s) \quad (6)$$

$$RI_{24}(s) = (V_1(s) - V_2(s)) - (V_2(s) - V_3(s))sCR \quad (7)$$

$$RI_{35}(s) = V_5(s) - (V_4(s) - V_5(s))sCR \quad (8)$$

Ukoliko se preformulišu desne strane jednačina (5) i (6)

$$V_2(s) - V_4(s) = \frac{L}{R} sRI_{24}(s) + k \frac{L}{R} sRI_{35}(s) \quad (9)$$

$$V_3(s) - V_5(s) = \frac{L}{R} sRI_{35}(s) + k \frac{L}{R} sRI_{24}(s) \quad (10)$$

nakon uvođenja smena $L/R = T_L$ i $CR = T_C$ na osnovu jednačina (7) – (10) dobija se sistem jednačina

$$V_2(s) - V_4(s) = T_L s[V_1(s) - (T_C s + 1)V_2(s) + T_C s V_3(s)] + k T_L s[(T_C s + 1)V_5(s) - T_C s V_4(s)] \quad (11)$$

$$V_3(s) - V_5(s) = k T_L s[V_1(s) - (T_C s + 1)V_2(s) + T_C s V_3(s)] + T_L s[(T_C s + 1)V_5(s) - T_C s V_4(s)] \quad (12)$$

Interesuju nas naponi V_3 , V_4 pa je neophodno eliminisati napone V_2 i V_5 iz jednačina (11) i (12). Kako je

$$V_5(s) = R(I_{35}(s) + I_{24}(s) - I_{40}(s)) \quad (13)$$

na osnovu jednačina (7) i (8) kao i činjenice da je $RI_{40}(s) = V_4(s)$ dobija se

$$-\frac{(T_C s + 1)}{T_C s} V_2(s) + V_5(s) = \frac{(T_C s + 1)}{T_C s} V_4(s) - V_3(s) - \frac{1}{T_C s} V_1(s) \quad (14)$$

Imajući u vidu da je

$$V_2(s) = V_3(s) + (V_3(s) \frac{1}{R} + I_{35}(s)) \frac{1}{C s} \quad (15)$$

sledi jednakost

$$V_2(s) - \frac{(T_C s + 1)}{T_C s} V_3(s) = \frac{(T_C s + 1)}{T_C s} V_3(s) - V_4(s) \quad (16)$$

Na osnovu sistema jednačina (14) i (16) moguće je odrediti napone

$$V_2(s) = \frac{T_C s + 1}{2T_C s + 1} V_1(s) - V_4(s) \quad (17)$$

$$V_5(s) = \frac{T_C s}{2T_C s + 1} V_1(s) - V_3(s) \quad (18)$$

Sada se na osnovu (11), (12), (17) i (18) dobija sistem jednačina u matricnoj formi

$$\begin{bmatrix} P_a(s) & P_b(s) \\ P_b(s) & P_a(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_4 \\ V_3 \end{bmatrix} = \frac{V_1}{2T_C s + 1} \begin{bmatrix} P_c(s) \\ P_d(s) \end{bmatrix} \quad (19)$$

Pri tome su $P_a(s)$, $P_b(s)$, $P_c(s)$ i $P_d(s)$ polinomi

$$P_a(s) = (1 - k)T_L T_C s^2 + T_L s + 2 \quad (20)$$

$$P_b(s) = (1 - k)T_L T_C s^2 - k T_L s \quad (21)$$

$$P_c(s) = (1 - k)T_L T_C s^3 - k T_L T_C s^2 + T_C s + 1 \quad (22)$$

$$P_d(s) = T_C s[(1 - k)T_L T_C s^2 + T_L s + 1] \quad (23)$$

Traženi naponi dobijaju se u matricnom obliku

$$\begin{bmatrix} V_4(s) \\ V_3(s) \end{bmatrix} = \frac{V_1(s)}{2T_C s + 1} \begin{bmatrix} P_a(s) & P_b(s) \\ P_b(s) & P_a(s) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_c(s) \\ P_d(s) \end{bmatrix} \quad (24)$$

na osnovu kojeg se, konačno, mogu odrediti odgovarajuće funkcije prenosa

$$\frac{V_4(s)}{V_1(s)} = \frac{P_a(s)P_c(s) - P_b(s)P_d(s)}{(2T_C s + 1)(P_a^2(s) - P_b^2(s))} \quad (25)$$

$$\frac{V_3(s)}{V_1(s)} = \frac{P_a(s)P_d(s) - P_b(s)P_c(s)}{(2T_C s + 1)(P_a^2(s) - P_b^2(s))} \quad (26)$$

U slučaju kada je vrednost koeficijenta induktivne sprege $k = 1$ navedene funkcije prenosa opisane su jednačinama

$$\frac{V_4(s)}{V_1(s)} = \frac{(T_L + 2T_C)s + 2}{4[2T_L T_C s^2 + (T_L + 2T_C)s + 1]} \quad (27)$$

$$\frac{V_3(s)}{V_1(s)} = \frac{(T_L + 2T_C)s \left[4 \frac{T_L T_C}{T_L + 2T_C} s + 1 \right]}{4[2T_L T_C s^2 + (T_L + 2T_C)s + 1]} \quad (28)$$

Funkcija prenosa $V_3(s)/V_1(s)$ poseduje dodatnu nulu u odnosu na funkciju prenosa $V_4(s)/V_1(s)$ što uslovljava postojanje dodatne fazne razlike od $\pi/2$ radijana, na svim frekvencijama, u njihovim karakteristikama. Dodatna fazna razlika od $\pi/2$ radijana, obezbeđena je filterima koji su modelirani funkcijama prenosa

$$G_{F1} = \frac{V_{4Q}(s)}{V_{4N}(s)} = \frac{(a_1s-1)(a_2s-1)(a_3s-1)}{(a_1s+1)(a_2s+1)(a_3s+1)} \quad (29)$$

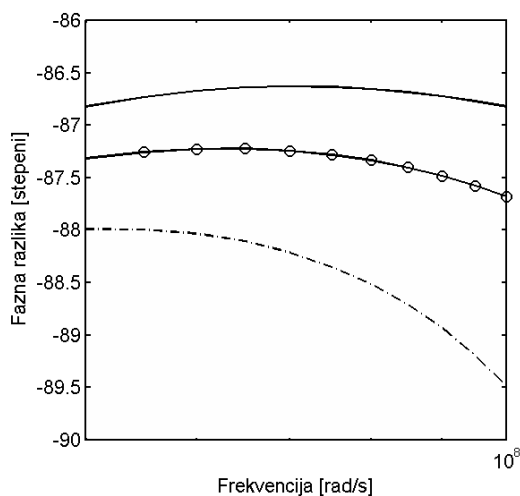
$$G_{F2} = \frac{V_{3I}(s)}{V_{3N}(s)} = \frac{(b_1s-1)(b_2s-1)(b_3s-1)}{(b_1s+1)(b_2s+1)(b_3s+1)} \quad (30)$$

Obe funkcije prenosa sadrže po tri para nula i polova koji su, u kompleksnoj ravni, raspoređeni simetrično u odnosu na imaginarnu os. Pri tome svaki par unosi fazni pomak od 0 do π radijana i ne utiče na promenu nivoa signala. Adekvatnim izborom vrednosti vremenskih konstanti a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 i b_3 ostvaruje se potrebna fazna razlika od $\pi/2$ radijana između signala V_{3N} i V_{4N} u delu spektra niskofrekventnog signala koji je od interesa za prenos potrebne informacije.

4. REZULTATI SIMULACIJA

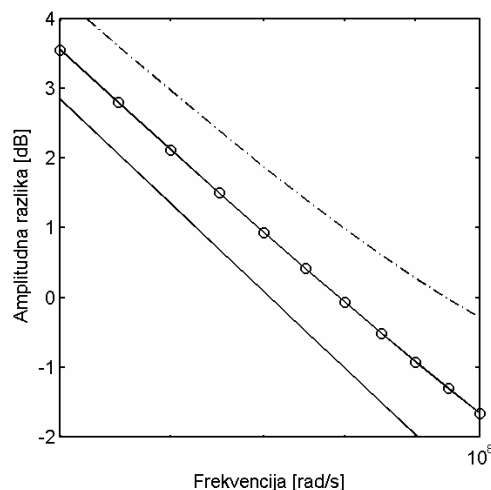
Pri opisu električnog kola na slici 2 pretpostavljaju se vrednosti $R=50\Omega$, $L=0,5 \cdot 10^{-6}$ H i $C=100 \cdot 10^{-12}$ F. S obzirom na postojanje jednog ulaza i dva izlaza analiza uticaja vrednosti koeficijenta induktivne sprege k na oblik faznih i amplitudnih karakteristika zasniva se na poznavanju funkcija prenosa opisanih jednačinama (25) i (26). Pri opisu funkcija prenosa niskopropusnih filtera usvojeno je $[a_1 \ a_2 \ a_3]=10^{-6} [15 \ 113 \ 511]$ K Ω za G_{F2} i $[b_1 \ b_2 \ b_3]=10^{-6} [52,3 \ 232 \ 1752,3]$ K Ω za G_{F1} .

Dijagrami na slikama 3 – 8 dobijeni su u MATLAB® programskom okruženju. Slika 3 prikazuje faznu razliku signala V_3 i V_4 u zavisnosti od promene vrednosti koeficijenta k . Očigledno, njegovim smanjivanjem odstupanje fazne razlike u odnosu na potrebnu vrednost $-\pi/2$ radijana postaje manje, ali gradijent ove promene postaje veći.



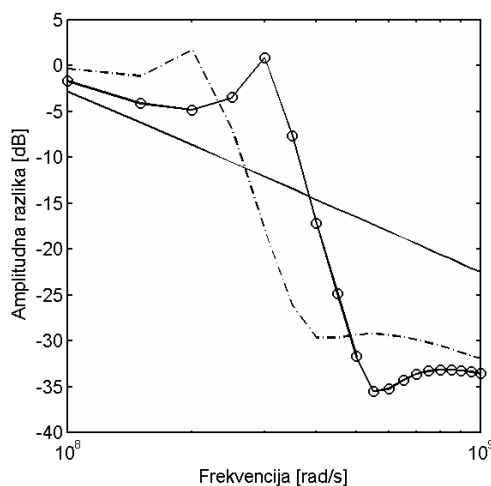
Slika 3. Fazna razlika signala V_3 i V_4 u zavisnosti od vrednosti koeficijenta induktivne sprege: $k=1$ puna linija, $k=0,9$ označeno markerom \circ , $k=0,8$ označeno isprekidanom linijom.

Slik 4 prikazuje amplitudnu razliku signala V_3 i V_4 u zavisnosti od promene vrednosti koeficijenta induktivne sprege k . Smanjivanjem ovog koeficijenta odgovarajuće karakteristike pomeraju se na gore, a frekvencija na kojoj su amplitude oba signala jednake pomera se u desno, odnosno postaje viša.



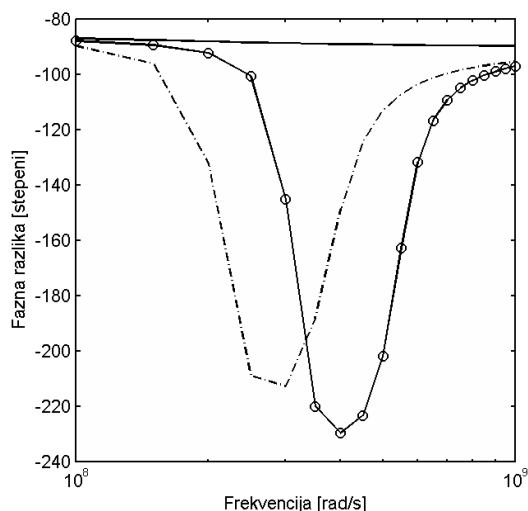
Slika 4. Amplitudna razlika signala V_3 i V_4 , u VF delu spektra, u zavisnosti od vrednosti koeficijenta induktivne sprege: $k=1$ puna linija, $k=0,9$ označeno markerom \circ , $k=0,8$ označeno isprekidanom linijom.

Slika 5 prikazuje amplitudnu razliku signala V_3 i V_4 , u susednoj, višoj dekadi visokofrekventnog spektra, u zavisnosti od vrednosti koeficijenta induktivne sprege. Smanjenjem koeficijenta sprege amplitudne karakteristike poprimaju nelinearna obeležja uz pojavu lokalnog minimuma i maksimuma u čijoj okolini postoji značajno odstupanje faznog pomaka od vrednosti $-\pi/2$ radijana.



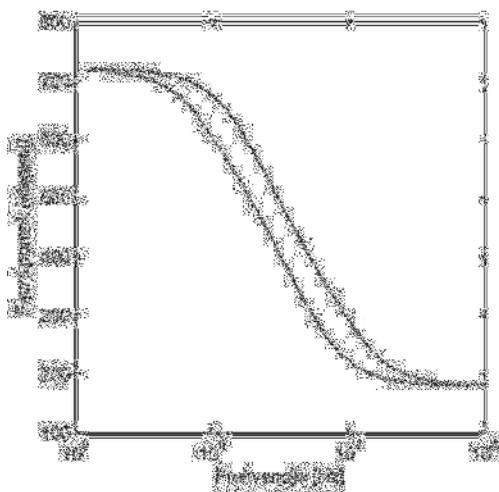
Slika 5. Amplitudna razlika signala V_3 i V_4 , u susednoj višoj dekadi VF dela spektra, u zavisnosti od vrednosti koeficijenta induktivne sprege: $k=1$ puna linija, $k=0,9$ označeno markerom \circ , $k=0,8$ označeno isprekidanom linijom.

Ovo se jasno uočava na slici 6 koja prikazuje faznu razliku signala V_3 i V_4 , u susjednoj višoj dekadi VF dela spektra, u zavisnosti od vrednosti koeficijenta induktivne sprege.



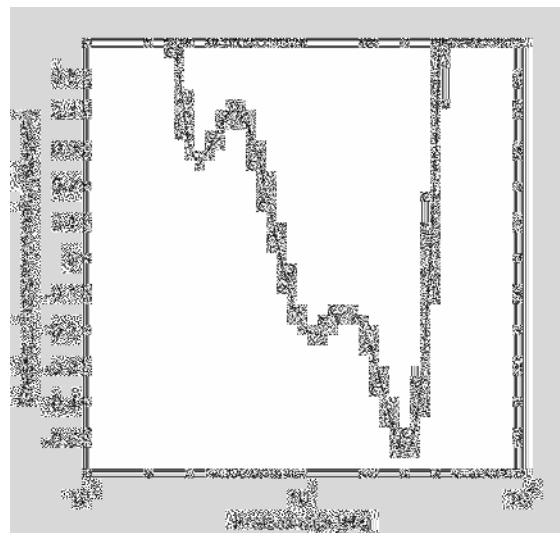
Slika 6. Fazna razlika signala V_3 i V_4 , u susjednoj višoj dekadi VF dela spektra, u zavisnosti od vrednosti koeficijenta induktivne sprege: $k=1$ puna linija, $k=0,9$ označeno markerom \circ , $k=0,8$ označeno isprekidanom linijom.

Slika 7 prikazuje fazne karakteristike odgovarajućih niskopropusnih filtera G_{F1} i G_{F2} . Lako se uočava da među njima postoji približno konstantna fazna razlika od $\pi/2$ radijana u opsegu od 200 Hz do $4 \cdot 10^3$ Hz.



Slika 7 Fazni pomaci signala V_{3N} (puna linija) i V_{4N} (isprekidana linija)

Slika 8 prikazuje odstupanje faznog pomaka signala V_{4N} u odnosu na signal V_{3N} od vrednosti $\pi/2$ radijana. Kao što se vidi ovo odstupanje u odnosu na zahtevanu vrednost od $\pi/2$ radijana nije veće od $\pm 0,6$ stepeni u ovom opsegu.



Slika 8. Odstupanje fazne razlike signala V_{4N} i V_{3N} u odnosu na zahtevanu vrednost $\pi/2$ radijana.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih dijagrama vidi se da nepostojanje idealne induktivne sprege koju karakteriše vrednost $k=1$ smanjuje odstupanje fazne razlike od zahtevane vrednosti $-\pi/2$ radijana, ali neznatno proširuje opseg njegove promene. S obzirom na pogoršanje amplitudnih i faznih karakteristika koje se uočava pri manjim vrednostima koeficijenta induktivne sprege na frekvencijama višim od frekvencije određene amplitudnom razlikom od 0 dB neophodno je, u svakoj grani, obezbediti postojanje odgovarajućeg niskopropusnog filtera kako bi se potisnuli eventualni viši harmonici. U tom smislu preporučljivo je primeniti mešače prstenastog tipa jer svojom konstrukcijom obezbeđuju dobro potiskivanje drugog, najjačeg, harmonika. Amplitudna razlika signala može se kompenzirati uvođenjem dodatnog pojačanja u grani sa slabijim signalom.

Odstupanja koja nastaju u niskofrekventnom delu sistema koji je opisan funkcijama prenosa G_{F1} i G_{F2} su u prihvatljivim granicama. Međutim, treba imati u vidu da mogu nastati dodatna odstupanja u pogledu potiskivanja neželjenog signala koja nastaju zbog tolerancijskih odstupanja u vrednostima elektronskih komponenata pa treba obratiti posebnu pažnju pri njihovom odabiru tokom praktične realizacije konkretnih električnih kola.

LITERATURA

- [1] Ivo M. Kostić, Radiotehnički sklopovi i arhitekture, Pergamena, Podgorica, 1996.
- [2] Rick Campbell, "High Performance Single Signal Direct Conversion Receiver", QST, pp 32-40, Jan. 1993.
- [3] Rick Campbell, "A Multimode Phasing Exciter for 1 to 500 MHz", QST, pp 27-31, Apr. 1993.

PRAĆENJE POKRETNIH OBJEKATA PRIMENOM INDEKSA STRUKTURNE SLIČNOSTI VIDEO OBJECT TRACKING USING STRUCTURAL SIMILARITY INDEX

Jovan Mihajlović, Boban Bondžulić

Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija

Sadržaj – U ovom radu opisan je pristup praćenja pokretnih objekata primenom indeksa strukturne sličnosti (SSIM indeks). SSIM indeks daje vizuelnu i numeričku procenu sličnosti dve slike pomoću vrednosti prostorne korelacije koja se sastoji od tri komponente: osvetljaja, kontrasta i strukture. U radu je opisan SSIM indeks, opisan je algoritam pretraživanja i sprovedeni su testovi praćenja na realnim video sekvencama.

Abstract – This paper describes an approach for video object tracking using structural similarity index (SSIM index). SSIM index is an algorithm that provides a visual and numerical assessment of the similarity of the two images by using spatial correlation values consisting of three components: luminance, contrast and structure. A theoretical analysis of the SSIM index is shown, as well as pseudocode of the proposed tracking algorithm. Additionally, tracking object tests have been performed.

1. UVOD

Praćenje pokretnih objekata je veoma bitno u sistemima video nadzora, kao što su nadzor saobraćajnica, javnih mesta (tržni centri, parkinzi, ...), industrijskih postrojenja, državnih i vojnih ustanova. Objekti praćenja se često nalaze u uslovima koji utiču na efikasnost praćenja, kao što su smanjena vidljivost, senka i prisustvo objekata sličnih boja u pozadini. Sposobnost da se objekat praćenja detektuje i prati u složenim uslovima zavisi i od načina na koji se on predstavlja, odnosno posmatra [1].

Primeri često korišćenog načina predstavljanja objekta praćenja kao regiona od interesa su kroz histograme boja [2, 3] i histogram ivica [4]. Ovakav način predstavljanja objekta je robusniji i izdržljiviji na rotaciju i promenu oblika objekta. Sa druge strane on u potpunosti odbacuje prostornu informaciju o slici.

Prostorne informacije, tj. informacije o strukturi objekta se mogu uzeti u obzir primenom indeksa strukturne sličnosti (Structural Similarity Index, SSIM) [5]. Ova mera sličnosti je izvorno razvijana za potrebe procene kvaliteta slika, tj. za poređenje izvorne slike i njene degradacije-modifikacije. U osnovi SSIM mere je poređenje lokalnog osvetljaja, kontrasta i strukture.

Indeks strukturne sličnosti je korišćen za procenu kvaliteta kolor slika [6], procenu kvaliteta videa [7], multisenzorsko sjedinjavanje slika [8], tj. za rešavanje problema kompjuterske vizije [9, 10]. Brza implementacija SSIM tehnike može se naći u [11], dok se implementacije u transformacionim domenima mogu naći u [12, 13]. Odnos između SSIM i srednje kvadratne greške (Mean Squared Error, MSE) je analiziran u [14],

dok su mogućnosti SSIM-a naglašeni kroz teoretska razmatranja i aplikacije u [15].

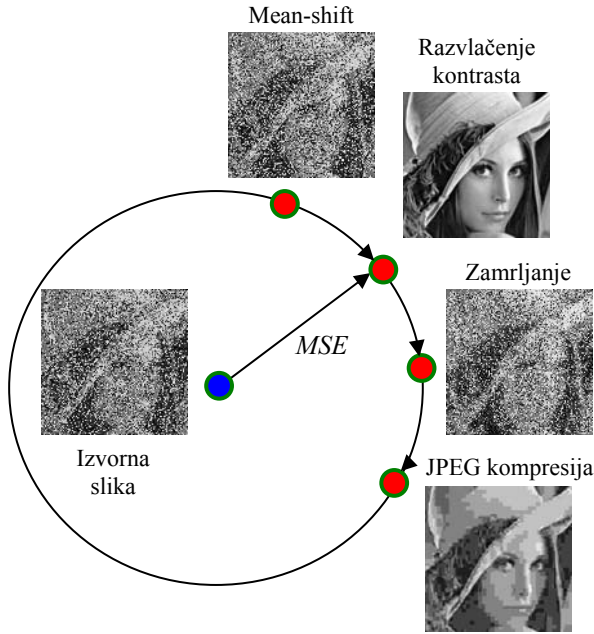
Takođe, indeks strukturne sličnosti je korišćen za potrebe detekcije i praćenja objekata u [16, 17]. Autori iz [16] su modifikovali indeks strukturne sličnosti da bi se koristio kao mera prisustva klatera na slici. Kroz eksperimentalne rezultate pokazano je da je predložena mera u dobroj korelaciji sa verovatnoćom detekcije ciljeva izvedenom iz subjektivnih testova. Za potrebe praćenja indeks strukturne sličnosti je nadovezan na partikalni filter (Particle Filter, PF) u [17]. Pokazano je da se performanse PF filtra značajno popravljaju ukoliko se umesto konvencionalnih mera sličnosti zasnovanih na histogramu (kao što je Bhattacharyya distanca) koristi indeks strukturne sličnosti. Predstavljeni algoritam praćenja pokazao se kao robusan na promene osvetljaja objekta praćenja i pozadine. Autori su pokazali da je praćenje objekata korišćenjem strukturnih informacija pouzdanije od praćenja na bazi boja u situacijama kada se pojavljuju kamuflirani objekti ili kad nema dovoljnog odstupanja boje objekta od boje pozadine.

U ovom radu su analizirane mogućnosti primene indeksa strukturne sličnosti u praćenju pokretnih objekata, ali bez kombinovanja sa procesom filtracije kao u [17].

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom delu rada opisane su najvažnije teorijske postavke o indeksu strukturne sličnosti. U trećem delu opisan je predloženi algoritam praćenja, koji je testiran u četvrtom delu kroz praćenje pokretnih objekata u šest realnih video sekvenci. Najbitniji zaključci i pravci daljeg rada dati su u poslednjem, petom delu rada.

2. INDEKS STRUKTURNE SLIČNOSTI

Indeks strukturne sličnosti je pomerio procenu kvaliteta sa nivoa piksela na nivo strukture [5, 18]. U pozadini ove mere je nova filozofija u proceni kvaliteta slike i videa: *Osnovna funkcija ljudskog oka je izdvajanje strukturnih informacija iz vidnog polja i ljudski vizuelni sistem je prilagođen ovom zahtevu. Zbog toga će se merenjem strukturnih informacija dobiti dobra aproksimacija sličnosti dve slike* [5, 18]. Razlika/sličnost slika se posmatra kao (vizuelno primetni) gubitak informacija o strukturi, za razliku od tradicionalnih pristupa kod kojih se posmatra razlika intenziteta na nivou piksela (srednja kvadratna greška, odnos signal/šum (SNR), vršni odnos signal/šum (PSNR)). Prednost ovog pristupa ilustrovana je kroz primer sa Slike 1, gde su prikazane izvorna slika i njene četiri modifikacije, nastale promenom osvetljaja, razvlačenjem kontrasta, zamrljanjem i kompresijom.



Slika 1. Izvorna slika „Lena“ njene modifikacije nastale: pomeranjem srednjeg nivoa sivog (mean-shift), razvlačenjem kontrasta, zamrljanjem i JPEG kompresijom

Prikazane slike imaju značajne razlike u pogledu vizuelnog kvaliteta a istu vrednost MSE. Kroz razliku intenziteta veoma teško se može objasniti zašto se razvlačenjem kontrasta dobija slika dobrog subjektivnog kvaliteta, odnosno zašto je subjektivna razlika u odnosu na referentnu sliku veoma mala. To je lako razumeti sa novom filozofijom jer su skoro sve strukturne informacije očuvane, čak se kroz inverznu linearnu transformaciju originalne informacije mogu vratiti (osim u veoma tamnim ili svetlim regionima). Sa druge strane strukturne informacije izvorne slike su nepovratno izgubljene u JPEG komprimovanoj slici i slici sa zamrljanjem, pa se za njih mora dobiti i manja vrednost kvaliteta (sličnosti) nego kod slike sa modifikacijom kontrasta.

Neka su \mathbf{x} i \mathbf{y} dva nenegativna signala slike i jedan od njih predstavlja referentni signal koji je odličnog kvaliteta. Indeks strukturne sličnosti opisuje kvalitet slike poređenjem lokalnih sličnosti osvetljaja (luminanse) – $l(\mathbf{x}, \mathbf{y})$, kontrasta – $c(\mathbf{x}, \mathbf{y})$, i strukture dva signala – $s(\mathbf{x}, \mathbf{y})$:

$$l(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad (1)$$

$$c(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (2)$$

$$s(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad (3)$$

gde su $C_1=(K_1L)^2$, $C_2=(K_2L)^2$ i $C_3=C_2/2$ konstante, L je dinamički opseg vrednosti piksela (za 8-bitne slike $L=255$), a $K_1=0.01$ i $K_2=0.03$ [5]. Konstante C_1 , C_2 i C_3 obezbeđuju stabilnost kada se imenilac približi nuli. Simboli μ , σ i σ_{xy} označavaju srednju vrednost, standardnu devijaciju i kovarijansu signala \mathbf{x} i \mathbf{y} , respektivno:

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \mu_y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (4)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2, \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \mu_y)^2 \quad (5)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad (6)$$

Srednja vrednost i standardna devijacija signala se posmatraju kao procene osvetljaja i kontrasta signala. Kovarijansa se može posmatrati kao mera nelinearne promene jednog signala u odnosu na drugi sa kojim se poredi, tj. ona govori o očuvanju strukture objekata na slici.

Sličnost signala \mathbf{x} i \mathbf{y} se dobija kombinujući mere sličnosti (1)-(3):

$$SSIM(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = [l(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^\alpha [c(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^\beta [s(\mathbf{x}, \mathbf{y})]^\gamma = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (7)$$

gde su $\alpha > 0$, $\beta > 0$ i $\gamma > 0$ parametri kojima se podešava relativni značaj triju komponenata. U radovima koji koriste SSIM meru standardne vrednosti ova tri parametra su $\alpha=\beta=\gamma=1$ [19].

Treba imati u vidu da su tri člana koji čine SSIM indeks međusobno nezavisna jer prva dva člana zavise od osvetljaja i kontrasta slika koje se porede, respektivno, i potpuna promena osvetljaja ili kontrasta bilo koje slike nema uticaja na treći član.

U proceni kvaliteta slika SSIM vrednosti se određuju u prozoru koji se pomera piksel po piksel od gornjeg levog dela slike do donjeg desnog. Na ovaj način se dobija mapa SSIM vrednosti, koja se može posmatrati kao mapa kvaliteta slike koja se procenjuje. Sličnost slika se određuje kao srednja vrednost mape kvaliteta i dobija se srednji SSIM indeks koji daje jednu vrednost kvaliteta za čitavu sliku:

$$SSIM(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i) \quad (8)$$

gde su \mathbf{X} i \mathbf{Y} referentna i test slika, respektivno, \mathbf{x}_i i \mathbf{y}_i delovi slika u i -tom prozoru i N broj prozora.

Za procenu kvaliteta slike je uvedena kružno-simetrična 11×11 Gausova funkcija težine, sa standardnom devijacijom 1,5 piksela. Na ovaj način mapa kvaliteta ima osobinu lokalne izotropije.

Ukoliko je jedan signal slike koji se poredi odličnog kvaliteta, tada SSIM indeks daje kvantitativnu meru kvaliteta drugog signala slike, tj. služi kao pokazatelj sličnosti ta dva signala.

SSIM indeks ima vrednosti u intervalu $[-1, 1]$ (SSIM=1 ako je $\mathbf{x}=\mathbf{y}$), pri čemu veće SSIM vrednosti govore o većoj sličnosti signala.

Još jedna prednost SSIM indeksa je ta što su tri normalizovane komponente, (1)-(3), osjetljivije na relativnu, a manje na apsolutnu razliku slika [5], što ga čini pogodnijim za korišćenje u algoritmima za video praćenje objekata u različitim uslovima.

3. ALGORITAM PRAĆENJA POKRETNOG OBJEKTA PRIMENOM SSIM INDEKSA

Predloženi algoritam praćenja pokretnih objekata pomoću SSIM indeksa realizovan je u programskom paketu *Matlab* i predstavljen je u Tabeli 1. Na početku procesa praćenja vrši se ručna selekcija regiona od interesa (objekta praćenja). Kroz ovakav način inicijalizacije praćenja iz početnog kadra vrši se isecanje i pamćenje slike selektovane oblasti (*img_o*). Selektovana oblast opisana je pozicijom gornjeg levog ugla (koordinate x i y), visinom h i širinom w . U narednim frejmovima vrši se poređenje slike objekta praćenja sa isečcima iz frejma (korišćenjem SSIM mere) i određuje pozicija maksimalne sličnosti. U Tabeli 1 prva *for* petlja odnosi se na redni broj frejma praćenja (promenljiva *bf*). Određivanje sličnosti se može sprovoditi na isečcima iz kompletnog frejma. Međutim, kako je pomeraj objekta između susjednih kadrova konačan, razumno je smanjiti region pretraživanja, tj. izabrati ga da bude u okolini pozicije cilja iz prethodnog frejma. Dimenzije regiona pretraživanja definišu se pomoću promenljive k iz Tabele 1, tj. dimenzija regiona pretraživanja je $(2k+1) \times (2k+1)$ piksela. Pretraživanje se vrši po obe ose, što je dato sa dve druge *for* petlje iz Tabele 1. Za svaki pomeraj, odnosno isečak (*img_p*), određuje se vrednost sličnosti (SSIM) između tekućeg isečka i slike cilja, pri čemu se koordinate cilja ažuriraju sa porastom vrednosti SSIM (*if* uslov).

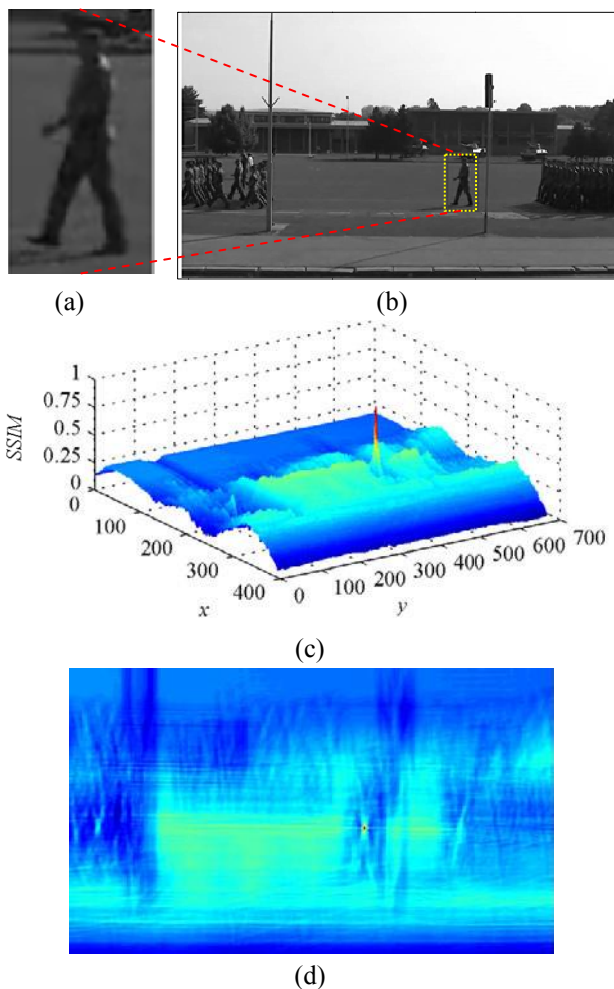
Tabela 1. Predloženi SSIM algoritam praćenja

Ulazni podaci: (x,y,h,w) - koordinate objekta praćenja, njegova širina i visina
Izlazni podaci: sekvenca sa obeleženim objektom praćenja

- **SSIM_p** = -1 /početna vrednost SSIM/
- **FOR bf = 1:ubf /ubf** - ukupni broj frejmova/
 - **FOR iy= x-k : x+k /k** definiše region pretraživanja/
 - * **FOR ix= y-k : y+k**
 - ♦ **SSIM(img_o,img_p)** /img_o-selektovani objekat praćenja, img_p-region sa koordinatama iz FOR petlji/
 - ♦ **IF SSIM ≥ SSIM_p**
 - pamte se koordinate sa najvećim SSIM indeksom
 - **SSIM_p = SSIM**
 - ♦ **END IF**
 - * **END FOR**
 - **END FOR**
- Iscrtavanje granica regiona od interesa
- **END FOR**

Konstantu k treba odrediti tako da se objekat praćenja nađe unutar regiona pretraživanja. Ova konstanta može se sračunati na osnovu očekivanih brzina cilja, daljina na kojima se planira rad sistema praćenja i karakteristika senzora koji se koristi.

Koraci koji se sprovode u toku procesa praćenja ilustrovani su na Slici 2. Na Slici 2(a) prikazana je slika cilja (objekta praćenja), dok je na Slici 2(b) obeležen tekući region od interesa, tj. region koji ima maksimalnu sličnost sa slikom cilja. Na slikama 2(c) i 2(d) prikazane su mape sličnosti slike cilja i kompletnog tekućeg frejma (samo ilustracije radi – region pretraživanja je značajno manji), i to u 3D i 2D prostoru. U oba prikaza uočava se izražen maksimum sličnosti slike cilja sa delom tekućeg frejma.



Slika 2. (a) slika cilja, (b) tekući frejm sa obeleženim regionom maksimalne sličnosti sa slikom cilja, (c) mapa sličnosti tekućeg frejma i slike cilja u 3D prostoru i (d) mapa sličnosti tekućeg frejma i slike cilja u 2D prostoru

4. REZULTATI PRAĆENJA PRIMENOM SSIM INDEKSA

Mogućnosti praćenja primenom indeksa strukturne sličnosti su u radu ilustrovane kroz praćenje pokretnih objekata u šest realnih video sekvenci. Pri tome su analizirani rezultati praćenja čoveka, ciljeva na moru i

cilja u vazдушnom prostoru. Jedna od analiziranih video sekvenci dobijena je termovizijskom kamerom.

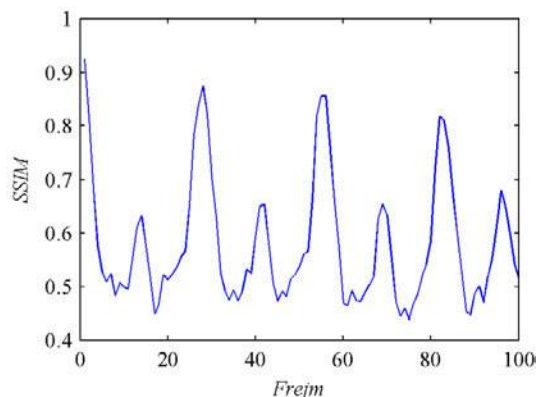
Na Slici 3 prikazani su ilustrativni frejmovi video sekvenci u kojima se prati kretanje čoveka – redni brojevi frejmova ispisani su na slikama. Rezultati praćenja prikazani su kroz obeležavanje regiona od interesa (crveni pravougaonici na slikama). Dodatno, pošto su snimci dobijeni nepokretnom kamerom, preko poslednjeg analiziranog frejma sekvence zelenom isprekidanom linijom prikazana je trajektorija kretanja cilja tokom sesije praćenja. Maksimalne vrednosti SSIM indeksa slike cilja i isečaka analiziranih video sekvenci date su u Tabeli 2.

Tabela 2. Maksimalne vrednosti sličnosti slike cilja i isečaka video sekvenci (SSIM indeks) sa Slike 3

Sekvenca	SSIM po izabranim frejmovima			
	1.	2.	3.	4.
<i>uvežbavanje.avi</i> (dimenzija cilja je 48x87 piksela)	0,932	0,527	0,794	0,566
<i>parking.avi</i> (dimenzija cilja je 45x106 piksela)	0,299	0,276	0,131	0,228
<i>parking IC.avi</i> (dimenzija cilja je 45x106 piksela)	0,627	0,504	0,359	0,384

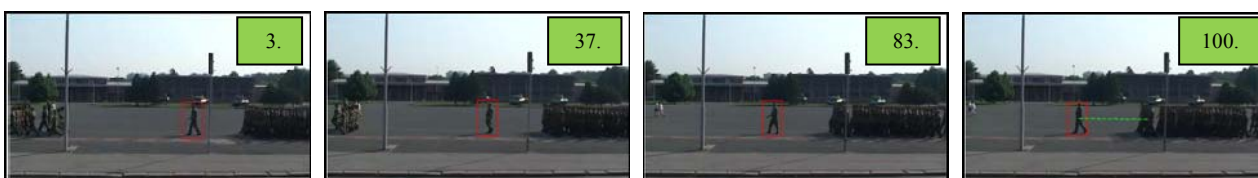
Primer praćenja sa Slike 3(a) (sekvenca *uvežbavanje.avi*), prikazuje svečani ešalon kadeta sa komandantom ešalona koji se kreće ispred njih. Objekat od interesa (komandant ešalona) pokretima ruku i nogu menja površinu i oblik u odnosu na prvobitnu selektovanu oblast. Zbog periodičnog kretanja ekstremiteta postoji i periodična promena SSIM indeksa tokom sesije praćenja – Slika 4.

Za vreme sesije praćenja komandant ešalona napravio je osam koraka što se vidi i kroz osam istaknutih maksimuma SSIM krive sa Slike 4. Kako se pozadina oko cilja ne menja značajno, promena vrednosti SSIM indeksa nastaje zbog promene oblika/strukture cilja.

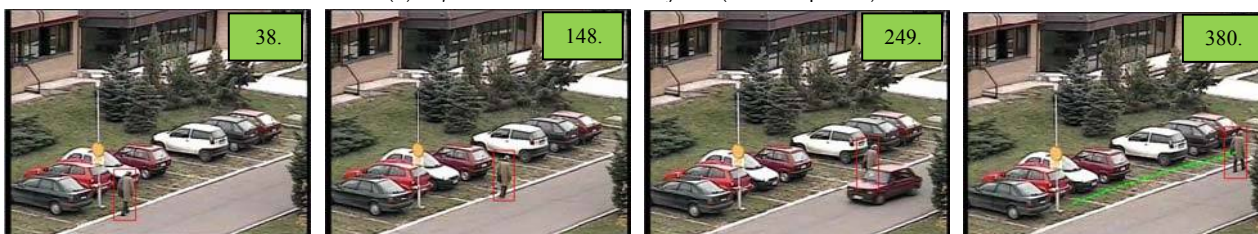


Slika 4. Promena SSIM indeksa tokom praćenja cilja iz sekvence *uvežbavanje.avi* (primer sa Slike 3(a))

U sekvencama *parking.avi* i *parking IC.avi* prati se kretanje čoveka duž parkinga (Slika 3(b) i Slika 3(c)). U pitanju su televizijska i termovizijska sekvence iste scene. Tokom kretanja dolazi do mimoilaženja cilja od interesa sa vozilom (oko 250. frejma). Kako je tokom mimoilaženja deo cilja skriven, došlo je do pada SSIM vrednosti (Tabela 2). Frejmovi sekvenci su prostorno i vremenski usaglašeni (registrovani), pa je interesantno posmatrati dobijene pozicije cilja tokom sesije praćenja iz oba kanala. Na Slici 5 prikazane su x (horizontalna osa) i y (vertikalna osa) koordinate cilja od interesa tokom sesije praćenja. Uočava se dobra saglasnost dobijenih koordinata iz jednog i drugog kanala.



(a) frejmovi sekvence *uvežbavanje.avi* (720x480 piksela)

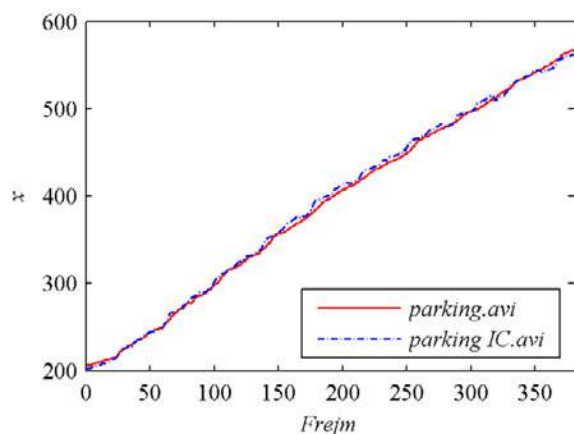


(b) frejmovi sekvence *parking.avi* (640x480 piksela)

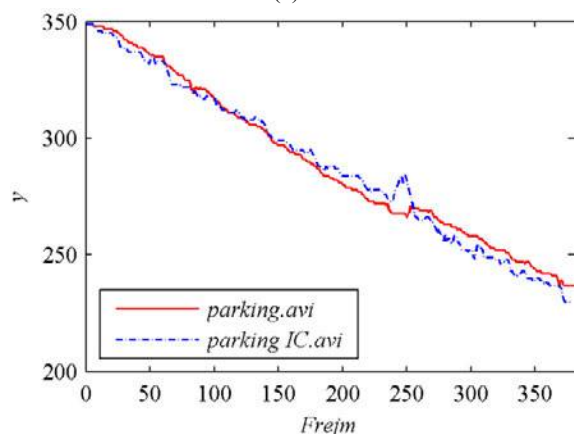


(c) frejmovi sekvence *parking IC.avi* (640x480 piksela)

Slika 3. Prikazi ilustrativnih frejmova sa rezultatima praćenja – prati se kretanje čoveka



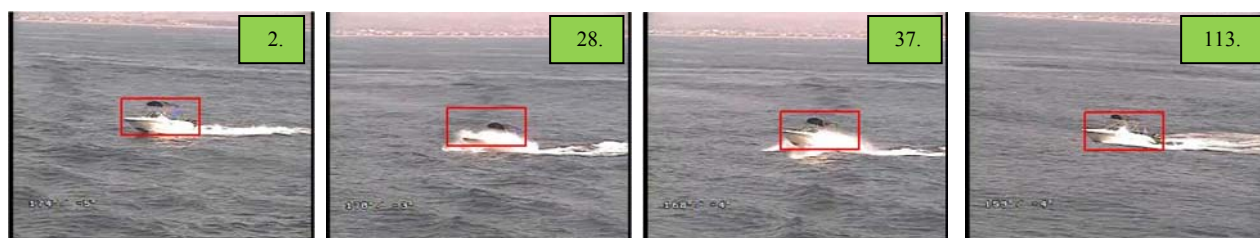
(a)



(b)

Slika 5. Pozicija cilja tokom sesije praćenja u televizijskom i termovizijskom kanalu: (a) pozicija duž horizontalne ose i (b) pozicija duž vertikalne ose

Na Slici 6 prikazani su ilustrativni frejmovi sa rezultatima praćenja ciljeva na moru. Analizirane sekvence *gliser.avi* i *brodic.avi* preuzete su iz [20]. Sekvence su dobijene sa pokretnih senzora, a u njima se cilj od interesa brzo kreće.

(a) frejmovi sekvence *gliser.avi* (320x240 piksela)(b) frejmovi sekvence *brodic.avi* (320x240 piksela)

Slika 6. Prikazi ilustrativnih frejmova sa rezultatima praćenja ciljeva na moru

Maksimalne vrednosti SSIM indeksa slike cilja i isečaka analiziranih video sekvenci date su u Tabeli 3.

Tabela 3. Maksimalne vrednosti sličnosti slike cilja i isečaka video sekvenci (SSIM indeks) sa Slike 6

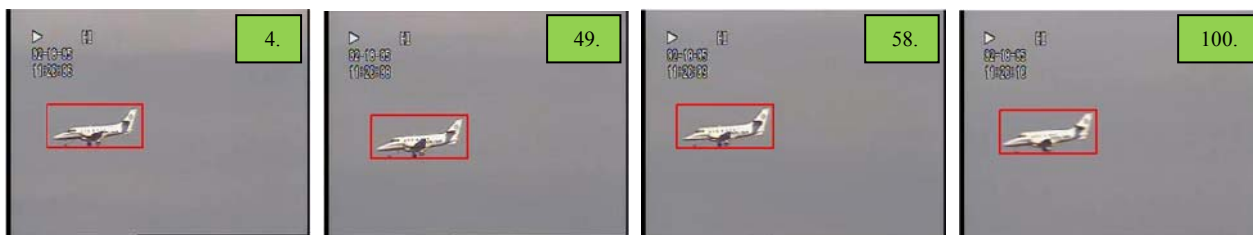
Sekvenca	SSIM po izabranim frejmovima			
	1.	2.	3.	4.
<i>gliser.avi</i> (dimenzija cilja je 93x50 piksela)	0,576	0,181	0,225	0,224
<i>brodic.avi</i> (dimenzija cilja je 65x26 piksela)	0,713	0,742	0,526	0,675

U slučaju praćenja cilja sa Slike 6(a), vrednosti SSIM indeksa tokom sesije praćenja su veoma male (Tabela 3). To je posledica zaranjanja/izranjanja cilja i bacanja talasa ispred i iza cilja, što značajno narušava oblik cilja od interesa. Pri praćenju cilja sa Slike 6(b) najmanje vrednosti SSIM indeksa dobijaju se prilikom mimoilaženja cilja od interesa sa jedrilicom.

Ilustrativni frejmovi sa rezultatima praćenja cilja u vazduhu prikazani su na Slici 7, dok su rezultati sličnosti isečaka izabranih kadrova i cilja od interesa dati u Tabeli 4. Analizirana je sekvenca *let.avi*, koja je takođe preuzeta iz [20]. Uočava se da je vrednost sličnosti najmanja za četvrti izabrani frejm, u kome zbog brzog kretanja kamere postoji zamrljanje slike.

Tabela 4. Maksimalne vrednosti sličnosti slike cilja i isečaka video sekvenci (SSIM indeks) sa Slike 7

Sekvenca	SSIM po izabranim frejmovima			
	1.	2.	3.	4.
<i>let.avi</i> (dimenzija cilja je 101x46 piksela)	0,925	0,828	0,821	0,711



Slika 7. Prikazi ilustrativnih frejmova sa rezultatima praćenja cilja u vazduhu (sekvenca *let.avi* – 320x240 piksela)

5. ZAKLJUČAK

U radu su analizirane mogućnosti primene indeksa strukturne sličnosti u praćenju pokretnih objekata. Analiza je sprovedena na šest realnih sekvenci, u kojima se prate kretanja čoveka, ciljeva na moru i cilja u vazduhu. Jedna od analiziranih sekvenci dobijena je termovizijskom kamerom, dok su preostale sekvence dobijene kamerama koje rade u vidljivom delu elektromagnetnog spektra. Ciljevi od interesa ispraćeni su u svim sesijama praćenja.

Indeks strukturne sličnosti je pokazao izvestan stepen robusnosti jer je ispunio svoju funkciju praćenja i u situacijama kada postoje promene nivoa sivog pozadine, brza kretanja cilja, delimično zaklanjanje cilja, zamrljanja slike i maskiranje cilja vodenim talasom.

U daljem radu potrebno je raditi na ažuriranju slike cilja tokom vremena, a kako bi se prilagodilo promenama dimenzija i oblika cilja tokom sesije praćenja (približavanje/udaljavanje i manevri cilja). Takođe, u planu je da se analizira uticaj svake od komponenti indeksa, a sve sa ciljem smanjenja broja računskih operacija kako bi se radilo u realnom vremenu.

LITERATURA

- [1] A. Yilmaz, O. Javed, and M. Shah, "Object tracking: a survey," *ACM Comput. Surv.*, vol. 38, no. 4, 2006.
- [2] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 5, pp. 603–619, 2002.
- [3] K. Nummiaro, E.B. Koller-Meier, and L. van Gool, "A color-based particle filter," in *Proc. of 1st Intl. Workshop on Generative-Model-Based Vision GMBV'02*, pp. 53–60, 2002.
- [4] P. Brasnett, L. Mihaylova, D. Bull, and N. Canagarajah, "Sequential Monte Carlo tracking by fusing multiple cues in video sequences," *Image Vision Comput.*, vol. 25, no. 8, pp. 1217–1227, 2007.
- [5] Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, and E.P. Simoncelli, "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600–612, 2004.
- [6] A. Toet and M.P. Lucassen, "A new universal colour image fidelity metric," *Displays*, vol. 24, pp. 197–207, 2003.
- [7] Z. Wang, L. Lu, and A.C. Bovik, "Video quality assessment based on structural distortion measurement," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 19, no. 2, pp. 121–132, 2004.
- [8] G. Piella and H. Heijmans, "A new quality metric for image fusion," *Proc. Int. Conf. Image Proc.*, vol. 3, pp. 173–176, 2003.
- [9] Z. Wang, "Applications of objective image quality assessment methods," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 28, no. 6, pp. 137–142, 2011.
- [10] Z. Wang and A.C. Bovik, "Mean squared error: love it or leave it? A new look at signal fidelity measures," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 26, no. 1, pp. 98–117, 2009.
- [11] M.-J. Chen and A.C. Bovik, "Fast structural similarity index algorithm," *J. Real-Time Image Pr.*, vol. 6, no. 4, pp. 281–287, 2011.
- [12] C.-L. Yang, W.-R. Gao, and L.-M. Po, "Discrete wavelet transform-based structural similarity for image quality assessment," *Proc. Int. Conf. Image Proc.*, pp. 377–380, 2008.
- [13] M.P. Sampat, Z. Wang, S. Gupta, A.C. Bovik, and M.K. Markey, "Complex wavelet structural similarity: a new image similarity index," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 18, no. 11, pp. 2385–2401, 2009.
- [14] R. Dosselman and X.D. Yang, "A comprehensive assessment of the structural similarity index," *Signal Image Video P.*, vol. 5, no. 1, pp. 81–91, 2011.
- [15] D. Brunet, E.R. Vrscay, and Z. Wang, "On the mathematical properties of the structural similarity index," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, no. 4, pp. 1488–1499, 2012.
- [16] H. Chang and J. Zhang, "New metrics for clutter affecting human target acquisition," *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 42, no. 1, pp. 361–368, 2006.
- [17] A. Loza, L. Mihaylova, D. R. Bull, and C. N. Canagarajah, "Structural similarity-based object tracking in multimodality surveillance videos," *Machine Vision and Applications*, vol. 20, no. 2, pp. 71–83, 2009.
- [18] Z. Wang and A.C. Bovik, "A universal image quality index," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 9, no. 3, pp. 81–84, 2002.
- [19] B. Bondzulich and V. Petrovic, "Additive models and separable pooling, a new look at structural similarity," *Signal Processing*, vol. 97, no. 4, pp. 110–116, 2014.
- [20] <http://www.perceptivu.com/PerceptiVU.html>

PRISTUP EFIKASNOM STRUKTURANJU VIRTUELNIH RAČUNARSKIH MODELA TOKOM RAZVOJA KOMPLEKSNIH MAŠINSKIH KONSTRUKCIJA

APPROACH TO EFFECTIVE STRUCTURING OF VIRTUAL CAD MODEL DURING DEVELOPMENT OF COMPLEX MECHANICAL STRUCTURES

Zoran Vasić¹

¹Vojnotehnički institut, Beograd, Ministarstvo odbrane RS

Sadržaj – Savremene CAD softverske aplikacije su značajno napredovale i imaju velike mogućnosti koje se, uz pravilnu i organizovanu upotrebu, mogu iskoristiti u punom svom obimu i mogućnostima. Pravilna i efikasna upotreba CAD softverskih aplikacija podrazumeva poštovanje određenih pravila u organizaciji trodimenzionalnih modela delova, sklopova i proizvoda u celini. Organizovanje i upravljanje na različitim nivoima tokom razvoja proizvoda istovremeno podrazumeva i organizaciju ljudskih i računarskih resursa, projekta, modela i dokumentacije proizvoda, itd. U radu je dat prikaz u praksi primenjenog segmenta projektovanja koji se u Vojnotehničkom institutu primenjuje tokom razvoja vazduhoplova primenom CAD softverskih alata. Objasnjena su tri moguća načina pozicioniranja sastavnih delova i podsklopova u modelu proizvoda korišćenjem: ograničenja, modelskih kostura i glavnog koordinatnog sistema proizvoda. U radu je prikazan sadržaj jedinstvenog glavnog 3D modela proizvoda na primeru jedne razvijene bespilotne letelice. Na kraju su objašnjena pravila za ostvarivanje relacija između pojedinih sastavnih delova kompleksnih proizvoda koji obezbeđuju jednoznačno i parametarsko upravljanje celokupnim modelom proizvoda.

Ključne reči: vazduhoplov, projektovanje, CAD/CAM, 3D model, struktura proizvoda

Abstract – Modern CAD software applications have advanced tremendously and have great possibilities, which can, with proper and structured usage, be used in whole their scope and capabilities. Proper and effective usage of CAD software applications means complying with pre-defined rules in organization of 3D computer models of detail parts, assemblies and products. Organization and management on different levels during product development means organization of human and computer resources, project organization, model organization and product documentation, as well. Segment of design method used in Military Technical Institute during aircraft development using CAD systems was shown in this paper. Three possible methods for positioning in CAD product models were presented: Positioning Using Constraints, Positioning Using Skeleton Models, and Positioning Using Main Coordinate Systems. Contents of general main 3D product model of

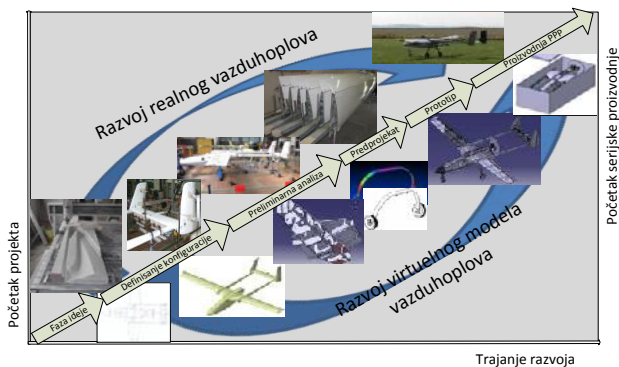
an unmanned aerial vehicle as an example was shown. As a conclusion, the rules for establishing of relations among different parts and assemblies containing complex products that enable and assure unique and parametric management of complete product model were shown and explained.

Keywords: aircraft, design, CAD/CAM, 3D model, product structure

1. UVOD

CAD softverske aplikacije danas su u toj meri napredovale i imaju velike mogućnosti koje se, uz pravilnu i organizovanu upotrebu, mogu iskoristiti u punom svom obimu i mogućnostima. U Vojnotehničkom institutu su CAD/CAM aplikacije u upotrebi od 1982. godine. U periodu od više od 30 godina korišćenja više generacija ovih softverskih alata različitih generacija i proizvođača sticano je iskustvo koje je rezultiralo u projektovanju i proizvodnji više različitih proizvoda koji su danas u upotrebi u zemlji i inostranstvu. Iskustvo u primeni CAD softverskih alata istovremeno je rezultiralo u saznanju da bez dobre organizacije na različitim nivoima tokom razvoja proizvoda nema uspešnog proizvoda. Menadžment na različitim nivoima tokom razvoja proizvoda, pored ostalih, podrazumeva organizaciju ljudskih i računarskih resursa, projekta, modela i dokumentacije proizvoda, itd.

Efikan pristup tokom razvoja bespilotnih letelica kao kompleksnih mašinskih konstrukcija danas podrazumeva simultanu interakciju različitih stručnih službi tokom projektovanja koje podrazumeva primenu računarskih metoda projektovanja, proračuna, simulacija, sa jedne strane, i razvoja realnog modela i postupcima ispitivanja, u cilju verifikovanja rezultata dobijenih pomoću projektovanja i simulacija. Trend projektovanja u svetu je takav da će u bliskoj budućnosti postojati samo integrisan razvoj virtuelnih trodimenzionalnih (3D) modela, koji će biti usredsređen na ostvarivanje zahtevanih funkcija koje proizvod treba da ostvari, uz poštovanje ograničenja u vidu proizvodnje, snabdevanja materijalom i opremom i faktorima vezano za životni vek proizvoda (korisnik, podrška, eksploatacija, rashodovanje).



Slika 1. Prikaz savremenog pristupa u procesu razvoja vazduhoplova

Projektovanje potpomognuto računom podrazumeva formiranje modela upotrebom različitih softverskih aplikacija i sistema (CAD, CAS, CAE, DMU, CAM, CAQ, CAT). U zavisnosti od potrebe, tokom razvoja efikasno je kreirati više virtuelnih modela:

- *projektni model* (sa geometrijskim podacima),
- *funkcionalni model* (sa tehničkim karakteristikama, opisom, kinematikom),
- *procesni model* (sa informacijama vezano za proizvodnju),
- *prezentacioni model* (sa informacijama korisnim za upoznavanje potencijalnih kupaca i korisnika), itd.

Savremeni razvoj proizvoda je najčešće baziran na geometrijskim podacima koji su kreirani u trodimenzionalnom CAD i DMU glavnom modelu proizvoda. Za vreme faze razvoja (projektovanja) geometrija sadržana u CAD i DMU glavnom modelu predstavlja ažurno stanje u trenutku razvoja i koristi se za razmenu informacija sa svim ostalim procesima. Na slici 1 je prikazan put razvoja virtuelnog (računarskog) modela jedne bespilotne letelice i istovremenog razvoja realne letelice, počevši od početne ideje do realizacije proizvoda.

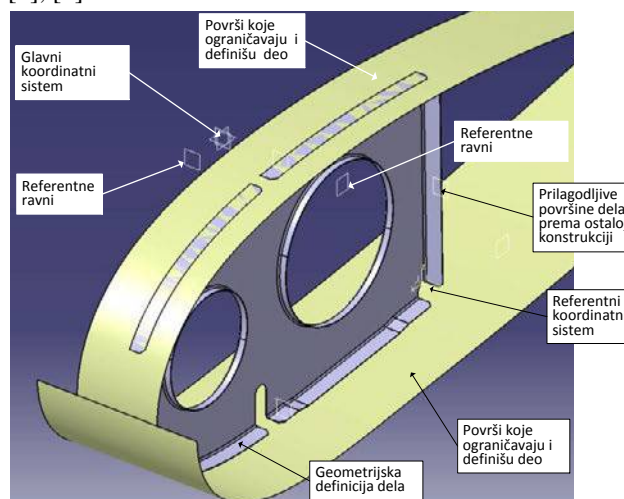
2. STRUKTURA 3D CAD MODELA POJEDINAČNIH DELOVA

CAD aplikacije omogućavaju kreiranje parametarski asocijativnih geometrijskih modela koji implicitno sadrže istorijat kreiranja svakog posebnog elementa modela. Istorijat (niz postupnih koraka) kreiranja elemenata i modela je predstavljen u stablima specifikacija (*specification trees*) koji sadrže detaljan opis svih geometrijskih elemenata i parametarskih relacija.

Savremeni pristup pri projektovanju kompleksnih mašinskih konstrukcija podrazumeva kreiranje virtuelnih modela uz prethodno formiranje početnih šablonskih modela (*startup models*) [1], na osnovu ranije definisanih pravila. Ovakvi početni šablon-modeli sadrže različite definicije vezano za proces projektovanja komponente (dela) koja je predviđena, kao i neophodne dodatne informacije.

Prethodno definisani procesi modeliranja delova istog tipa (istog tehnološkog postupka izrade) podrazumeva kreiranje početnih (*startup*) šablonskih modela koji u sebi

imaju definicije površina, referentne geometrije, geometrije entiteta na kojima treba da se baziraju novokreirani delovi, dodatne površine za definiciju i rezervisan prostor za konačnu geometriju. Na slici 2 prikazan je primer modela rebra krila, koji je modeliran pomoću površinskih entiteta sa naznačenim elementima koji su sastavni delovi početnih (*startup*) šablonskih modela. Početni šablonski modeli postavljaju definiciju i redosled svakog elementa prilikom procesa kreiranja geometrije u cilju obezbeđivanja jednoznačnih kasnijih modifikacija, provera, ili izmena, drugim rečima ovi modeli obezbeđuju konzistentnost 3D modelske strukture tokom celokupnog trajanja razvoja proizvoda, a i kasnije za potrebe izmena ili modernizacije proizvoda. Ovakva organizacija modela je široko zastupljena u svetu, ali svako veće privredno društvo (kompanija) koje se bavi projektovanjem i proizvodnjom kompleksnih proizvoda postavlja svoju organizacionu strukturu i za to formira svoja interna uputstva, standarde ili preporuke [1], [2], [3], [4].



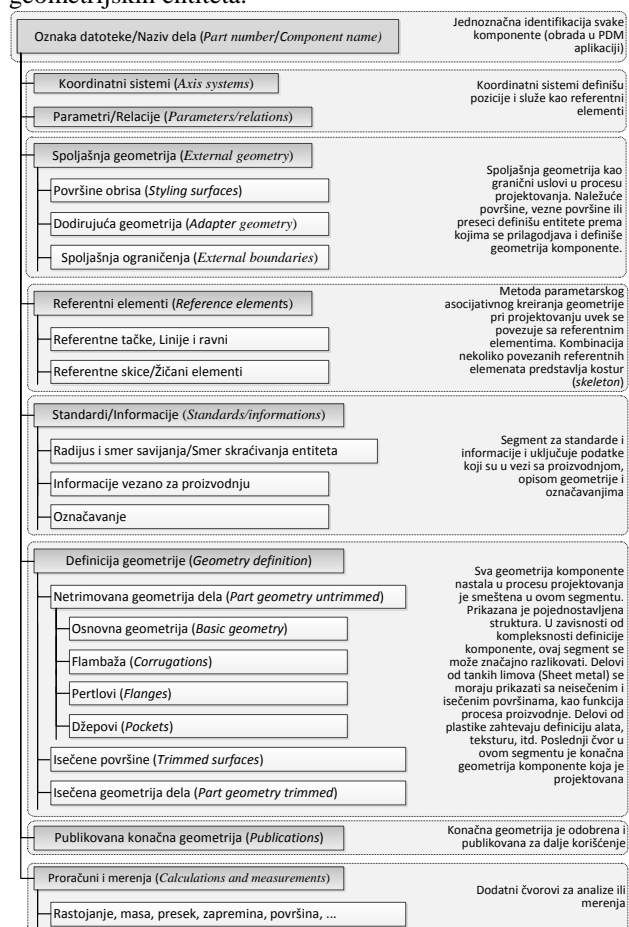
Slika 2. Metalno rebro krila aviona modelirano korišćenjem površinskih entiteta i referentnih elemenata neophodnih za definiciju

Slika 3, na primeru CATIA V5 modela, prikazuje opšte stablo specifikacije (*specification tree*) za proces 3D CAD modeliranja tankih limenih delova koje se najčešće koristi. Može se uočiti segmentiranost modelske strukture u vidu različitih modula koji svaki za sebe sadrže specifične tipove komponenata, funkcija za definiciju i relacija koje su potrebne za kreiranje modela [1].

Na vrhu stabla specifikacije nalazi se oznaka datoteke (*part number*) i naziv dela (*component name*). Koordinatni sistemi (*Axis systems*) služe za definišu glavne lokacije i pozicije koje su bitne za proces projektovanja komponente. Položaj različitih koordinatnih sistema u vazduhoplovstvu se definišu prema različitim zahtevima koje proističu iz potreba različitih analiza tokom razvoja vazduhoplova [5].

Referentni elementi (*Reference elements*) služe za ispravnu orijentaciju modela u odnosu na celokupnu strukturu proizvoda. Referentni elementi mogu biti: koordinatni sistemi, tačke, linije i ravni.

Kombinacijom različitih geometrijskih elemenata u dvodimenzionalnim skicama sa trodimenzionalnim žičanim entitetima omogućava da se definišu modeli kostura (*skeleton models*) koji formiraju referentni skup geometrijskih entiteta.



Slika 3. Stablo specifikacije (*specification tree*) za 3D CAD model komponente (prilagođeno iz [1], [6])

Spoljašnja geometrija (External geometry) kao ulazni podatak i ivični uslov za proces projektovanja (modeliranja). Pomoću njih, ranije definisani parametri za zadavanje određenih atributa elementima modela, kao i geometrijski elementi koji definišu položaj u odnosu na druge komponente proizvoda, se unose u model na ranije određenom mestu u stablu specifikacije.

Segment *Standardi i informacije (standards/information)* u stablu specifikacije definiše potrebne standardne parametre ili informacije koji zajedno omogućavaju implementaciju empirijski, matematički ili proizvodno dokazanih parametara (radijus savijanja, smer skraćivanja entiteta, pravila u označavanju entiteta) potrebnih za proizvodnju komponente iz CAD modela.

Segment *Parametri i relacije (Parameters/relations)* u stablu specifikacije služi za smeštaj parametara i formula koje formira sam projektant, a koji služe da upravljaju određenim funkcijama u modelu (različiti "macro" proračuni, upravljanje geometrijom, procedure razmene podataka).

Segment *Definicija geometrije (Geometry definition)* u stablu specifikacije je podeljen na više podsegmenta. Ovaj segment služi za smeštaj geometrije koju projektant kreira tokom projektovanja modela komponente. Poslednji podsegment ovog segmenta služi za smeštaj entiteta koji su krajnji rezultat projektovanja, koji se odobrava od strane odgovornih projekatana i služi za kasnije procese u razvoju proizvoda. Odobrena geometrija modela se kopira u podsegment publikacije (*Publications*).

Segment *Proračuni i merenja (Calculations and measurements)* je poslednji segment u stablu specifikacije i služi za smeštaj proračuna, merenja rastojanja, masa, preseka, zapremina, površina, itd.

Na sličan način se izvodi i prethodno formiranje početnih šablonskih modela (*startup models*) za druge vrste i tipove elemenata, kao što su: kompozitni monolitni delovi, kompozitni sendvič delovi, liveni delovi, delovi koji se izrađuju glodanjem, delovi koji se izrađuju otkivanjem, gumeni delovi, itd.

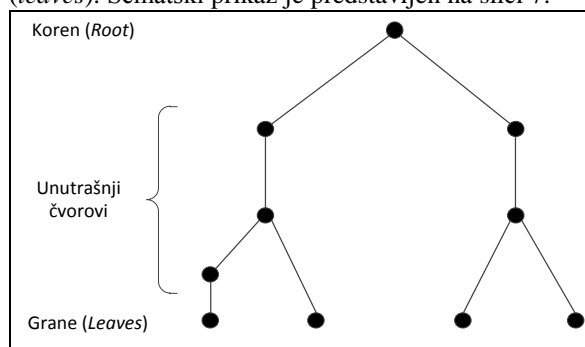
3. STRUKTURA 3D CAD MODELA SKLOPOVA

Vazduhoplovi kao i drugi kompleksni proizvodi su sastavljeni od velikog broja sklopova, podsklopova i komponenata različitih tipova, oblika i namene, koji su svi skladno raspoređeni u logičku celinu na način koji se naziva *struktura proizvoda*. Struktura proizvoda definiše određeni redosled (trebovanja nižeg u viši podsklop, redosled proizvodnje, redosled sklapanja i montaže, itd.) i vezu između svih komponenata proizvoda. Savremene 3D CAD aplikacije omogućavaju efikasno kreiranje i organizovanje strukture proizvoda u posebnim modulima za kreiranje trodimenzionalnih računarskih modela sklopova (*Assembly modeling*). U interaktivnom radu projektant u ovom modulu izvršava sledeće zadatke [1]:

- Vršiti uređenje podsklopova i komponenata (pojedinačnih delova) u trodimenzionalnom CAD modelu,
- Definiše strukturu proizvoda u cilju dobre organizacije podsklopova i komponenata,
- Pozicionira podsklopove i komponente u prostoru i u vezi sa ostalim komponentama,
- Definiše relacije i veze između podsklopova i komponenata uključujući kreiranje geometrijskih i logičkih zavisnosti,
- Implementira i organizuje parametarsku strukturu unutar modela komponenti,
- Obezbeđuje geometriju i informacije za kasniju obradu putem drugih aplikacija (FEM, CFD, DMU, i druge),
- Obezbeđuje geometrijske podatke za računarske simulacije,
- Obezbeđuje pouzdanu strukturu informacija za vezu sa aplikacijom za upravljanje podacima o proizvodu.

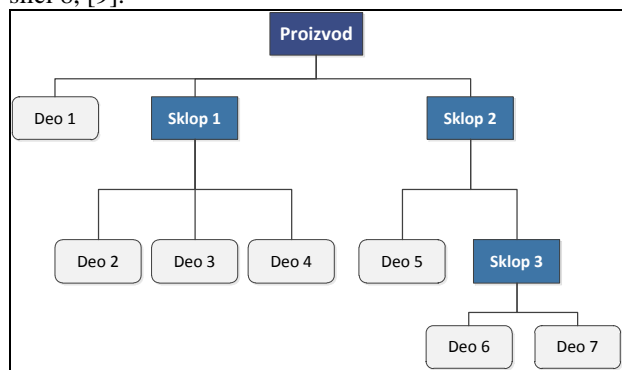
Na slici 4 prikazan je primer strukture proizvoda koji u sebi uključuje nekoliko hijerarhijskih nivoa. Proizvod na

koren (*root*). Unutrašnji čvorovi sadrže ulaze i izlaze. Čvorovi koji sadrže isključivo ulaze nazivaju se grane (*leaves*). Šematski prikaz je predstavljen na slici 7.



Slika 7. Označavanje čvorova u prikazu strukture proizvoda

U ovom radu je struktura proizvoda definisana kao relacija između sklopova (*modules*) i delova (*parts*) proizvoda, shodno [10]. Sklopovi i delovi su uređeni u hijerarhijskoj strukturi, gde sklopovi sadrže delove na nižem nivou strukture proizvoda. Primer konceptualnog prikaza hijerarhijske strukture proizvoda je prikazana na slici 8, [9].



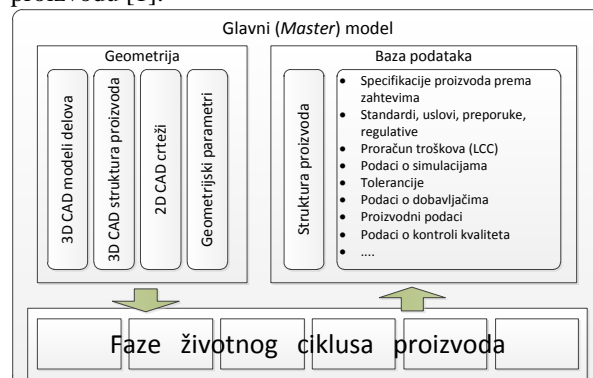
Slika 8. Hijerarhijski prikaz strukture proizvoda

5. JEDINSTVENI GLAVNI 3D MODEL PROIZVODA

Osnova savremenog razvoja naprednih proizvoda u danas se zasniva na razvoju koje podrazumeva postojanje centralizovanog (jedinственог – jednog) glavnog (*master*) modela proizvoda koji se koristi u svim procesima razvoja. Ovakav model sadrži geometrijske podatke, kao i dodatne potrebne podatke o proizvodu.

Zadatak projektanta je da oformi geometriju glavnog modela proizvoda (uz potrebne dodatne podatke) i strukturu proizvoda i da uspostavi vezu između svih komponenta proizvoda. Na slici 9 prikazan je glavni model proizvoda koji se koristi u razvoju najkompleksnijih proizvoda. Segment geometrije sadrži sve komponente i podskepe proizvoda kao trodimenzionalne CAD modele. Struktura proizvoda je predstavljena preko sklopnih modela. Glavni model sadrži i dvodimenzionalne crteže (u odgovarajućem formatu CAD aplikacije) za potrebe proizvodnje, arhiviranja i administriranja dokumentacijom.

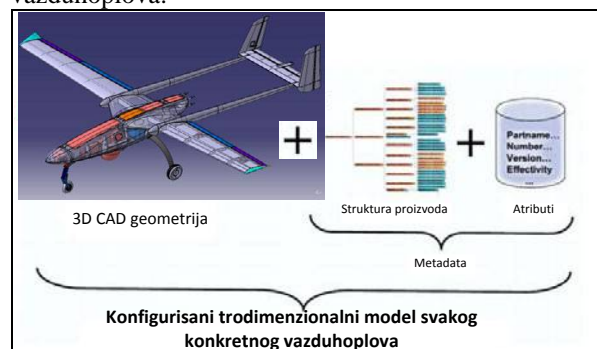
Segment baze podataka glavnog modela proizvoda sadrži strukturu proizvoda sa ciljem da omogući potpunu organizaciju različitih tipova i formata podataka o proizvodu [1].



Slika 9. Prikaz konfiguracije glavnog (*master*) modela proizvoda

Glavni modeli komponenta i podskepe proizvoda smeštaju se u centralne baze podataka PD, koje se pomoću sistema za upravljanje podacima o proizvodu administriraju. Ove baze podataka sadrže sastavnice proizvoda, zbirne liste resursa, zbirne liste procesa, datoteka raznih porekla, vrsta i tipova, uputstva za proizvod, preporuke, standarde, itd. [11]. Ideja postojanja centralne baze podataka je da preko nje projektanti (i svi uključeni proces razvoja proizvoda) obavljaju potrebnu saradnju, čime smanjuju potrebno vreme za razvoj proizvoda.

Na slici 10 dat je prikaz kako se trenutno u Vojnotehničkom institutu razvija način za formiranje konfigurisanog trodimenzionalnog modela vazduhoplova (na primeru bespilotne letelice) prema uzoru na praksu koja se primenjuje u kompaniji *Airbus industries*. Prema slici vidi se da se proizvod definiše, ne samo 3D geometrijom u vidu CAD datoteka u prirodnom ili konvertovanom obliku (npr. STEP), nego i skupom metadata (*Meta data*) podataka koji sadrže "strukturnu proizvoda" i niz "atributa" (naziv delova, naziv sklopova, oznake, verzije, revizije, varijante, validnost od ... do..., itd.). Svi ovi podaci su dovoljni da se za svaki pojedinačni primerak vazduhoplova može konfigurisati i formirati poseban konfigurisan trodimenzionalni model konkretnog vazduhoplova.



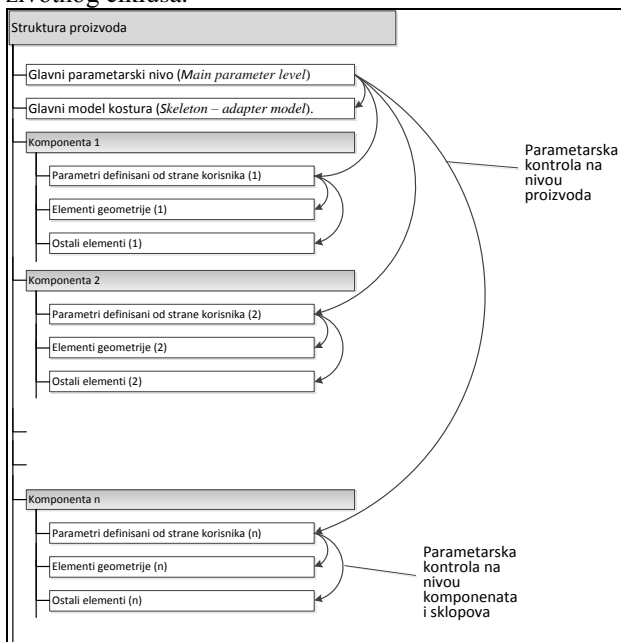
Slika 10. Definicija konfigurisanog trodimenzionalnog modela vazduhoplova, [12]

Konfigurisani trodimenzionalni model vazduhoplova je više od obične digitalne (virtuelne) kopije realnog vazduhoplova [12]. Svaka konfiguracija konkretnog vazduhoplova (tip ugrađenog motora, tip i vrsta ugrađene opreme, boja i šema bojadisanja, itd.) i svaki izvedeni izveštaj proračuna ili ispitivanja je moguća da se dobije iz baze podataka. Ovo je moguće korišćenjem sofisticiranog sistema upravljanja koji se bazira na ograničenom broju atributa.

Ako je konfigurisani trodimenzionalni model proizvoda osnova za sve 3D projektone aktivnosti putem CAX aplikacija, struktura proizvoda je njegovo središte i ono oko čega se sve dalje kreira. Konfigurisana struktura proizvoda nije jednostavna raščlanjena struktura u vidu hijerarhijskog stabla. U kompaniji Airbus to je organizovani skup poslovnih i tehničkih informacija koji su svi u vezi sa vazduhoplovom. Takva struktura ne uzima u obzir samo hiljade delova i sklopova koji čine vazduhoplov. Ona je takođe i rezultat pažljivo razmatranih odnosa poslova koji se obavljaju na vazduhoplovu, skup industrijskih radnih tokova, regulative, procesa izmena i upravljanja konfiguracijama, kao i zahteva u vidu brojnih dokumenata.

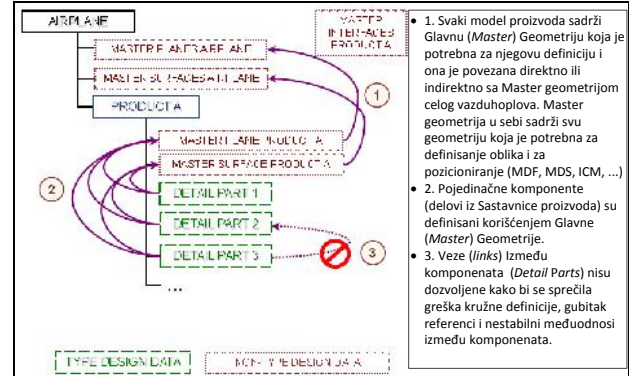
6. STRUKTURA 3D CAD MODELA KOMPLEKSNOG PROIZVODA

Savremeno projektovanje vazduhoplova i drugih kompleksnih proizvoda podrazumeva projektovanje korišćenjem savremenih CAD softverskih aplikacija. Dobro formirana struktura proizvoda na početku procesa razvoja proizvoda uslov je za dobro upravljanje proizvodom, podacima o proizvodu i dokumentacijom tokom celokupnog životnog veka. Nasuprot tome, pogrešno formiran CAD model proizvoda na početku razvoja izazvaće puno problema u svim ostalih fazama životnog ciklusa.



Slika 11. Primer ostvarivanja relacija između komponenata proizvoda putem modela baziranog na parametrima na nivou proizvoda

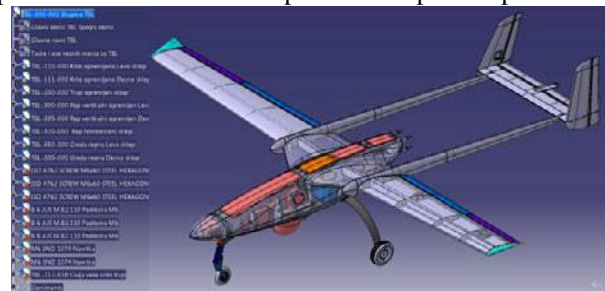
Za kompleksne proizvode (npr. vazduhoplov) potrebno je formirati velike početne šablonske (template) modele sa velikim brojem komponenata i podsklopova, koji su logički povezani i kontrolisani promenljivim parametrima. Da bi se izbegle neželjene pojave, kao što su kružne greške (cycle error), prekobrojno ograničavanje geometrije komponenata i greške u parametrizovanju, ovakvi kompleksni proizvodi moraju biti čisto i jednoznačno uređeni i povezani (videti sliku 11).



Slika 12. Prikaz Top-Down Relational Design metode u projektovanju (Boeing method), prema [4]

U ovom poglavlju je prikazan metod kako se obezbeđuju čisto i jednoznačno uređeni 3D CAD modeli kompleksnih proizvoda. Metod treba koristiti od samog početka razvoja proizvoda, kako se ne bi pojavile greške koje je teško ispraviti u kasnijim fazama razvoja [1], [4]. Na slici 12 dat je prikaz stabla specifikacije za kompleksni proizvod sa šemom parametarske kontrole komponenata proizvoda na nivou celog proizvoda, a preko glavnog parametarskog nivoa (main parameter level) i preko glavnog modela kostura (skeleton – adapter model).

Glavni parametarski nivo (main parameter level) sadrži skup prethodno definisanih parametara i služi kao referentni skup parametara koji se koristi kao polaz za kreiranje i pozicioniranje svih komponenata proizvoda. Glavni parametri na najvišem nivou treba da budu povezani sa odgovarajućim korisnički definisanim parametrima na nivou komponenata ili podsklopova.



Slika 13. 3D CAD model bespilotne letelice sa stablom specifikacije

Modeli proizvoda sa kompleksnom strukturom mogu da sadrže i kostur i/ili adapter modele koji služe kao elementi za pozicioniranje ili za definiciju nadređenih geometrijskih karakteristika. Parametrizacija tih modela poštuje strategiju glavnog parametarskog nivoa, tako što se njegovi parametri, definisani od strane korisnika, koriste za svaku komponentu u modelu proizvoda. Na

slici 13 dat je prikaz virtuelnog modela proizvoda (bespilotne letelice) sa stablom specifikacije gde se uočavaju: glavni parametarski nivo i kostur model, kao i komponente i podsklopovi proizvoda.

7. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan savremeni pristup projektovanju vazduhoplova, kao kompleksnih proizvoda, korišćenjem modernih i naprednih CAD softverskih aplikacija. Dat je prikaz: strukture 3D CAD modela pojedinačnih delova, strukture modela sklopova, strukturne sastavnice proizvoda, jedinstvenog glavnog 3D modela proizvoda i strukture modela kompleksnog proizvoda sa opštim i posebnim pravilima za ispravno formiranje svakog od njih. Rad je upotpunjen praktičnim primerima iz domaće prakse u projektovanju i primerima iz savremene svetske literature.

LITERATURA

- [1] Hirz, M., Dietrich, W., Gfrerrer, A. Lang, J., Integrated Computer-Aided Design in Automotive Development – Development Processes, Geometric Fundamentals, Methods of CAD, Knowledge-Based Engineering Data Management, Springer – Verlag, 2013,
- [2] MM-00111-2.0, Master Geometry, AIRBUS France-2001,
- [3] MM-00181-2.0, Contents of the CATIA V5 Definition & Development dossiers, AIRBUS France, 2002,
- [4] LTD, Introduction to Relational Design, CATIA V5, Boeing meeting, Lectures, 2008,
- [5] Stojaković P., Vasić Z., Sarić Z., Košić LJ., Referentna baza geometrijskih, inercijalnih i motorskih podataka za potrebe programske analize dinamike letelice, Izveštaj VTI-a V3-0543-P-026, 6568766, Beograd, 2007,
- [6] AM2263, Sheet Metal Part Modelling for CATIA V5, AIRBUS, 28 May 2002,
- [7] Hannu Peltonen, Concepts and an Implementation for Product Data Management, Doctorate Thesis, Helsinki University of Technology Department of Computer Science and Engineering, Acta Polytechnica Scandinavica, Mathematics and Computing Series No. 105, Espoo 2000, 188 pp. Published by the The Finnish Academies of Technology. ISBN 951-666-538-1. ISSN 1456-9418,
- [8] MIL-STD-280A, Definitions of Item Levels, Item Exchangeability, Models, And Related Terms, 1969,
- [9] Christ, A., Wenzel, V., Faath, A., Anderl, R., Integration of Feature Templates in Product Structures Improves Knowledge Reuse, Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2013 Vol II, WCECS 2013, USA, 2013,
- [10] Schuh, G., Assmus, D., Zancul, E., Product Structuring - the Core Discipline of Product Lifecycle Management, 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, 2006,
- [11] Terzi, S., Elements of Product Lifecycle Management: Definitions, Open Issues and Reference Models, Doctoral dissertation, 2005,
- [12] Garbade, R., Dolezal, W.R., DMU@Airbus – Evolution of the Digital Mock-up (DMU) at Airbus to the Centre of Aircraft Development, The Future of Product Development, Proceedings of the 17th CIRP Design Conference, Springer-Verlag, 2007,
- [13] Martinović M., Vasić Z., “PRIMENA SISTEMA ZA PROJEKTOVANJE POMOĆU RAČUNARA U PROJEKTOVANJU VAZDUHOPLOVA U VTI-u”, Glasnik RVI i PVO br. 4, Beograd, 1991,
- [14] Vasić Z., “ULOGA CAD TEHNOLOGIJE U RAZVOJU PROJEKTOVANJA VAZDUHOPLOVA”, Naučno-tehnički pregled br. 4-5, Beograd, 1996,
- [15] Vasić Z., “PRIMENA CAD SISTEMA U PROJEKTOVANJU AVIONSКИH I DRUGИH SLOŽENIH KONSTRUKCIJA”, Naučno-tehnički pregled br.8, Beograd, 1996,
- [16] Z. Vasić, M. Martinović, Z. Kusurović, SOME ASPECTS OF CAD TECHNOLOGY IMPLEMENTATION DURING DESIGN AND PRODUCTION OF LASTA AIRPLANE, Naučno-tehnički pregled br.3-4/2005, Beograd, 2005,
- [17] Maksimović S., Vasić Z., “EFIKASAN PRISTUP PROJEKTOVANJA AVIONSКИH KONSTRUKCIJA PRIMENOM CAD SISTEMA”, Zbornik radova CAD Forum '95, Novi Sad, 1995,
- [18] Vasić Z., Mejuhas M., “SISTEMATIZACIJA PROCESA PROJEKTOVANJA AVIONA PRIMENOM CAD SISTEMA”, Zbornik sa savetovanja Vazduhoplovstvo '95, Beograd, 1995,
- [19] Vasić Z., Mejuhas M., “PROJEKTOVANJE VAZDUHOPLOVNIH KONSTRUKCIJA CAD SISTEMOM SA ELEMENTIMA SISTEMATIZACIJE RADA”, Zbornik radova CAD Forum '96, Novi Sad, 1996,
- [20] Vasić Z., “PROJEKTOVANJE AVIONSКИH KONSTRUKCIJA UZ OBEZBEĐENJE TEHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCIJA”, Zbornik sa savetovanja Vazduhoplovstvo '97, Beograd, 1997,
- [21] Z. Vasić, Z. Kusurović, M. Martinović, PROJEKTOVANJE, ORGANIZACIJA PROJEKTOVANJA I IZRADA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE SERIJSKOG AVIONA LASTA 95, Naučno-stručni skup OTEH 2009., Oktobar 2009., Beograd,
- [22] Zoran Vasić, Marija Blažić, Vanja Stefanović, RECONSTRUCTION OF AIRCRAFT STRUCTURE WITH THE AIM OF OPTIMIZING AND EXTENDING AIRCRAFT LIFE CYCLE,

Naučno-stručni skup OTEH 2012., Septembar 2012.,
Beograd,

- [23] Zoran Vasić, Vanja Stefanović, Perica Dragičević,
PRACTICAL APPROACH TO INTEGRATED
DESIGN OF AERONAUTICAL COMPOSITE
CONSTRUCTIONS USING CATIA SOFTWARE,
Fourth Serbian (29th YU) Congress on Theoretical

and Applied Mechanics, Vrnjacka banja 4-7 June
2013, pg. 735-740,

- [24] Z. Vasić, ISTRAŽIVANJE U OBLASTI
UVOĐENJA SAVREMENIH METODA
PROJEKTOVANJA VAZDUHOPLOVNIH I
DRUGIH SLOŽENIH KONSTRUKCIJA, Program
realizacije za istraživački zadatak, Izveštaj VTI V0-
597, 2008., Beograd.

Primena simulacionog programa RIVERBED MODELER 17.5 u analizi performansi prenosa podataka funkcionalnog telekomunikacionog sistema

RIVERBED MODELER 17.5 usage in analysis of data transfer performances in functional telecommunication system

Vladimir Suša, Saša Devetak, Radovan Dragović, Mladen Trikoš
Vojna akademija Univerziteta odbrane u Beogradu

Sadržaj – Pokretna (mobilna) komponenta funkcionalnog telekomunikaciono-informacionog sistema Vojske namenjena je prenosu informacija u sistemu komandovanja jedinicama Vojske u operacijama. Implementacija savremenih mobilnih telekomunikacionih sistema obezbeđuje različite korisničke servise, između ostalog i prenos podatka. Analizu performansi sistema omogućava primena simulacionih modela. U radu je primenjen simulacioni softver RIVERBED MODELER 17.5 u analizi mogućnosti prenosa podataka modelovanog mobilnog funkcionalnog sistema i analizirane njegove mogućnosti sa ciljem optimizacije mobilne telekomunikacione mreže u operativnoj upotrebi.

Abstract – Serbian Armed Forces dedicated communication network's mobile component is designed for information distribution for the needs of command and control during different phases of Military operations. Modern telecommunication systems implementation provides different end-users services (data transfer among others). The use of simulation models allows performance analysis for these. RIVERBED MODELER 17.5 simulation software was used during this research for the needs of data transfer capability analysis for a modeled operational mobile system. Its` capabilities were analyzed for the sake of dedicated mobile telecommunication network optimization.

1. UVOD

Integrirani telekomunikaciono-informacioni sistem Vojske predstavlja funkcionalni sistem, odnosno sistem posebne namene. Namenjen je prikupljanju, prenosu, zaštiti, elektronskoj obradi, prikazivanju, čuvanju i distribuciji informacija za potrebe sistema komandovanja i rukovođenja Vojskom. Organizacionu strukturu čine stacionarna i pokretna komponenta, koje se sastoje od više podsistema. Pokretna (mobilna) komponenta je namenjena da prati komande i jedinice Vojske i obezbedi sve vrste potrebnih telekomunikacija (kapaciteta) i korisničkih servisa za komandovanje i rukovođenje u operacijama. Elemente pokretnog telekomunikaciono-informacionog sistema čine čvorovi (stanice, centri i čvorišta) i spojni putevi (radio, radio-relejni, kablovski). Osnovni elemenat čvora je pokretni komutacioni centar - PKC (MTIS: ATS-8 i ATS-20) koji implementira TDM i IP komponentu u ATM sistem prenosa i komutacije. PKC čini elemenat komande jedne jedinice koji obezbeđuje različite korisničke servise (prenos govora, datoteka, elektronske pošte, podataka, video striminga, i drugo). Čvorovi su povezani u mrežu radio-relejnim ili optičkim spojnim putevima. Mobilni učesnici (jedinice Vojske) su

integrirani u navedenu mrežu radio komunikacijama VF i VVF opsega. Time je obezbedena mobilnost učesnika i istovremeno korišćenje različitih servisa. Pored prenosa glasa, prenos podataka ima veoma veliki značaj za sistem komandovanja i rukovođenja Vojskom u operacijama. Analiza performansi sistema korišćenjem simulacionih softvera je veoma značajna jer obezbeđuje jednostavnije, efikasnije i ekonomičnije sagledavanje mogućnosti sistema i optimizaciju telekomunikacione mreže u operativnoj upotrebi.

Riverbed modeler 17.5 academic edition je simulacioni softver kojim je simuliran jedan model pokretnog (mobilnog) telekomunikaciono-informacionog sistema. Model predstavlja jedno rešenje telekomunikaciono-informatičkog obezbeđenja komandi i jedinica u operaciji.

Rad čini pet celina. Pored uvoda i zaključka u drugoj celini opisan je model mobilnog integrisanog telekomunikaciono-informacionog sistema Vojske namenjen za obezbeđenje jedinica u izvođenju operacije. Kroz model sačinjen od različitih nivoa komandovanja projektovane su i saobraćajne karakteristike potrebne jedinicama i organizacionim celinama. U trećoj celini je objašnjen simulacioni softver Riverbed Modeler 17.5, kao i odgovarajući model koji bi bio primenjen u realnoj situaciji. Definisani su mrežni elementi, tipovi saobraćaja (servisi i aplikacije) kao i način funkcionisanja različitih profila korisnika i njihovih potreba za servisima. Nakon toga praćene su ciljne performanse modela sa posebnim osvrtom na zauzetost najkritičnijih linkova u uslovima najvećeg saobraćajnog opterećenja. Iz simulacionog modela su izvučene odgovarajući grafici koji su obrađeni u četvrtoj celini radi analize paketskog prenosa podataka kroz opisanu mrežu. Na kraju su u zaključku izvedeni zaključci o datom modelu mobilnog integrisanog telekomunikaciono-informacionog sistema i njegovim mogućnostima prenosa podataka za zadate početne uslove.

2. MODEL MOBILNOG FUNKCIONALNOG TELEKOMUNIKACIONO-INFORMACIONOG SISTEMA VOJSKE

Telekomunikaciono-informatičko obezbeđenje snaga angažovanih u operacijama (jedinica Vojske) se ostvaruje organizovanjem optimalnog pokretnog (mobilnog) funkcionalnog telekomunikaciono-informacionog sistema. Sistem obezbeđuje prenos informacija za potrebe komandovanja angažovanim snagama u operaciji. Modelovane snage u operaciji opredeljuju model telekomunikaciono-informacionog sistema. Bitne karakteristike sistema su da omogućava rad u terenskim

uslovima (klimomehanička svojstva uređaja), da je sistem pokretan (mobilan) u smislu da elementi sistema omogućavaju praćenje komandi i jedinica u prostoru (zoni operacije) i da obezbeđuje potrebne telekomunikacione kapacitete i korisničke servise. U radu je predstavljen model sistema koji čini jedna integrisana radio-relejna mreža (transportna) koja uvezuje čvorove mreže, koje čine pokretni komutacioni centri (PKC - MTIS). Pristupni čvorovi su razmešteni na komandnim mestima modelovanih snaga u operaciji, a mrežni čvorovi (prvog i drugog nivoa) u prostoru – zone operacije. PKC čine ATM svičevi koji omogućavaju prenos glasa komutacijom kola i prenos podataka TCP/IP stekom protokola. Na komandnim mestima su postavljene lokalne računarske mreže (LAN) koje su preko PKC umrežene za prenos podataka. U radu su modelovane snage koje se angažuju u operaciji kao i njihove potrebe za servisima. Vremenski i prostorni okvir u kojima se angažuju snage za vreme izvođenja operacije je pretežno ograničen i unapred određen, ali je u modelu pretpostavljeno da će operacija trajati 3-5 dana i izvoditi se na prostoru 100x150 kilometara.

U modelu je obrađena situacija sa tri nivoa komandovanja od kojih svaki ima specifičnosti u smislu broja ljudi koji zahtevaju komunikacione servise i potreba za propusnim opsegom. Servisi koji su obrađeni u radu su govorne komunikacije i razmena podataka kroz IP mrežu. Iako se oni omogućuju kroz istu transportnu mrežu u komutacionoj celini oni su odvojeni.

Nivoi komandovanja su prikazani po sledećem:

- nivo 1 je najviši nivo komandovanja koji u svojoj lokalnoj mreži ima 34 korisnika,
- nivo 2 je srednji nivo sa 19 korisnika u lokalnoj mreži,
- nivo 3 je niži nivo komandovanja sa po 10 korisnika u lokalnoj mreži.

Razmenu podataka kroz IP deo mreže čine dva tipa servisa, e-mail tip servisa i http tip servisa. E-mail servis se kroz mrežu razmenjuje na dva načina, kontinualno u celom vremenu trajanja operacije na terenu (razmena manjih poruka) i u diskretnim vremenskim intervalima kada različiti nivoi komandovanja razmenjuju tipske izveštaje (pretežno veće poruke iste memorijske vrednosti). Web tip servisa sastoji se od pretraživanja različitih podataka na serverima kontinualno u toku izvođenja operacije. Oba tipa servisa detaljnije su objašnjena u sledećoj celini. Imajući u vidu da su definisana tri nivoa komandovanja, svaki od njih ima različite potrebe za navedenim servisima. S tim u vezi definisana su i tri tipa profila sa tačno određenim saobraćajnim specifičnostima svakog profila.

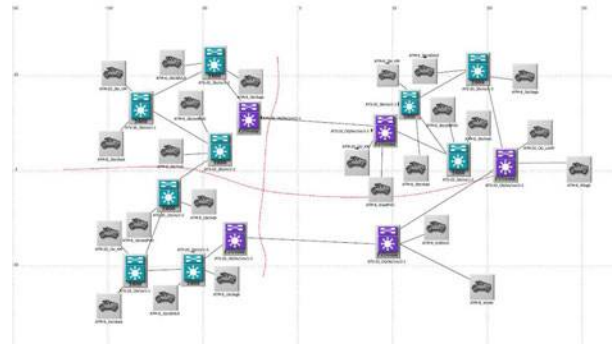
Radio-relejna komponenta ima funkciju međusobnog povezivanja komutacionih čvorova po datom tipu interfejsa. Radio-relejnu komponentu čine uređaji TADIRAN GRC-408E 8Mbps koji ima sledeće interfejse: G.703 E1, G.703 E2 i V.11 brzine do 8192 kb/s. Interfejs

koji smo koristili u modelu je V.11 brzine maksimalno do 8192 kb/s.

Komutaciona komponenta je sačinjena od MTIS (*Military Tactical Internet Switch*) čvorova koji su u suštini ATM komutatori sa posebnom IPC (*internet protocol card*) karticom namenjenom za rutiranje IP dela saobraćaja. Osobina MTIS stanice je da se govorni servisi komutiraju putem ATM konekcija a IP saobraćaj putem IPoATM. Obe vrste servisa konektovane su preko istog V.11 linka koji ima deo odvojen za govor i deo rezervisan za podatke (IP saobraćaj).

Mrežni deo sistema čine L2 svičevi čiji je cilj da povežu korisničke terminale u jedinstvenu mrežu i da ih u isto vreme odvoje putem VLAN-ova različitih organizacionih celina.

Prikaz elemenata mreže međusobno konektovanih u mobilni integrisani funkcionalni sistem prikazan je na slici 1.



Slika 1. Prikaz topologije funkcionalne mobilne mreže

Mrežni čvorovi prvog nivoa prikazani su ljubičastom bojom, drugog nivoa plavom bojom i mrežni čvorovi tri nivoa komandovanja kao borbena vozila. Svi pristupni čvorovi imaju konektovan LAN segment sa odgovarajućim brojem korisnika i 4 redundantna servera na kojima su omogućene aplikacije u sistemu.

3. SIMULACIONI MODEL U RIVERBED MODELERU

Aplikacija u kojoj je vršena simulacija je RIVERBED MODELER 17.5 Academic Edition namenjen za simulaciju različitih vrsta računarskih mreža. S obzirom da se radi o nelicenciranoj verziji softvera, isti je ograničen sledećim: nema podršku za LTE, UMS i WiMAX; ukupan broj čvorova u simulaciji je 80, od čega 20 interkonektovanih sa drugim elementima (ruteri i svičevi); broj događaja u simulaciji je 50000000 što značajno skraćuje njeno vreme trajanja (ako ima puno čvorova, na samo par desetina minuta).

U simulacionom modelu definisano je pet različitih mail servisa i jedan web servis prikazanih u tabeli 1.

Tabela 1. Prikaz servisa u simulacionom modelu

Tip servisa	Vreme izvršavanja servisa	Broj PC koji izvršavaju u servis u LAN segmentu	Memorijska vrednost servisa
Mail dopunskih naređenja	Kontinualno u celom trajanju operacije	Jedan terminal u LAN-u	100 kB
Background mail-ovi	Kontinualno u celom trajanju operacije	Ceo LAN	2 kB
Operativno naređenje 1 nivoa	1 minut nakon početka simulacije	Jedan terminal u LAN-u	4MB
Operativno naređenje 2 nivoa	3 minuta nakon početka	Jedan terminal u LAN-u	3,5MB
Operativno naređenje 3 nivoa	5 minuta nakon početka simulacije	Jedan terminal u LAN-u	3,2MB
Web (http) servis	Kontinualno u celom trajanju operacije	Ceo LAN	Searching (predefinisano)

MTIS stanice prvog i drugog nivoa komandovanja povezane su putem radio-relejnih linkova uređaja GRC-408E 8Mb u prstenanastu strukturu. Brzina linkova je 8192 kb/s od kojih je 512 kb/s rezervisano za govorne aplikacije a 7680kb/s za prenos podataka. MTIS čvorovi sva tri nivoa komandovanja konektuju se preko linkova iste brzine na mrežne čvorove. Na svaki MTIS čvor konektovan je po jedan LAN segment različite veličine. LAN-ovi prvog nivoa imaju po 34 korisnika, drugog nivoa po 14 a trećeg po 10 korisnika.

Kodek koji je upotrebljen za govorne aplikacije je G.711 tako da je po jednom linku moguće uspostaviti 8 jednovremenih poziva. Kvalitet servisa u MTIS čvorovima je tako definisan da su govorni servisi i servis za prenos podataka potpuno odvojeni po propusnom opsegu koji je za njih rezervisan.

Konfigurisani LAN segmenti su definisani odgovarajućim brojem PC terminala i pridruženi su im korisnički profili koji imaju implementirane aplikacije sa različitim načinom funkcionisanja. Time su definisane saobraćajne karakteristike i opisan je saobraćaj za simulacioni model.

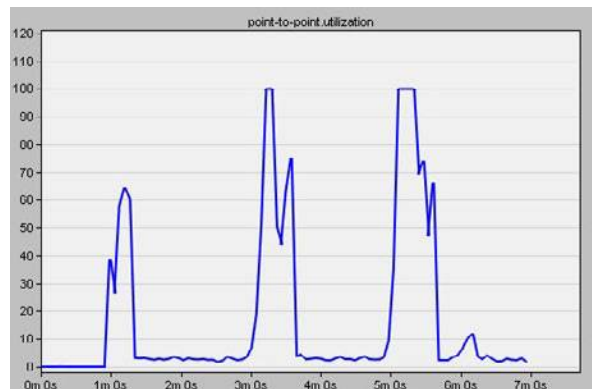
U datoj mreži takođe postoji 4 redundantna servera na kojima su omogućene aplikacije navedene u tabeli 1. Serveri funkcionišu za celine u svom delu mreže ali su takođe i redundantni, tj. u slučaju otkaza jednog servera ostali preuzimaju funkcionalnost njegovih servisa.

Cilj izvršenja simulacije je da se odredi da li ovakva mreža sa glavnim linkovima kapaciteta 7680 kb/s i sa saobraćajem koji je unapred definisan može da odgovori zahtevima koji se pred nju postavljene u smislu telekomunikacionih servisa. Parametri koji su praćeni su zagušenje najopterećenijih linkova, vreme učitavanja e-mail aplikacije i ukupan gubitak paketa u sistemu.

4. REZULTATI ANALIZE PRENOSA PODATAKA U PRIKAZANOM MODELU

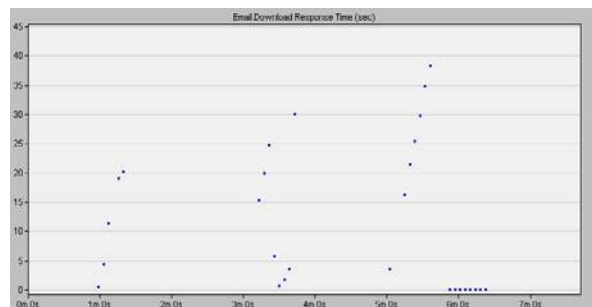
Dobijeni rezultati simulacije prikazani su na sledećim slikama.

Na slici 2. prikazani su rezultati opterećenja najzauzetijeg linka (link između MTIS čvorova prvog nivoa komandovanja). Na njoj se jasno uočavaju pikovi u vremenima kada se vrši predaja naređenja između različitih nivoa komandovanja u telekomunikacionom sistemu. Tada opterećenost linka dolazi i do 100%, tj link biva potpuno zauzet.



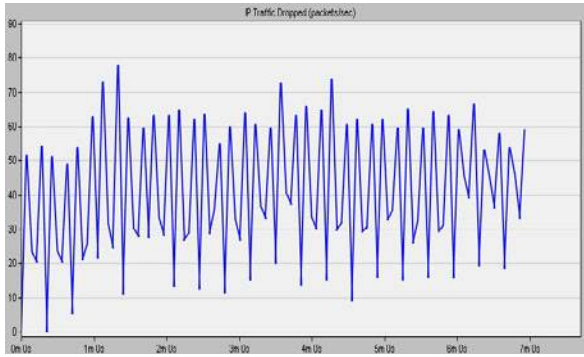
Slika 2. Prikaz propusnosti najopterećenijeg linka u mreži

Na slici 3. je prikazano vreme koje je potrebno za predaju mail-ova različitih veličina. Vremena učitavanja e-mail-a u kritičnim trenucima predaje izveštaja dolaze i do 38 sekundi.



Slika 3. Vreme download-a e-mail aplikacija u vremenu izvođenja operacije

Slika 4. prikazuje gubitak paketa u celokupnom modelu funkcionalnog telekomunikacionog sistema.



Slika 4. Broj izgubljenih paketa u telekomunikacionom sistemu

Gubitak saobraćaja odnosi se pretežno na gubitke paketa protokola rutiranja (OSPF u simulaciji). Iz toga proizilazi da su gubici korisničkih aplikacija minimalni, a s obzirom da se radi o TCP orjentisanim aplikacijama, ovi gubici nisu imali uticaja na performanse e-mail i web (http) servisa.

5. ZAKLJUČAK

RIVERBED MODELER 17.5 Academic Edition softver se pokazao kao dobro softversko rešenje za simulaciju telekomunikacione mreže u svim njenim aspektima: aplikacije, profili korisnika, mrežni elementi, i drugo. Modelovani telekomunikacioni sistem omogućava prenos saobraćaja koji je definisan i potpuno zadovoljava zahteve i performanse servisa. Opterećenost glavnih linkova prvog i drugog nivoa komandovanja u pojedinim trenucima je potpuna, a vreme učitavanja e-mail aplikacije u tim periodima raste i do 38 sekundi. Međutim minimalan ukupni gubitak paketa u mreži pokazuje da mobilni funkcionalni sistem u periodu najvećeg saobraćajnog opterećenja neće biti u otkazu.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad je nastao u toku istraživanja koje je sprovedeno u sklopu realizacije naučnoistraživačkog projekta „Integracija i analiza performansi IP terminala i Softphone aplikacija u telekomunikacionom sistemu Vojske Srbije“. Projekat pod evidencionim brojem VATT/3/15 finansiran je od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije i realizovao se u periodu 2013 – 2015. godine.

LITERATURA

- [1] S. Devetak, J. Bajčetić, Z. Perišić, „Modularni taktički komutacioni sistem MTIS“, Naučno stručni skup o odbrambenim tehnologijama OTEH, Zbornik radova, str. 551-555, VTI Beograd, oktobar 2009.
- [2] B. Pavlovic, R. Stefanovic, „Primena OPNET mrežnog simulatora u analizi telekomunikacionih mreža“, Naučno stručni skup o odbrambenim tehnologijama OTEH, VTI Beograd, oktobar 2009.
- [3] S. Devetak, M. Terzić, „Primena Erlangovog modela u analizi modularnog taktičkog komutacionog sistema“, 54. konferencija ETRAN, Donji Milanovac, 2010.
- [4] V. Suša, S. Devetak, „Primena OPNET simulacionog modela u analizi performansi MTIS mreže“, 56. konferencija ETRAN, Tara, 2012.
- [5] Doktrina telekomunikaciono-informatičkog obezbeđenja Vojske Srbije, GŠ VS, Medija centar „Odbrana“, Beograd, 2012.

MOGUĆNOSTI PRIMENE GRAFOVSKIH BAZA PODATAKA U INSTITUCIJAMA SA HIJERARHIJSKIM USTROJSTVOM THE POSSIBILITIES OF APPLICATION OF GRAPH DATABASES IN INSTITUTIONS WITH A HIERARCHIC SYSTEM

Mladen Trikoš¹, Slađan Babarogić², Dejan Savić³, Vladimir Suša⁴

Vojna akademija¹

Fakultet organizacionih nauka²

Ministarstvo odbrane³

Vojna akademija⁴

Sadržaj – Grafovi predstavljaju jedan od najprikladnijih načina za opis stvarnog sveta i zbog toga su sastavni deo istraživanja mnogih naučnih institucija. Cilj ovog rada je da prikaže mogućnosti, prednosti i nedostatke grafovskih baza podataka u institucijama sa hijerarhijskim ustrojstvom, sa posebnim osvrtom na institucije koje su u funkciji odbrane.

Abstract - Graphs represent one of the most appropriate ways to describe the real world and are therefore an integral part of many scientific researches institutions. The aim of this paper is to show the possibilities, advantages and disadvantages of graph databases in institutions with a hierarchical organization, with special emphasis on institutions that are function defense.

1. UVOD

Grafovske baze podataka su u upotrebi već duži niz godina. U početku razvijen je veliki broj modela grafovskih baza podataka i još veći broj programskih jezika za pristup i upravljanje podacima. Istraživanje je vremenom zastalo, ali u poslednje vreme, pojavom NoSQL baza podataka i same filozofije unosa podataka koje se razlikuje od relacionih baza podataka, zatim orijentacijom informatičkih sistema ka boljem iskorišćavanju resursa u što kraćem vremenu, ova tema dobija na značaju. Sve više podataka koji se svakodnevno koriste čini se prirodno opisati grafovima i unositi u grafovske baze podataka: semantički web, društvene mreže, lokacije navigacijskih sistema, itd.

Povećana potreba za dubinskom analizom podataka nije zaobišla ni podatke prikazane grafovima, tako da je vremenom razvijen veći broj više ili manje efikasnih algoritama koji spadaju u ovo područje. Velike količine podataka koje se u današnje vreme prikupljaju i unose iziskuju i potrebe za komprimovanjem grafova, što predstavlja još jedan razlog za efikasnijom analizom grafova. Ne može se zanemariti ni činjenica da je većina podataka danas sastavni deo relacionih baza podataka, a iz razloga što ih je prirodno prikazati u grafovima, zanimljivi su algoritmi za transformaciju podataka iz relacionih u grafovske baze podataka.

2. GRAFOVSKE BAZE PODATAKA

Formalno, graf je definisan kao:

$$G = (V, E) \quad (1)$$

pri čemu je V konačan neprazan skup, a skup E predstavlja binarne relacije elementa skupa V . Elementi skupa V se nazivaju čvorovi, a elementi skupa E grane. Broj elementa skupa V se naziva red grafa.

Šema grafovske baze podataka je prikazana u formuli:

$$Gdb = (V, E, \psi, L, \lambda) \quad (2)$$

gde je V skup čvorova, E skup grana, ψ je funkcija incidence iz E u $V \times V$, L je skup oznaka, a λ je funkcija za označavanje iz $V \cup E$ u L . [1]

Ovakva uopštena definicija omogućava da graf primenjujemo ne samo u matematici, već i u informatici, elektronici i tehnici uopšte, a takođe i u hemiji, lingvistici, ekonomiji i mnogim drugim oblastima. [2]

U računarstvu, graf je vrsta strukture podataka, tačnije apstraktan tip podataka, koji se sastoji od skupa čvorova i skupa grana, koje predstavljaju odnose (veze) između čvorova. Graf kao struktura podataka direktno potiče od matematičkog koncepta grafa. [2]

Teorija grafova je oblast matematike, veoma zastupljena i u informatici, čija je oblast istraživanje osobina grafova. Veoma je česta upotreba grafova za opis modela ili strukture podataka. Proučavanje algoritma koji rešavaju probleme upotrebom grafova predstavlja veoma značajan deo informatičke nauke.

Ako su parovi čvorova (u, v) koji odgovaraju granama uređeni, radi se o usmerenom grafu ili digrafu (directed graph), a ako su ovi parovi neuređeni radi se o neusmerenom grafu. Ako u grafu ima i usmerenih i neusmerenih grana radi se o mešovitom grafu. [2]

3. OPIS PROBLEMA

Moderno ratovanje podrazumeva veliku mobilnost, poboljšane sisteme naoružanja dalekog dometa i preciznost informacija da bi komandant na bojnopolju mogao prilagođavati svoje planove na različite taktičke situacije.

Za komandanta koji treba da napravi tačan i efikasan plan napada ili odbrane, protok informacija na bojnopolju mora biti blagovremen, tačan i relevantan. To zahteva da podaci moraju biti "uhvaćeni" i obrađeni na izvoru tako

da se odgovarajuće informacije efikasno distribuiraju na željeni nivo odlučivanja.

U postojećim telekomunikacionom i informatičkom obezbeđenju ratovanja poruke se prenose putem različitih medija, koristi se konglomerat različitih informacija iz različitih domena realnog sistema. Zato je neophodno da se sagledaju nove tehnike rukovanja informacijama i iskoristi pun potencijal računarskih sistema i komunikacione mreže u realnom vremenu.

Mobilnost i naoružanje današnjice daju novu dimenziju rata, gde u realnom vremenu računarski sistem može biti najmoćnije sredstvo komadantu na bojnopolju. Sposobnost računarskog sistema da upravlja velikom količinom podataka i da obezbedi vitalne informacije u interaktivnom režimu može da promeni ishod oružanog sukoba. Pošto vreme predstavlja odlučujući faktor ishoda, podaci moraju biti tako strukturirani da se obezbedi brz odgovor. Očigledno, da je stari koncept organizovanja podataka u ovom slučaju neefikasan. Kao takav, postoji potreba da se razvije struktura baze podataka operativnih informacija koja obezbeđuje pronalazjenje različitih informacija u realnom vremenu.

U svakom budućem oružanom sukobu, suprostavljene strane bi koristile sve svoje resurse, i imale bi potrebu donošenja preciznih odluka u vezi korišćenja različitih delova svojih resursa. Zajedničke karakteristike efikasnog komandovanja i sistema za upravljanje su brzina i preciznost. Aktivnosti kao što su prikupljanje informacija, prenos podataka, obrada informacija i prenos informacija dešavaju se kontinuirano. Zbog toga je od suštinske važnosti da se u realnom vremenu računari koriste kao pomoć za taktičku komandu i kontrolne funkcije.

Vreme reakcije u oružanom sukobu je od presudnog značaja. Vreme reakcije može biti minimizovano ako se smanji vreme za dobijanje informacija. U cilju poboljšanja vremena reakcije, baze podataka moraju da zadovolje zahteve korisnika, odnosno određene faktore koji pomažu u poboljšanju vremena reakcije:

- brzo prikupljanje podataka i prenos,
- brza, precizna i pouzdana obrada velikih količina podataka,
- automatsko indeksiranje, arhiviranje i skladištenje podataka,
- jasan i diferenciran prikaz informacija odgovarajućem nivou komandovanja,
- automatska procena alternativa i donošenja odluka,
- pravovremena distribucija naređenja,
- dobijanje povratnih informacija,
- brz pristup bazi podataka sa što kraćim vremenom odziva,
- efikasna bezbednost i integritet podataka.

4. PREDLOG REŠENJA

Značaj brzog vremena odziva (reakcije) zahteva efikasnu organizaciju podataka. Međutim, tradicionalni sistemi za upravljanje bazama podataka ne ispunjavaju u potpunosti

vitalni uslov za pružanje tačnih i pravovremenih informacija za pravilno i ispravno donošenje odluka, posebno u slučaju kada imamo veliki broj međusobno višestruko povezanih objekata. Tu se javlja potreba za grafovskim bazama podataka i računarskim mrežama koje olakšavaju protok informacija u granicama prihvatljivog vremena odziva. To je posebno izraženo u hijerarhijskim institucijama kao što je vojska.

Baza podataka se može definisati kao skup međusobno povezanih podataka sa kontrolisanom redundansom koje treba da opslužuju jednu ili više aplikacija na optimalan način. Struktura podataka u bazi podataka trebalo bi da bude nezavisna od samih aplikacija. Što podrazumeva da baza podataka sadrži podatke za višekorisničko okruženje, gde bi se svaki korisnik bavio delom podataka. Ažuriranje i preuzimanje podataka iz baze mora biti kontrolisano.

U cilju dizajniranja odgovarajuće strukture baze podataka, i efikasnog sistema za pružanje informacija u realnom vremenu, za vojnu primenu mora se obezbediti sledeće:

- hijerarhijska organizaciona struktura,
- unos podataka na svim nivoima hijerarhije,
- pristup samo ovlašćenim licima,
- svaka jedinica hijerarhijske strukture ima podatke o vitalnim stavkama (tenkovi, oružje, vozila, tehnika, ljudstvo), i podatke o aktivnostima u svojoj zoni operativne odgovornosti,
- mogućnost pružanja različitih operativnih informacija u realnom vremenu.

U savremenom svetu, upotreba baza podataka je veoma raširena. Korisnicima aplikacija ili servisa, naravno nije bitno koji model baze podataka se koristi, ali za dizajnera aplikacije biranje modela baze podataka može da predstavlja problem. Najčešće korišćeni modeli danas su relacioni, objektno orijentisani i dokument model baze podataka. Upotreba graf modela baze podataka tek počinje i dobija na popularnosti [3].

Većina institucija u službi odbrane prati hijerarhijsku strukturu organizacije, pa samim tim i vojska. Kao ozbiljan kandidat za implementaciju predloženog rešenja nameće se Neo4J sistem za upravljanje grafovskim bazama podataka. Karakteristike koje ga preporučuju su [3, 4]:

- pouzdanost (transakcije podržavaju pun set ACID (*Atomicity, Consistency, Isolation, Durability*) standarda),
- trajnost i performanse koje počivaju na jedinstvenom disk-zasnovanom storage engine-u,
- izuzetna skalabilnost – do nekoliko milijardi čvorova/relacija/svojtava, visoka dostupnost pri distribuciji na većem broju mašina,
- veoma brza pretraga zahvaljujući algoritmima za high-speed graf upite,
- mogućnost "embed-ovanja" u Java aplikacijama,
- podrška za Cypher – deklarativni graph query language,
- za reprezentaciju podataka se podrazumevano koristi JSON, kako za podatke koji se šalju Neo4j

serveru tako i za podatke koje Neo4j server vraća klijentima,

- jednostavnost pristupa pri kodiranju pomoću REST API-ja ili objektno orijentisanog Java API-ja,
- velika količina podataka koja ne zahteva skupe operacije spoja,
- direktno mapiranje na objektno orijentisani model,
- pogodne su za razvoj ad-hoc aplikacija ili aplikacija koje brzo evoluiraju zbog svoje fleksibilne šeme,
- pogodne za operacije tipa: obilazak grafa, provere da li postoji put između dva čvora, određivanje suseda, traženje najkraćeg puta između dva čvora.

Model grafovske baze podataka se primenjuje u oblastima u kojima se informacije o povezanosti podataka ili topologije podjednako važne kao i sami podaci. Uvođenje grafova, kao sredstvo za modeliranje, ima nekoliko prednosti za ovakvu vrstu podataka. [5]:

- omogućava prirodnije modeliranje podataka. Graf strukture su vidljive korisniku i omogućavaju prirodno rukovanje podacima aplikacija, na primer, hipertekst ili geografski podaci. Grafovi imaju prednost zato što sadrže sve informacije o entitetu u jednom čvoru i pokazuju relevantne informacije pomoću lukova koji su vezani za njih [Paredaens et al. 1995]. Graf objekti mogu imati podatke prvog reda; sam korisnik može da definiše neki deo baze podataka kao eksplicitnu graf sturkturu [Guting 1994], omogućavajući enkapsulaciju [Levene and Poulouvassilis 1990].

- upiti mogu da se odnose direktno na strukturu grafa. U skladu sa teorijom grafova postoje i specijalne operacije kao što su pronalaženje najbliže putanje u grafu

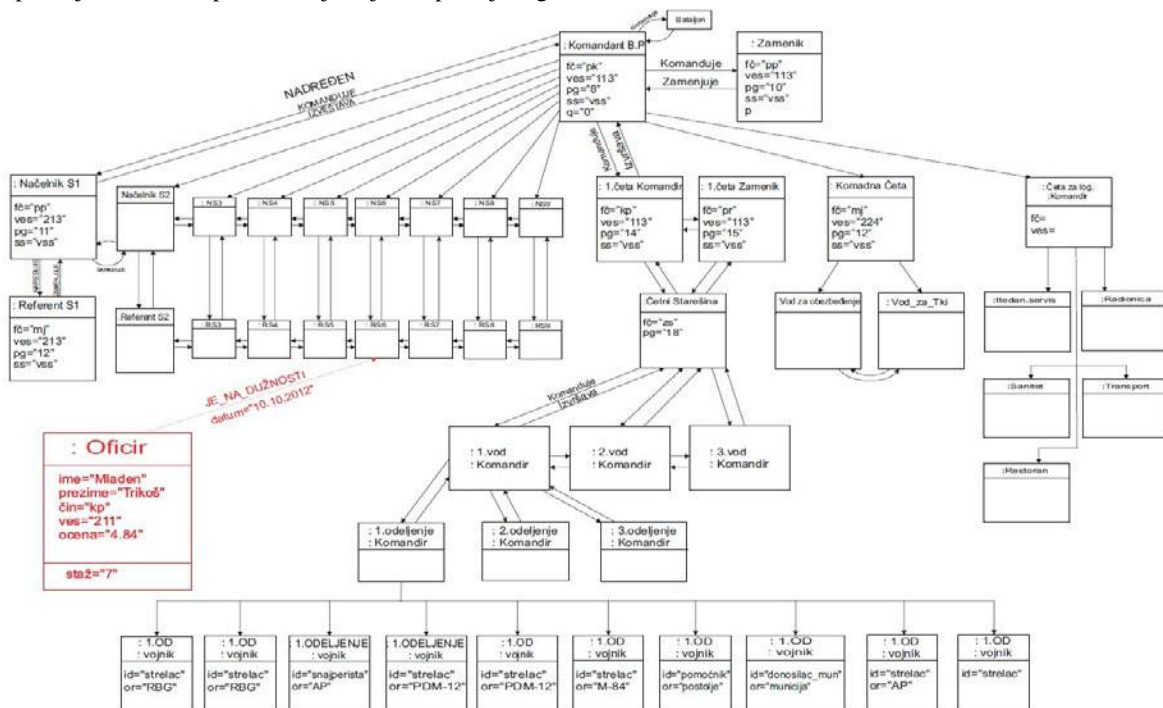
do određenog čvora ili determinisanje podgrafova. Eksplicitni grafovi i graf operacije omogućavaju korisnicima da naprave upit na visokom nivou apstrakcije. Nije potrebno poznavanje kompletne strukture grafa da se iskažu smisleni upiti [Abiteboul et al. 1997].

- za implementaciju, grafovske baze podataka mogu da obezbede graf strukture za skladištenje podataka i efikasne graf algoritme za realizaciju specijalnih operacija [Guting 1994].

Navedeni faktori doveli su do izbora hijerarhijske strukture grafovske baze podataka za prikaz graf modela pešadijskog bataljona (slika 3).

U ratnim uslovima, neophodno je obezbediti običnim korisnicima koji nisu programeri, da izvrše upit nad bazom podataka i dobiju potrebne informacije. Da bi to ispunili neophodno je odabrati pogodan upitni jezik. Izbor efikasnog upitnog jezika direktno je vezan za strukturu baze podataka. S tim u vezi, za predloženo rešenje i strukturu baze podataka predlaže se Cypher upitni jezik.

Cypher je deklarativni upitni jezik koji se u Neo4ju koristi za pisanje upita nad grafovskom bazom podataka. Cypher verovatno spada u jedne od jednostavnijih graf upitnih jezika za učenje, jer je i nastao sa tom idejom. Naime, osnovna ideja je bila da se "ukrade" deo sintakse i konstrukcije nekih dobro poznatih popularnih upitnih jezika (SQL, SPARQL), kako bi poznavaooci ovih jezika što lakše upoznali i što bezbolnije "progovorili" i Cypher. Tako su se u vokabularu Cyphera našle klauzule poput: START, MACH, RETURN, WHERE, ORDER BY, DISTINCT i slične [3].



Slika 3. Graf model podataka sastava bataljona

Paralelno uz ovu "krađu" reči i konstrukcija iz postojećih upitnih jezika, Cypheru su dodate i neke specifične, originalne (i vrlo zanimljive) osobine i koncepti. Jedna od takvih osobina, koja bi takođe trebala da doprinese jednostavnosti njegovog korišćenja, proizilazi iz načina na koji je odabrano da se elementi grafovskih konstrukcija opisuju u okviru Cyphera. Odlučeno je da se ovi opisi, koji se u Cypheru nazivaju paterni, pokušaju zapisati na način na koji bismo ih prirodno zapisivali da koristimo svakodnevni govorni jezik. Projektanti se za opisivanje grafova, odnosno njihovog sadržaja i njihovih elemenata, najčešće služe crtežima i to konkretno graf dijagramima [3].

Sistem koji je predložen u okviru ovog rada može se opisati kao sistem za prikupljanje podataka, centralizovanu obradu prikupljenih podataka i adekvatnu prezentaciju istih.

Shodno tome, vršene su analize u cilju pronalazjenja optimalnog konceptualnog rešenja, kao i analize radi izbora odgovarajućih arhitektura i tehnologija koje bi bile u stanju da to rešenje podrže.

Rešenje koje se predlaže prvenstveno je namenjeno za podršku u okviru hijerarhijski struktuiranih institucija, konkretno vojske. Stoga ono ne bi trebalo da zahteva znatnije resurse, već bi trebalo da se osloni na raspoloživu hardversku i softversku infrastrukturu koja podrazumeva izvršavanje sistema na personalnim računarima i pod operativnim sistemima koji se najčešće koriste u takvim institucijama.

Ovaj sistem bi trebalo da eliminiše postojeće probleme i da omogući bržu i efikasniju obradu podataka. Njegovim uvođenjem bi se olakšao i ubrzao rad komandnih struktura.

5. ZAKLJUČAK

Relacione baze podataka su zastupljene već više decenija, i predstavljaju tehnologiju koja je bila izbor za većinu tradicionalnih aplikacija za pretraživanje i skladištenje podataka. Pretraživanje baza podataka se obično postiže

korišćenjem deklarativnog SQL upitnog jezika. Sistemi relacionih baza podataka su efikasni sve dok podaci ne sadrže mnogo veza koje zahtevaju pridruživanje velikog broja velikih tabela.

Sposobnost računarskog sistema da sačuva i obradi veliki opseg podataka je najvažniji ingredient za blagovremeno i ispravno odlučivanje. Ta sposobnost, obrade i pružanja pravih informacija, bi mogla dovesti u pitanje ispravno reagovanje na bojnopolju. Pogrešna odluka, bilo doneta na osnovu intuicije ili neadekvatne ili netačne informacije može da znači gubitak opreme, materijala, ljudskih života i poraza na bojnopolju. Tokom vojnih operacija, obaveštajni podaci o sopstvenim i neprijateljskim snagama uvek su bili preduslov za uspešan ishod operacija.

Stoga u hijerarhijski struktuiranim institucijama koje zahtevaju obradu velikog broja međusobno povezanih podataka grafovske baze podataka predstavljaju pogodno rešenje, posebno u vojsci i vojnim operacijama.

Ono što je nesporno jeste da baze podataka kroz brojne aplikacije i sisteme postaju bitan deo stvarnosti i sveta koji nas okružuje i samim time zahtevaju stalno unapređenje i poboljšanje karakteristika.

LITERATURA

- [1] Soussi R., Aufaure M.-A., Baazaoui H., Graph Database for Collaborative Communities, Community-Built Databases, Springer-Verlag, Heidelberg, 2012.
- [2] Reinhard Diestel, Graph Theory, Springer-Verlag, New York, 2005.
- [3] Ian Robinson, Jim Weber, Emil Eifrem, Graph Databases, O'Reilly Media Inc., 2013.
- [4] <http://www.it-modul.rs/08/2013/neo4j-najpopularnija-graf-baza/>
- [5] Renzo Angles, Claudio Gutierrez, Survey of Graph Database Models, ACM Computing Surveys, Vol. 40, No. 1, Article 1, Februar 2008.

REALIZACIJA GPS UREĐAJA KORISTEĆI GPS3 CLICK MODUL NA EASYAVR V7 HARDVERSKOJ PLATFORMI

REALIZATION OF A GPS DEVICE USING GPS3 CLICK MODULE ON EASYAVR V7 HARDWARE PLATFORM

Jovana Đurović¹, Boban Mihailov², Ivana Grbović¹, Ivan Tot¹
Vojna akademija¹
Vojska Srbije²

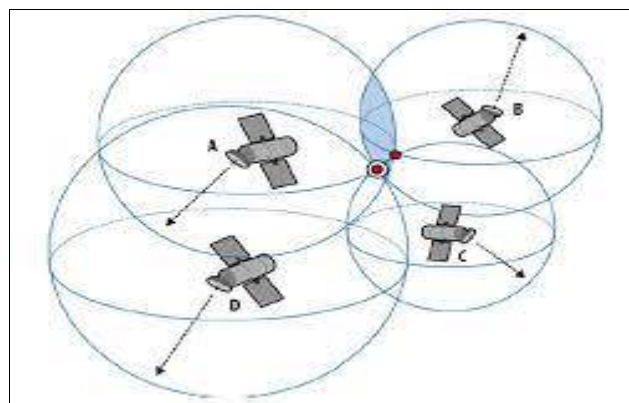
Sadržaj – Upravljanje uređajima i procesima danas se ne može ni zamisliti bez mikrokontrolera i mikroprocesora. Ove komponente se povezuju u sistem i čine sa sistemom jednu funkcionalnu celinu. U radu je predstavljeno na koji način je moguće lociranje pomoću GPS3 click modula. Cilj rada je da se upozna korisnik sa osnovnim principom rada GPS3 click modula i ispita njegovu funkcionalnost kao i praktičnu realizaciju. Glavni zadatak je realizacija aplikacije na mikrokontroleru koja će koristiti oficirima Vojske Srbije za određivanje i čitanje lokacije u svakom trenutku. Realizacija zadatka ukazuje na problematiku preciznosti. Rešenje ovog problema je proračun tačnosti, preciznosti kako bi uvideli moguća odstupanja od već postojećih, definisanih vrednosti.

Abstract – Today device and process control is unimaginable without the use of microcontrollers and microprocessors. These components are connected to the system to make a functional entity. This paper covers the possible way of geolocation using a GPS3 click module. The objective of the paper is to introduce the user to the basic operating principles of the GPS logger and examine its functionality as well as its practical realization. The main task is creating a microcontroller-based application intended for use by Serbian Armed Forces officers in determining and viewing their current location at any given moment. Realization of this task indicates the issue of accuracy. The solution of this problem is the budget of accuracy, precision in order to realize deviations from the existing defined values.

1. UVOD

GPS (Global Positioning System) je sistem za određivanje pozicije na Zemlji. To je prostorno bazirani navigacioni satelitski sistem koji pruža pouzdane podatke o prostoru i vremenu u svim vremenskim uslovima i bilo gde na Zemlji i blizu Zemlje pod uslovom da nema prepreke vidljivosti prema četiri ili više GPS satelita. Službeno ime sistema je NAVSTAR. Sateliti šalju radio signal na površinu Zemlje. GPS prijemnici na osnovu ovih radio signala mogu da odrede svoju tačnu poziciju- visinu, geografsku širinu i geografsku dužinu (pomoću 3 satelita) i korekciju greške koja se javlja kao posledica nesinhronizovanosti GPS vremena i sistemskog vremena (pomoću četvrtog satelita) [1]. Sistem funkcioniše uz

pomoć 27 satelita, od kojih je 24 aktivno, a 3 služe kao rezerva u slučaju kvara. Za izračunavanje pozicije potreban je signal od najmanje 3 satelita (slika 1) [1]. Ovaj sistem je vlasništvo američkih vojnih snaga, i za vreme ratova može biti smanjena tačnost koja inače iznosi oko 10cm [2]. Koordinatni sistem u kome se vrši određivanje pozicije zove se ECEF (Earth Centred Earth Fixed) sistem [3].



Slika 1. Ilustracija određivanja položaja (4 satelita)

GPS obezbeđuje 2 servisa usluga:

- servis standardne tačnosti određivanja pozicije (Standard Positioning Service- SPS) i
- servis koji obezbeđuje veliku tačnost određivanja pozicije (Precise Positioning Service- PPS)

SPS je namenjen za civilne potrebe, a PPS prvenstveno za vojne i posebne potrebe agencija vlade SAD.

GPS sistem se sastoji od 3 komponente:

- komponente u vasioni,
- kontrolne komponente i
- korisničke komponente.

Korisniku je od interesa naravno korisnička komponenta, tj GPS prijemnici na Zemlji.

Za realizaciju rada neophodno je ostvariti 2 zadatka:

- primiti i obraditi NMEA rečenicu upotrebom UART biblioteke i prikazati koordinate na GLCD-u (Graphical Liquid Crystal Display),
- dokazati problem preciznosti pomoću matematičkog proračuna koristeći odgovarajući softver.

Eksperiment je realizovan u krugu Vojne akademije uz pomoć računarske tehnologije i hardverske tehnike:

- EasyAVR v7 ploče,
- Mikrokontroler Atmega32 i
- GPS3 click modula.

Verifikacijom rezultata ustanovljeno je da preciznost diktira upotrebu GPS uređaja.

2. EASYAVR V7

Razvojna ploča EasyAVR v7 (slika 2) predstavlja razvojno okruženje za programiranje i testiranje AVR mikrokontrolera, kompanije Atmel. Ovaj razvojni sistem je interfejs između računara i mikrokontrolera. Brojni moduli na razvojnoj ploči pružaju mogućnost korisniku simuliranja rada uređaja za koji se piše program [4]. Pored programiranja, testiranja i ispitivanja, omogućava njihovo jednostavnije povezivanje sa raznim perifernim uređajima.



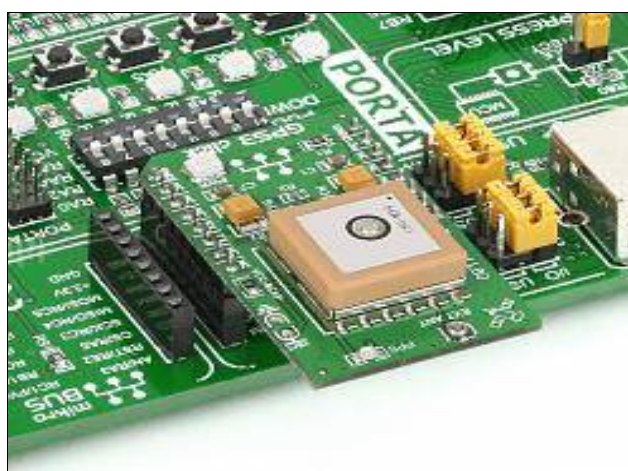
Slika 2. EasyAVR v7

Model ATmega32 kompanije Atmel predstavlja mikrokontroler visokih performansi i male potrošnje. Radi se o osmobjinom kontroleru iz familije AVR (Advanced RISC), sa naprednom arhitekturom procesora sa smanjenim brojem instrukcija. AVR jezgro poseduje 32 registra opšte namene. Svi registri su direktno povezani sa ALU (Arithmetic Logic Unit). Svaki od registara može imati ulogu ACC-a (acumulatora) pri obavljanju aritmetičko-logičkih operacija. Atmel tehnologija je unapredila svoje proizvode i danas ovaj mikrokontroler je jedan od najkorišćenijih. Podržan je od strane mnoštva paketskih programa, sistema, razvojnih alata kao na primer C kompajler i program za otklanjanje grešaka/Simulator. Memorijske performanse su znatno poboljšane kombinovanim korišćenjem fleš i EEPROM memorije. AVR mikroprocesore odlikuje velika brzina izvršenja, oko 1 MIPS po MHz, odnosno 16 MIPS-a ako radi na 16 MHz, što je oko 12 puta više nego kod standardnih osmobjitnih mikroprocesora.

Karakteristika za sve Atmel-ove AVR mikrokontrolere je da imaju procesorsko jezgro, isti set instrukcija i organizacija u memoriji, a razlike koje postoje među raznim AVR familijama se odnose na dodatne specifične mogućnosti koje su ugrađene u svakom od njih (kapacitet memorije, radni napon, broj pinova, itd.).

2.1 GPS3 CLICK MODUL

Za realizaciju ovog rada najvažnija komponenta je GPS3 click modul. Ultra tanki GPS POT modul (slika 3) je zasnovan na Quectel's L80 poznat pod nazivom EASY tehnologija. L80 postiže najbolje performanse i u potpunosti zadovoljava industrijske standarde. Visoke je osetljivosti. Ima svoje pinove koji omogućavaju konekciju sa EasyAVR v7 razvojnom pločom. Komunikaciju obavlja preko UART-a (RX, TX) i RST linije. Ugrađena LED dioda je crvene boje kao znak da je došlo do prijema signala sa satelita. Modul je dizajniran tako da se koristi napajanje od 3,3V. Pored svojih ugrađenih antena (15.0x15.0x4.0) modul poseduje i konektor za eksterno aktivne antene kako bi se koristile uz/umesto već postojeće [5].



Slika 3. GPS3 click modul

EASY tehnologija omogućava da L80 može da predviđa i izračuna orbite koristeći podatke sačuvane u internoj fleš memoriji. Na taj način L80 može popraviti položaj. Pomoću AlwaysLocate tehnologije može čak i podesiti vreme (on/off) da postigne ravnotežu između tačnosti i potrošnje energije u skladu sa uslovima kretanja i samim zakonima prirode koja nas okružuje. Sa svojim dizajnom visoke preciznosti, L80 je savršeno pogodan za široki spektar M2M aplikacija [6].

3. PROTOKOLI I KOMUNIKACIJE

3.1 NMEA PROTOKOL

Kako bi se podaci mogli prebaciti sa prijemnika na neki uređaj ili jedinicu za skladištenje, mora postojati konekcija između ta dva uređaja. Konekciju je moguće ostvariti na više načina ali je jedan uzet kao standard. The National Marine Electronics Association (NMEA) je organizacija koja je odredila specifikacije za komunikaciju dva ili više uređaja i prenos podataka prikupljenih nekim senzorom. Većina programa koji dostavljaju informacije o poziciji u realnom vremenu razumeju i očekuju informacije u NMEA formatu. Te informacije uključuju i PBT (Positionn, Velocity, Time) rešenje koje dostavlja GPS prijemnik. Ideja je da se šalje niz poruka sa podacima koje se nazivaju rečenice i koje su

nezavisne od ostalih rečenica. Postoje standardne rečenice za svaku kategoriju uređaja. Sve rečenice imaju prefiks od dva slova koji označavaju uređaje koji koriste taj tip rečenice i nakon njega još tri slova (za GPS GGA- daje uvid u 3D lokaciju i tačnost podataka) koja čine sadržaj rečenice. Za GPS prijemnik prefiks je GP (Global Positioning system). Verzija NMEA 0183 je industrijski standard koji omogućava komunikaciju više uređaja. Potpuno je kompatibilna sa EIA 422-A koji se koristi kod računarskih portova [7]. Sve NMEA 0183 poruke se šalju preko sabirnice u obliku NMEA poruke i ima propisani format:

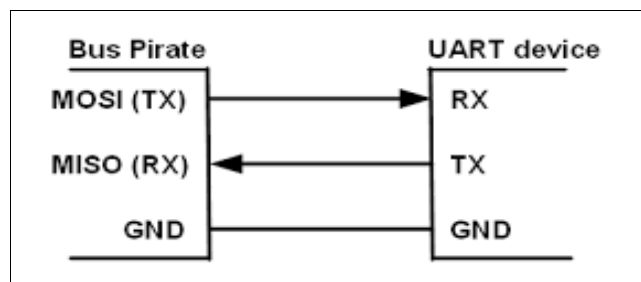
```
$GPGGA,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,M,
<11>,<12>,<13><CR><LF>.
```

Svaka rečenica počinje sa \$. Bitni podaci ove rečenice su geografska dužina(<4>,<5>), geografska širina(<2>,<3>), i visina(<9>,<10>), kao i vreme (<1>). Primer očekivane NMEA rečenice:

```
$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,
1.0,9.0,M,,,,,0000*18<CR>
```

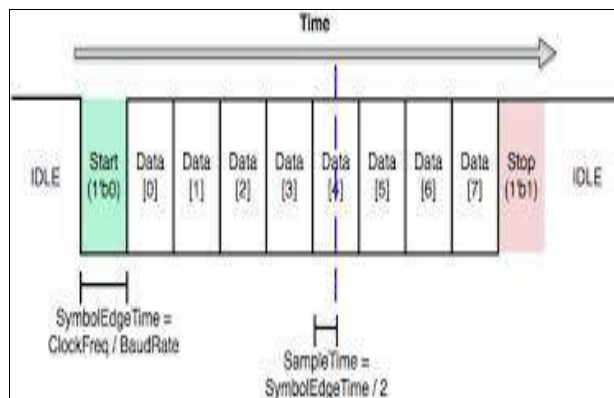
3.2 SERIJSKI KOMUNIKACIONI INTERFEJS

Serijski komunikacioni interfejs (SCI-Serial Communication Interface) se drugačije naziva i asinhroni komunikacioni interfejs (UART- Universal Asynchronous Receiver Transmitter). UART modul koristi dve linije, jednu za predaju TX, jednu za prijem RX za jednostanu ili dvostranu komunikaciju. Struktura dva povezana UART modula je prikazana na slici 4.



Slika 4. Komunikacija UART-a

Oba učesnika imaju spoljašnje generatore takta. UART nije protokol već modul. Prilikom prenosa podataka (slika 7.), podaci se uvek nalaze između jednog start i jednog stop bita. Kada se komunikacionim kanalom ne prenose podaci linija je neaktivna. Poruka počinje start bitom koji liniju postavlja na „0“. Silazna ivica je znak prijemniku da nova poruka pristize. Posle start bita slede bitovi podataka (od bita najmanje težine ka bitu najveće težine) a može postojati i bit parnosti. Poruka se završava jednim (ili sa dva) stop bitom koji odgovara višem naponskom nivou. Brzina prenosa se generiše na osnovu sistemskog takta.

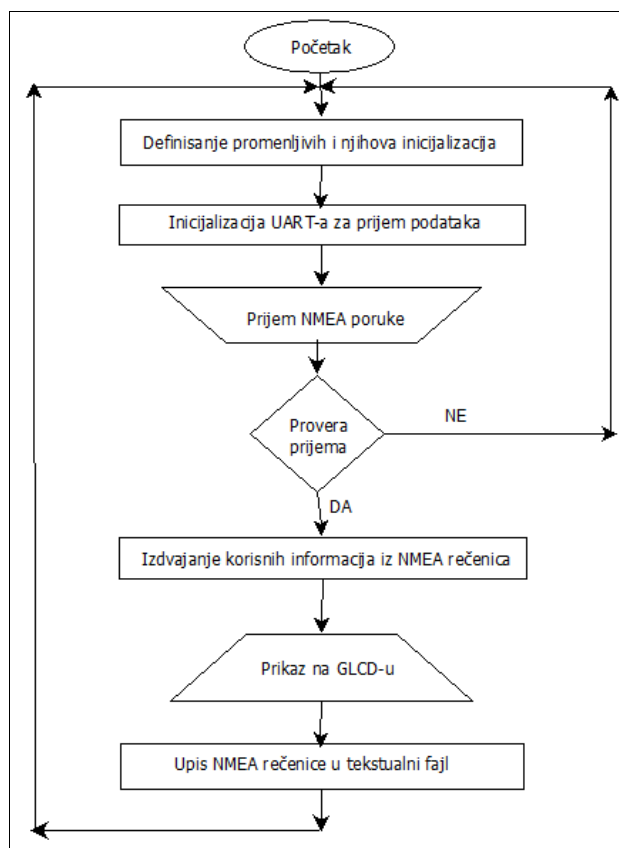


Slika 5. Prenos podataka preko UART-a

Zahvaljujući ovoj komunikaciji, vrednosti koje su od značaja će se moći memorisati u tekstualni fajl i tako iskoristiti za upoređivanje dobijenih i definisanih vrednosti.

4. SOFTVERSKO REŠENJE

Pređeni zadaci u prvom odeljku realizovani su softverskim putem zahvaljujući komunikaciji između hardvera i računarske tehnologije. Nakon analize problema, rešenje je dato u vidu algoritma, koje je zatim implementirano u aplikaciji u programskom paketu microC PRO for AVR, uz pomoć raspoloživih biblioteka. Algoritam toka programa, odrađen pomoću softverskog alata Dia, je prikazan na slici 6.



Slika 6. Algoritam toka programa

Izvršenje algoritma je predstavljeno i u vidu koda. Po inicijalizaciji varijabli i GLCD-a potrebno je inicijalizovati UART i pripremiti sistem za izvršni deo koda (slika 7).

```
void main() {

    RST_Direction = 1;    // Setovanje RST pina kao izlazni

    RST = 0;
    Delay_ms(100);      // Pulldown RST pin
    RST = 1;

    Glcd_Init();        // Inicijalizacija GLCD
    Glcd_Fill(0x00);    // Brisanje GLCD pre ispisa
    Delay_ms(100);

    ready = 0;         // Inicijalizacija varijable
    i = 0;

    UART1_Init(9600);   // Inicijalizacija UART-a na 9600

    RXCIE_bit = 1;     // Enable prekid na prijemnoj strani UART-a
    SREG_I_bit = 1;    // Enable globalni prekid
}
```

Slika 7. Inicijalizacija GLCD-a i UART-a

UART je potrebno definisati i omogućiti komunikaciju ukoliko je primljena NMEA rečenica od interesa. U odeljku o NMEA protokolu je prikazano kako treba da izgleda rečenica sa potrebnim podacima. Ukoliko je ovaj uslov ispunjen UART omogućava komunikaciju između glavnog dela softverske realizacije i hardverske implementacije. Unutar glavnog dela programa, ukoliko su ostvareni svi ostali preduslovi, započinje izvršenje beskonačne petlje koja izdvaja korisne podatke iz NMEA stringa (slika 8).

```
while(1) {

    if(ready == 1) {          // Ukoliko je sve u redu, uradi:
        ready = 0;
        string = strstr(txt, "$GPGGA");
        if(string != 0) {     // Ukoliko niz sadrži $GPGGA, sledi
            if(string[43] == '1') { // Ako "$GPGGA" NMEA poruka ima prvih 8 bitova
                // GPS nema tačno definisanu poziciju

                sirina = (string[18]-48)*1000+(string[19]-48)*100+(string[20]-48)*10+(string[21]-48)+
                string[23]-48)*0.1+(string[24]-48)*0.01+(string[24]-48)*0.001+(string[24]-48)*0.
                .0001 ;

                duzina = (string[30]-48)*10000+(string[31]-48)*1000+(string[32]-48)*100+(string[33]-48)*10+(string[34]-48)+
                (string[36]-48)*0.1+(string[37]-48)*0.01+(string[37]-48)*0.001+(string[37]-48)*
                0.0001;

                if(string[28] == 'S') { // Ako je sirina na jugu ima znak minus
                    sirina = 0 - sirina;
                }
                if(string[41] == 'W') { // Ako je duzina na zapadu ima znak minus
                    duzina = 0 - duzina;
                }
            }
        }

        // Izvlacenje visine iz NMEA recenice
        for(i=0;i<5;i++){
            visina[i]=string[i+52];
        }
        visina[5]=0;
    }
}
```

Slika 8. Izdvajanje geografske dužine, širine i visine iz NMEA string-a

Dobijene podatke je potrebno ispisati na GLCD-u pomoću funkcije „Glcd_Write_Text();“ i na taj način očitati koordinate. Lociranje je izvršeno, ali se postavlja pitanje sa kolikom preciznošću.

Da bi se vršila obrada krajnjih produkata potrebno ih je memorisati. Njihovim slanjem na UART i memorisanjem u tekstualni fajl omogućava se pamćenje prosleđenih podataka radi daljeg rada s njima.

5. PRORAČUN PRECIZNOSTI

Plikom izvođenja eksperimenata, merenja mora se voditi računa o tačnosti ali i o preciznosti dobijenih rezultata. O tačnosti i preciznosti se ne može govoriti sa sigurnošću. Zato je potrebno izvršiti određene proračune pomoću odgovarajućih softvera kako bi se odredila odstupanja od potpuno tačne vrednosti.

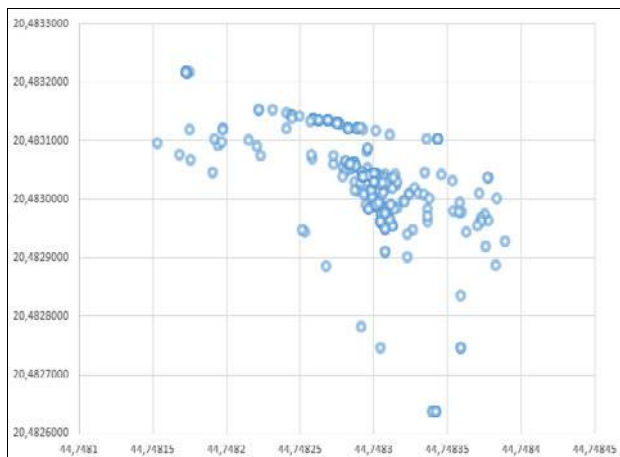
Nakon softverske realizacije izvršena su i odgovarajuća merenja. Kao rezultat pojavljuje se par stotina podataka koji su iskorišćeni za proračun aritmetičke sredine, preciznosti i promene dužine i širine kroz vreme.

Greške sistema GPS-a nisu konstantne već variraju. Mogu biti izazvane od strane: jonosfere($\pm 5m$), pomeraja orbita satelita($\pm 2.5m$), greške časovnika satelita($\pm 2m$), efekta odbijanja($\pm 1m$), efekta troposfere($\pm 0.5m$) i greške proračuna i zaokruživanja($\pm 1m$). Sumiranjem dolazimo do ukupne greške koja iznosi ± 15 metara. Kada je selektivan pristup bio aktivan ova greška je iznosila ± 100 metara. Standardna preciznost diferencijalnog GPS-a (DGPS) iznosi $\pm 3-5$ metara, a standardna preciznost WAAS/EGNOS iznosi $\pm 1-3$ metara.

Teoretski, uspešnost merenja se ogleda u tome da 50% merenja mora se nalaziti u krugu poluprecnika 25 metara. Ukoliko je to zadovoljeno, tačnost lociranog mesta je određeno sa potpunom preciznošću. Dokazivanje tvrdjenja se realizuje raznim proračunima. Da bi se došlo do cilja potrebno je:

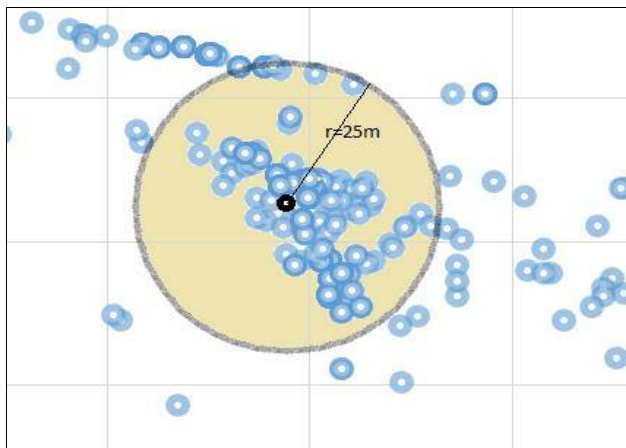
- pretvoriti WGS84 koordinate (dobijene izdvajanjem iz NMEA stringa) u pravougle koordinate i
- automatizovati proces matematičkog proračuna rastojanja pojedinačnog merenja od srednje vrednosti koristeći softver Matlab.

Preciznost upotrebljenog GPS3 click modula iznosi do 25 metara. Korišćenjem podataka dobijenih merenjem, očitanih na svake 3 sekunde, ustanovljena je srednja vrednost. Na slici 9. prikazano je plavim tačkama variranje geografske dužine i širine na jednom mestu koje se javlja zbog raznih smetnji i zbog lošeg prijema signala satelita. Merenje pokazuje da se ne dobijaju iste vrednosti dužine i širine jer postoje i dodatni uticaji spoljašnje sredine. Zato je neophodna srednja vrednost koja će služiti kao fiksna vrednost na osnovu koje će se vršiti ostali proračuni.



Slika 9. Variranje geografske dužine i širine

Opisivanjem kruga sa centrom u tački srednje vrednosti, poluprečnika 25 metara, potvrđuje se da se u krugu nalazi 54,27% merenja (slika 12). Crnom tačkom je označena srednja vrednost merenja, a krugom krajnji produkt projekta što je bio i cilj. Praktična realizacija pokazuje da je teoretsko tvrđenje tačno i da prilikom određivanja pozicije možemo biti sigurni da nije došlo do greške. Jedina stvar na koju se vodi računa je da se realizovani GPS, hardver koji koristimo, mora nalaziti na otvorenom prostoru radi boljeg prijema signala satelita.



Slika10. Prikaz preciznosti GPS3 klik modula

6. ZAKLJUČAK

GPS je potreban kako čoveku tako i mnogim profesionalnim jedinicama za lakše snalaženje i orijentaciju u prostoru. Mnoge akcije su sprovedene od strane profesionalaca uz pomoć provere podataka upravo na ovom sistemu. Jedna od osnovnih početnih obuka budućeg oficira jeste snalaženje u prirodi koja nas okružuje. Realizacija ovog rada pokazuje da je moguće stvoriti uređaj koji na jednostavan i brz način određuje koordinate lokacije u datom trenutku, na određenom mestu sa potpunom tačnošću. Jedinicama Vojske Srbije je to od izuzetnog značaja i može im biti od koristi kako u miru, tako i u ratu. Mnogi će se zapitati zbog čega je potreban ovaj projektovan uređaj kada on već postoji i može se kupiti. Odgovora je mnogo, a neki od njih su:

- zato što je jeftiniji za realizaciju i

- zato što čovek kao pripadnik vojske neće biti u situaciji da poseduje gotov proizvod, već će morati od ponuđenog elektronskog materijala stvoriti elektronski uređaj radi rešavanja komplikovane situacije kako bi spasio veliki broj života.

GPS sistem je danas u velikoj meri korišćen kao aplikacija na modernim mobilnim uređajima.

7. LITERATURA

- [1] Pratap Misra, Per Enge, „*Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance*“, Ganga-Jamuna Press, P.O. Box 633, Lincoln, Massachusetts 01773, 2011
- [2] Ahmed El-Rabbany, „*Introduction To GPS: The Global Positioning System*“, Second Edition, Artech House, Boston, London, 2006
- [3] <http://what-when-how.com/gps-with-high-rate-sensors/ecef-coordinate-systems-gps/>
- [4] Tomas Grace, „*Programming and Interfacing Atmel AVR Microcontrollers*“, Boston, MA 02210
- [5] http://microcontrollershop.com/product_info.php?products_id=7069
- [6] <http://www.quectel.com/product/prodetail.aspx?id=62>
- [7] www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm

Projektovanje istraživanja zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju

Design research information protection in the contemporary operating environment

Dejan Kršljanin

Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije

e-mail: dejan.krsljanin@vs.rs

Sadržaj: U uslovima savremenog operativnog okruženja, analizom operativnog okvira, komande svih nivoa komandovanja i rukovođenja u vojnoorganizacionom sistemu, dolaze do saznanja relevantnih za misiju i zadatak u zoni operacije. Na osnovu tih saznanja donose odluke, koje treba da budu svrsishodne, sprovodljive, blagovremeno donete i zaštićene (tajne). Tajnost se postiže zaštitom informacija.

Složeni uslovi savremenog operativnog okruženja su promenljivi i ispoljavaju različit uticaj na zaštitu informacija. Sagledavanje uticaja okruženja i spoznaja o pojavama u informacionom ambijentu zahteva sveobuhvatan i naučno utemeljen pristup u istraživanju zaštite informacija, čija je aktuelnost u savremenom operativnom okruženju nesumnjiva. Zato su i saznanja iz projektovanja istraživanja veoma značajna, jer se projektovanjem složene aktivnosti dovođa do stvaranja uslova da se istraživanje realizuje planski.

Projektovanje istraživanja zaštite informacija treba da omogući da metodološka misao prati ubrzani proces informatizacije u savremenom operativnom okruženju, da razvije metodološke postupke i da stvori naučno zasnovane pretpostavke funkcionisanja informacionog ambijenta u uslovima opterećenim raznovrsnim rizicima i pretnjama informacionoj bezbednosti.

Ključne reči: informaciona bezbednost, projektovanje istraživanja, zaštita informacija,

Abstrakt: In terms of the contemporary operating environment, analyzing the operational framework, controls all levels of command and control in vojnoorganizacionom system, come to the knowledge relevant to the mission and task in the area of operations. Based on these findings make decisions, which should be meaningful, enforceable, timely made and protected (secret). Confidentiality is achieved by protecting information. The complex conditions of contemporary operational environment are variable and exert different effects on the protection of information. Consideration of the environmental impact and knowledge about developments in information ambience requires a comprehensive and scientifically based approach to study the protection of information whose actuality in the contemporary operating environment unquestionable. That is why the findings of the research design

is very important because the design of complex activities in bringing de order and create conditions to realize planned research. Design research information protection should ensure that methodological thought follows an accelerated process of computerization in the contemporary operating environment, to develop methodologies and to create scientifically based assumptions functioning of an information environment in terms of the loaded variety of risks and threats to information security.

Keywords: informations security, design research, the protection of information,

1. UVOD

Pored globalnih ambijentalnih, prirodnih i geostrategijskih promena, bitno su izmenjene i okolnosti u naučnoj, tehničkoj, tehnološkoj, ekonomskoj i političkoj delatnosti i u oblasti upravljanja društvenim procesima. Naučni i tehnološki razvoj i ekspanzija informacionih tehnologija i telekomunikacija doneo je ljudskom društvu, pored postojećih fizičkih (kopno, voda, vazduh, kosmos) i novi, virtuelni ambijent – sajber ili informacioni prostor. Novi ambijent karakterišu mnoge pojave i raznovrsni činioci, sa specifičnim atributima i međusobnim korelacijama.

Informacioni ambijent je sastavni deo okruženja u kojem se sprovode delatnosti vojnoorganizacionog sistema, što direktno nameće potrebu za detaljnim proučavanjem pojava u informacionom prostoru i konteksta uticaja koji na zaštitu informacija ispoljavaju činioci i dimenzije okruženja. Značajno je da buduća istraživanja budu zasnovana na naučnom pristupu, projektovana i metodološki valjano sprovedena.

Uticaj operativnog okruženja na zaštitu informacija, i pored aktuelnosti, nije dovoljno izučavan sa vojnog aspekta, iako na značaj ukazuju činjenice: (1) pretnje informacionoj bezbednosti deluju i u miru i u ratu, odnosno neprestano; (2) informaciona bezbednost, odbrana od sajber pretnji i zaštita informacija sastavni su deo strategija većine savremenih država, vojnih saveza i bezbednosnih organizacija; (3) relativno male snage, pretnjama u informacionom prostoru, mogu naneti ogromne štete, kako državnom tako i vojno-organizacionom sistemu.

U radu se sagledava složenost i korelacija odnosa činilaca

informacione bezbednosti i zaštite informacija u uslovima kompleksnog savremenog operativnog okruženja; razmatraju se teorijske i metodološke pretpostavke projektovanja istraživanja zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju, uslovi za istraživanja zaštite informacija i njihova naučna zasnovanost i klasifikacija.

U zaključku su date preporuke za dalja istraživanja u oblasti zaštite informacija.

2. INFORMACIONA BEZBEDNOST I SAVREMENO OPERATIVNO OKRUŽENJE

Informaciona bezbednost je složen i u svojoj suštini višeslojan pojam, a takvim ga dodatno čini masovna primena računara, informacionih i komunikacionih tehnologija u svim sverama ljudske delatnosti. Osim nesumnjivog napretka za društvenu zajednicu, najšira upotreba donela je i mnoge negativne pojave kao što su: problemi u oblasti čuvanja informacija o ličnosti (zloupotreba baza podataka sa personalnim podacima), pojavu neovlašćenog pristupa bazama podataka sa krađama novca (u elektronskom poslovanju), probleme u vezi sa napadima na sistemske i aplikativne programe (virusi, crvi, trojanci itd.), probleme u vezi ponašanja ličnosti („zavisnost”), promene u socijalnom okruženju, promene u međudržavnim odnosima, javno objavljivanje klasifikovanih podataka iz oblasti odbrane i bezbednosti itd.

U razmatranju okruženja savremeni teoretičari su saglasni da ono predstavlja skup činilaca koji svojim delovanjem ispoljavaju uticaj na ljudsku delatnost i kreiraju ambijent u kojem postoji i funkcioniše društvena zajednica. Sa vojnog aspekta, okruženje ima složenu višedimenzionalnu strukturu, pri čemu svaka od njegovih dimenzija ispoljava različite uticaje na ukupnost rezultata upotrebe vojnih snaga u određenim ambijentalnim uslovima. Pri tome, različiti uslovi i faktori ostvaruju uticaj na delovanje vojno-organizacionog sistema u ostvarenju njegove društvene uloge i izvršavanju odbrambenih zadataka. [1]

Operativno okruženje karakteriše spektar raznovrsnih uslova, koji utiču na ishod operacije. Ti uslovi su često kompleksni po strukturi, pa je potrebno izvršiti njihovu klasifikaciju i strukturalno uopštavanje. Sistematizaciju otežava promenljiva priroda činilaca i uslova, zbog čega je teško odrediti reprezentivno okruženje u kojem se odvija vojna delatnost. Najšire posmatrano, okruženje u kojem se upotrebljavaju snage vojnoorganizacionog sistema obuhvata političku, socijalnu, ekonomsku, vremensku, tehnološku, informacionu, fizičku i vojnu dimenziju. [2]

3. ASPEKTI PROJEKTOVANJA ISTRAŽIVANJA U OBLASTI ZAŠTITE INFORMACIJA

Istraživanja zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju su u današnje vreme znatno dobila na aktuelnosti, što i saznanja iz projektovanja istraživanja čini veoma značajnim. Uopšteno posmatrano, istraživanja u oblasti informacione bezbednosti i zaštite informacija su složena i

obimne aktivnosti i zahtevaju interdisciplinarni naučni pristup.

U oblasti informacione bezbednosti, metodološka misao još uvek ne prati višestruko ubrzan proces informatizacije društva. Metodološki postupci nisu u potpunosti razvijeni, a informacioni ambijent je opterećen raznovrsnim rizicima i pretnjama. Sve to zahteva kreiranje teorije i prakse projektovanja u oblasti zaštite informacija, koja će logički, organizaciono i tehnički biti adekvatna istraživanju u informacionoj bezbednosti. Potrebe za istraživanjem u ovoj oblasti ograničava nedostatak metodološki osposobljenog kadra za istraživanje, dok se istovremeno multiplicira tehnološki razvoj informacionih sredstava i servisa, a akcenat se stavlja na dostupnost i neprekidnost njihove primene.

Projekat je uslov za bilo kakvu racionalnu aktivnost više ljudi. Projektovanjem se složene aktivnosti, koje bi ograničile ili onemogućile istraživanje, dovode u red, tako da se ono realizuje planski.[3]

Zaštita informacija se sistematski izučava i primenjuje u svim savremenim armijama sveta, ali rezultati i način istraživanja se ne objavljuju. U osnovi, zaštita informacija predstavlja delatnost koja se temelji na empirijskim dostignućima i praktičnim istraživanjima u oblastima primenjene matematike i tehničko-tehnološke primene. Organizaciono, primenjuju se tradicionalne norme utemeljene u rezultatima istraživanja sa kraja dvadesetog veka.

U nastojanju da se dođe do naučnog rezultata, neophodno je pratiti intenzivne promene u oblasti informacione bezbednosti i zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju, izvoditi implikacije tih promena na buduća dejstva, uopštavati saznanja i pomoći izgradnji savremene strategije odbrane u informacionom prostoru. Sve to zahteva koncipiranje zamisli istraživanja (naučna zamisao). Kao teorijsko – logički, odnosno misaoni deo projekta istraživanja, naučna zamisao treba da odgovori na tri suštinska pitanja u istraživanjima zaštite informacija: šta se istražuje, zašto se istražuje i kako se istražuje.¹

Godinama se informaciona bezbednost u svetu izgrađuje na pojedinačnim iskustvima baziranim na svakodnevnim odgovorima na sajber napade, dakle na svežem empirijskom polju. Ta iskustva treba da budu preteča

¹ Na svako od navedenih pitanja, daje se odgovor kroz pojedine delove naučne zamisli. Odgovor na pitanje šta se istražuje, daje se u predmetu istraživanja, na pitanje zašto se istražuje odgovor je data u ciljevima istraživanja, a na pitanje kako se istražuje odgovor se nalazi u načinu istraživanja. Naučna zamisao još sadrži: pristup problemu, hipoteze, naučnu i društvenu opravdanost istraživanja. Svi delovi su međusobno povezani i čine celovitu naučnu zamisao.

moderne veštine kojom će se služiti brojni kreatori odbrane u sajber (informacionom) prostoru, administratori informacionih sistema, kao i brojni korisnici servisa i usluga. Savremeni ambijent je promenljiv, zbog uticaja mnogih faktora koji utiču na bezbednost informacija. Informaciono okruženje karakteriše sveprisutna globalna pretnja informacionoj bezbednosti i znatno izmenjen značaj prostora i vremena. Informacija je postala veoma značajna i cenjena roba, koja ima tržište na globalnom (svetskom) nivou.

4. USLOVI ZA ISTRAŽIVANJA ZAŠTITE INFORMACIJA

Teorijska, pa i praktična saznanja za projektovanje istraživanja zaštite informacija preuzimaju se iz metodologije društvenih, prirodnih i tehničkih nauka. Premenjaju se na istraživanja problema savremenog operativnog okruženja, sajber pretnji, međuzavisnosti i korelacije faktora i činilaca. Projektovanje istraživanja zaštite informacija je zbog toga metodološki posebno i autentično. Pošto su pojave u informacionoj bezbednosti veoma složene, to su za projektovanje istraživanja potrebna saznanja iz više nauka: metodologije, logike, ratne veštine, tehničkih i matematičkih, društvenih, organizacionih i drugih nauka. U tim naukama nisu sva saznanja, potrebna za projektovanje istraživanja informacione bezbednosti, jednako precizna i objektivna (dakle, naučna). Polazeći od stava da u oblasti zaštite informacija, i do sada primenjivanoj metodologiji, nisu elaborirana teorijska saznanja o autentičnom projektovanju istraživanja, iako postoji mnoštvo teorijskih činjenica različite saznanje vrednosti, neophodno je stvoriti fundamentalni osnov i naučno zasnovati načela, principe, doktrinarne stavove i uputstva na kojima bi se istraživanja neminovno oslanjala.

Metodološka misao u informacionoj bezbednosti na globalnom nivou, ima karakter značajne zatvorenosti. Uglavnom se svodi na standarde za praktičnu primenu i preporuke velikih kompanija, koje problematiku razmatraju, pre svega, sa primenjenog i ekonomskog aspekta. U oskudnoj metodološkoj literaturi postoji veoma malo podataka o projektovanju istraživanja, a pogotovo o naučnoj zamisli za istraživanje zaštite informacija. Insistira se uglavnom, na tzv. standardima i na primeni poznatih logičkih i empirijskih metoda u sprovođenju mera zaštite i bezbednosnih procedura. Neretko se projektovanje svodi na improvizaciju neke metode (statistička, analiza sadržaja itd.) ili jednog instrumenta (npr. dnevnik posmatranja ili upitnik).

Rezultati i način istraživanja zaštite informacija se retko objavljuju. U oblasti bezbednosti i odbrane, uglavnom su to tajne najvišeg stepena i otuda nastaju ozbiljna ograničenja za razvoj metodoloških saznanja o projektovanju istraživanja u oblasti informacione bezbednosti.

Često se oblast informacione bezbednosti poistovećuje sa značajem informacija koje treba zaštititi, što dovodi do grešaka u zaključivanju. Takve greške u daljem dovode do višestrukih posledica. Posledice se ogledaju u nesrazmernoj upotrebi i

trošenju resursa (ljudski, materijalni i svi drugi) namenjenih za zaštitu informacija, pri čemu je značaj i vrednost informacije u odnosu na vrednost utrošenih resursa daleko manja i često predimenzionirana.

5. NAUČNA ZASNOVANOST I KLASIFIKACIJA ISTRAŽIVANJA ZAŠTITE INFORMACIJA

Pod naučnim istraživanjem podrazumeva se sistem umnih i praktičnih aktivnosti kojima se proverava ili produbljuje postojeće i stiče novo naučno saznanje. U oblasti informacione bezbednosti pomoću istraživanja saznanju se pojave, okolnosti, činioci, korelacija i drugi bezbednosni aspekti, a radi efikasne zaštite informacija. Istraživanja treba da pruže naučna saznanja kojima se mogu graditi strategija i doktrina, a time i pripremati, organizovati i sprovesti efikasna zaštita informacija u savremenom operativnom okruženju.

Praktični cilj istraživanja u oblasti informacione bezbednosti jesu pouzdana saznanja o uslovima i načinima primene savremenih informacionih tehnologija, rizicima i pretnjama, potencijalnim napadačima, faktorima i sadržajima budućih napada u informacionom prostoru i da se dođe do pouzdanih saznanja o optimalnoj organizaciji, efikasnom upravljanju i potpunoj bezbednosti informacija.

Istraživanjima u oblasti informacione bezbednosti, treba da se verifikuju postojeće, i naširoko primenjivane, procedure i standardi informacione bezbednosti, da se verifikuju planovi razvoja i korišćenja informacija i informacionog prostora u savremenom operativnom okruženju i da se zasnuju na proverenim i pouzdanim činjenicama. Produblivanje naučnih saznanja može se ostvariti u više naučnih nivoa:

- *Naučni opis (deskripcija)*, kojim se utvrđuju osnovne spoljašnje manifestacije pojedinih pojava u informacionom prostoru.²
- *Naučna klasifikacija ili tipologizacija* pojedinih opštih i manje opštih pojava u informacionom prostoru.³
- *Naučno objašnjenje*, kao jedan od najviših naučnih ciljeva kojim se daje odgovor na pitanje zašto se istraživana pojava odvija na određeni način.⁴
- *Naučno predviđanje ili naučna prognostika* nastanka, oblika i sadržaja pojedinih budućih pojava u informacionom prostoru.⁵

² Naučnim opisom se odgovara na pitanje kako informacioni prostor funkcioniše.

³ Istraživanjem se nastoji saznati sistemnost pojava i izvesti njihovo razvrstavanje prema utvrđenim naučnim kriterijumima.

⁴ Objašnjavaju se veze i odnosi u informacionom prostoru, međusobna korelacija faktora i činilaca savremenog operativnog okruženja, uzroci, posledice i zakonitosti.

⁵ Podrazumeva i objašnjenje budućih događaja i procesa u informacionoj bezbednosti, ukazuje na trendove i tendencije itd.

Postoji više kriterijuma klasifikacije istraživanja u informacionoj bezbednosti:

(1) Prema kriterijumu praktične primene rezultata, istraživanja u informacionoj bezbednosti mogu se klasifikovati na:

- *Fundamentalna istraživanja*, unapređuju naučna saznanja bez obzira na njihovu praktičnu primenu.⁶
- *Primenjena istraživanja*, unapređuju naučna saznanja, ali prvenstveno im je zadatak da ostvare praktične ciljeve.⁷
- *Razvojna istraživanja* imaju za osnovu fundamentalna ili primenjena istraživanja.⁸ Često je vrlo teško utvrditi granice između fundamentalnih i primenjenih istraživanja, s jedne, i razvojnih, s druge strane.

(2) Prema kriterijumu naučne discipline, istraživanja u informacionoj bezbednosti mogu se klasifikovati na:

- *Intradisciplinarna istraživanja*, bave se pojavama iz predmetnog istraživanja samo jedne naučne discipline;
- *Interdisciplinarna istraživanja*, zahvataju područje više naučnih disciplina;

(3) Prema kriterijumu funkcije istraživanja, istraživanja u informacionoj bezbednosti mogu se klasifikovati na:

- *Prethodna istraživanja*, imaju za zadatak da o nedovoljno poznatoj pojavi u informacionom prostoru prikupe podatke radi lakšeg prelaska na projektovanje i sprovođenje glavnog istraživanja.⁹
- *Akciona istraživanja*, imaju za zadatak da pruže odgovor na konkretan problem, konkretno operativno rešenje.¹⁰

Sve aktivnosti u projektovanju istraživanja zaštite informacija moraju biti sinhronizovane, stručne i precizne.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanja u oblasti zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju, zbog svoje kompleksnosti, nužno je sprovesti kroz celoviti istraživački postupak, koji podrazumeva projekat istraživanja.

Projektovanjem istraživanja obezbeđuje se precizna zamisao celokupnog istraživanja; istinitost, sistematičnost i proverljivost saznanja; konkretni (precizni) rezultati istraživanja; ekonomičnost upotrebe resursa za istraživanje zaštite informacija.

Projektovanje istraživanja u oblasti zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju je naučna i stručna aktivnost zasnovana na misaonom i metodički korektnom prodoru u bit problema, radi dobijanja novih saznanja o pojavama u informacionom prostoru.

Neophodno je metodološki misao u informacionoj bezbednosti dalje razvijati sa ciljem dolaska do saznanja o pojavama u informacionom prostoru, rizicima i pretnjama bezbednosti informacija. Do naučnog rezultata i saznanja uopšte, može se doći samo smislenim, racionalnim, sistematičnim i doslednim pristupom istraživanju.

LITERATURA

[1] Kršljanin, D., Slavković, R., Uticaj savremenog operativnog okruženja na sajber pretnje, *Vojno delo*, broj 5, Beograd, 2015.

[2] *Doktrina Vojske Srbije*, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2010, str.101.

[3] Milošević, N., *Projektovanje istraživanja u ratnoj veštini*, VINS Beograd, 1989.

[4] Kršljanin, D., Prodanović, R., Pešić, S., Finansijski aspekt zaštite informacija u savremenom operativnom okruženju, Naučno-stručni skup EKOPAN, Beograd, 2014.

[5] Kršljanin, D., Forca, B., Upravljanje informacionom bezbednošću zasnovano na odlučivanju, Konferencija YUINFO, Kopaonik, 2014.

⁶ Novostečeno naučno saznanje se nadovezuje na postojeće znanje i služi kao oslonac budući primenjenim istraživanjima.

⁷ To su istraživanja prakse u zaštiti informacija i u opšte u informacionoj bezbednosti radi iznalaženja optimalnog rešenja za jednu ili više sličnih pojava u informacionom prostoru.

⁸ Zadatak im je da otkriju razvoj pojedinih faktora ili činilaca, odnosno pojava u informacionom prostoru.

⁹ Prethodna istraživanja izvode se i radi provere indikatora, metoda i instrumenata.

¹⁰ Postoji značajna potreba za akcionim istraživanjima jer se mnoge pojave u informacionom prostoru javljaju u originalnom i često neponovljivom obliku.

MULTISENZORSKO OSMATRANJE I PRAĆENJE BESPOSADNIH LETELICA

MULTISENSOR OBSERVING AND TRACKING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Rade Pavlović¹
Vojnotehnički Institut¹

Sadržaj – U ovom radu prikazan je način na koji se mogu detektovati i pratiti besposadne letelice. Besposadne letelice poslednjih godina našle su primenu u raznim sistemima i predstavljaju pouzdano i jeftino rešenje. Međutim, kao i svaki sistem, mogu se koristiti sa lošim namerama te je potrebno pronaći načine kako se zaštititi. Kao prvi korak potrebno je izvršiti detekciju i praćenje i dati upozorenje nekom centru koji bi dalje delovao u neutralisanju. Prema praktičnim rezultatima prikazanim u ovom radu, detekciju i praćenje moguće je izvršiti pomoću optoelektronskog multisenzorskog sistema, koji se sastoji od termovizijske i televizijske kamere. Pokazano je da moguće uspešno otkrivanje u različitim scenarijima.

Abstract – A way for detection and tracking Unmanned Aerial Vehicle – UAV in this paper is shown. UAVs in last several years has found use in many different systems and provide a low-cost and effective solution. However, as each system, UAVs can be used in bad purposes and it is necessary to find way how to protect ourselves. The first step it is necessary to detect and track UAVs and after that send warning to centre which would be acting in neutralizing. According to the practical results which are presenting in this paper, detection and tracking can be performed using optoelectronic multisensor system, which consists of television and thermal cameras. Successful detection in different scenarios has been shown.

1. UVOD

Besposadne letelice (BpL) našle su široku primenu u velikom broju oblasti kao što su vojna, industrijska, snimanje za razna istraživanja i ostalo. Prednost ovih letelica je što za obavljanje zadataka nema posade u njima, već se upravljaju sa zemlje od strane operatora ili po već definisanim koordinatama. Na taj način izbegava se rizik od opasnosti za operatera. BpL mogu ostati u vazduhu i do nekoliko sati u zavisnosti od kapaciteta baterija koje nose i sopstvene potrošnje. Odlikuje ih isto i niska cena u odnosu na sisteme koji zahtevaju ljudsku posadu. Takođe, mogu biti i naoružane sa lakim naoružanjima i na taj način se koristiti za vojne primene sa već spomenutim prednostima.

Pored vojne namene BpL su sve rasprostranjenije u civilnoj upotrebi. Jedna od najvećih logističkih firmi (DHL) uvodi u upotrebu bespilotne letelice za dostavu pošiljki. Već duži niz godina unazad primenjuju se za detaljno snimanje nepristupačnih predela i dobijanje korisnih informacija.

Međutim, kao i većina tekovina modernih tehnologija, bespilotne letelice se mogu koristiti i za ugrožavanje teritorije i ljudstva ili nanošenje materijalne štete [1]. Kako bi mogli da predvidimo i eliminišemo ovakve pretnje neophodno je blagovremeno otkrivanje letelica i njihovo onesposobljavanje u nameri koju imaju. Upravo ovaj rad ima za cilj da prikaže jedan od načina otkrivanja i praćenja besposadnih letelica pomoću optoelektronskih senzora. Rad je organizovan po sledećem, posle uvoda slede glavne karakteristike i podela letelica, zatim opis tehnika praćenja i rezultati dobijeni sa realnih sistema i na kraju zaključak sa daljim nastavkom istraživanja.

2. PODELA I KARAKTERISTIKE LETILICA

Izbor BpL je veoma raznovrsan jer se stalno pojavljuju novi modeli, tako da je generalno teško izvršiti njihovu podelu. Postoji više kriterijuma po kojima se mogu klasifikovati, kao na primer - prema daljini doleta ili autonomnosti rada, prema nameni, ali je možda najpribližnija podela prema njihovoj konstrukciji. Prema konstrukciji mogu se razlikovati sledeće besposadne letelice:

- Sa fiksnim krilima koje karakteriše veliki dolet i trajnost,
- Sa krilima sa nagibom sa istim prednostima i mogućnošću vertikalnog sletanja
- Helikopteri koji poseduju veće manevarske sposobnosti i mogućnost nošenja opreme sa većom težinom i
- Multikopteri kao jeftinija verzija sa malom masom i lakim upravljanjem.

Upravo ova poslednja kategorija će biti dalje predmet ovog rada i eksperimenti i dobijeni rezultati su izvedeni pomoću multikoptera ili pod odomaćenim nazivom - dron. Na slici 1 po redosledu navođenja prikazane su besposadne letelice.



Slika 1. Besposadne letelice, gornji red - sa fiksnim i krilima sa nagibom, donji red – helikopter i multikopter.

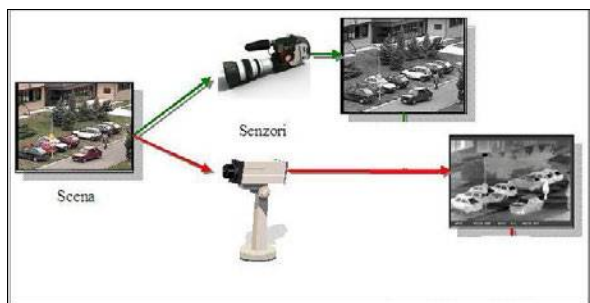
Glavni delovi multikoptera su motori sa elisama, upravljački sklop, baterije i plastična ili metalna konstrukcija. U zavisnosti od cene i kvaliteta multirotora, upravljački sklop pored žiroskopa, radio prijemnika i mikroprocesora može da poseduje i druge dodatke, kao što su GPS, sonar, optički senzor protoka i drugi.

U početku je bio problem upravljanje multikopterima zbog njihove nestabilnosti, međutim poslednjih godina je ovaj problem rešen tako da i najjeftinije varijante imaju izuzetno veliku stabilnost. U najvećem broju slučajeva postoje dva načina upravljanja besposadnim letelicama. Prvi i najčešće korišćen način je upravljanje radio vezom. Operator poseduje džojstik (upravljačku palicu) i pomoću koga, bilo da je u vidnom dometu ili preko video strima koji dobija ako sistem poseduje kamere, može da kontroliše let letelice. Pored upravljanja radio vezom postoji i upravljanje pomoću GPS-a. Pomoću GPS-a letelica može da leti po ranije zadatim koordinatama i isto da se vrati na početnu ili bilo koju zadatu lokaciju u slučaju da dođe do gubitka upravljačkog signala.

3. MULTISENZORSKO OSMATRANJE

Multisenzorski sistemi koriste više različitih senzora koji nadgledaju istu situaciju ili prostor. Na ovaj način daju potpunije i pouzdanije informacije od sistema koji koriste samo jedan ili više senzora istog tipa [2]. Osnovna ideja osmatranja spregom više senzora je eliminacija efekata njihovih pojedinačnih nedostataka, što obezbeđuje uspešno funkcionisanje sistema u svim uslovima. Primenom više senzora zasnovanih na merenju različitih fenomena, kao na primer toplotnog zračenja (IC senzori) i refleksije svetlosti (kamere u vidljivom spektru), dobija se više realnih informacija o objektima koje posmatramo.

Na slici 2 prikazan je sistem za multisenzorsko sjedinjavanje slika. Televizijskoj kameri pridodata je termovizijska kamera tako da je moguće pratiti istu scenu u dva različita spektra. Dok je televizijska kamera pogodna za rad u dnevnim uslovima, termovizijska kamera se može koristiti i u uslovima slabe vidljivosti i slabe osvetljenosti scene [3].



Slika 2. Multisenzorski optoelektronski sistem.

Za potrebe multisenzorskog osmatranja izrađen je sistem koji u sebi sadrži IP televizijsku kameru u HD rezoluciji sa kontinualnim zumom i automatskim fokusom. Termovizijska kamera daje video strim rezolucije do 728x576 piksela. Akvizicija i obrada video signala rađena

je u realnom vremenu na PXI sistemu sa i7 procesorom (slika 3).



Slika 3. Multisenzorski sistem za rad u realnom vremenu.

Na slici 4 i 5 data su dva frejma (slike) iz televizijske sekvence sa različitim uvećanjem. Prva slika pokazuje objekat u vazduhu i već se može vizuelno identifikovati multikopter. Prelazak na veći zum (u ovom slučaju to je kombinovani optički i digitalni zum ukupnog uvećanja x20) jasno se uočavaju i delovi sistema kao što su rotori i kamere koje nosi. Iako druga slika jasnije i uočljivije prikazuje objekat, zbog malog vidnog ugla kamere promena objekta na noj je dosta brža i teško je izvršiti navođenje i praćenje. Dodatno ograničenje je i po brzini kretanja sistema za upravljanje senzora (pantilt) o čemu se mora voditi računa.



Slika 4. Televizijska slika multikoptera bez uvećanja.

Slika 6 pokazuje frejm iz termovizijske video sekvence. Zbog razlike u temperaturi i emisivnosti materijala multikoptera, letelica se jasno uočava i izdvaja od pozadine. Prilikom izvođenja eksperimenta na samom početku multikopter je bio slabije uočljiv, ali je kasnije

zbog zagrevanja postao jasno vidljiv u termovizijskom kanalu.



Slika 5. Televizijska slika multikoptera sa uvećanjem x20.



Slika 6. Slika termovizijske kamere.

4. PRAĆENJE MULTISENZORSKIM OE SISTEMOM

Pored detekcije multikoptera od osnovnog interesa je i njegovo praćenje, a zatim i ometanje ako predstavlja opasnost. U literaturi postoji veći broj algoritama za praćenje objekata, ali je u radu izabran korelacioni algoritam koji je impementiran u Labview programskom paketu [4]. Nakon detekcije operator označi objekat koji se prati i na osnovu poređenja izabranog skupa piksela sa sledećim frejmovima video strima određuje se njegova pozicija na slici u funkciji vremena.

U ovom radu razmatra se praćenje multikoptera u termovizijskom i televizijskom kanalu pojedinačno i uticaji stanja atmosfere. Najpre je razmatrano praćenje u termovizijskoj sekvenci kada je objekat udaljen i rezultat je prikazan na slici 7. Sa slike se vidi da je veliki kontrast između multikoptera koji se prati i pozadine, kao i da nema drugih objekata na sceni. Ovakva scena je gotovo idealna i multikopter se lako prati tako da algoritam daje dobre rezultate.

Sledeći slučaj razlikuje se od prethodnog jer se u sceni nalaze i drugi objekti koji bi mogli da utiču na praćenje. U

našem sličaju to je jato ptica (slika 8). Sa slike se vidi da je multikopter praćen i da drugi objekti na sceni zbog svoje veličine i temporalnih karakteristika nisu uticali na praćenje.

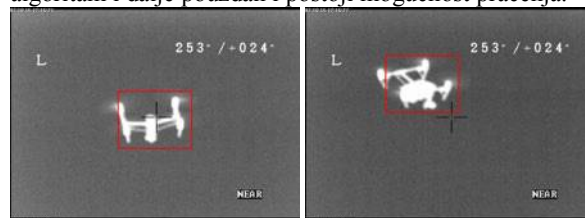


Slika 7. Praćenje multikoptera termovizijskom kamerom sa visokim kontrastom objekta i pozadine.



Slika 8. Praćenje multikoptera sa objektima u pozadini.

U slučaju kada je multikopter na malom rastojanju od senzora prilikom njegovog kretanja veće su promene u pikselima, a samim tim je i praćenje teže i potrebna je brza reakcija sistema praćenja (pan/tilt nosač). Sa slike 9 se vidi da je između samo nekoliko frejmova značajna promena u poziciji na slici. Takođe, zbog okretanja multikoptera došlo je i do promene geometrije, ali je algoritam i dalje pouzdan i postoji mogućnost praćenja.



Slika 9. Praćenje multikoptera u bliskoj sceni.

Još jedan slučaj koji je razmatran sa termovizijskom kamerom je kada u pozadini postoje objekti koji mogu uticati na detekciju i praćenje. U prethodnim primerima multikopter se nalazio na visini od nekoliko desetina metara i u tom slučaju je pozadina relativno čista. U slučaju niskih visina leta mali je kontrast između

multikoptera i pozadine i samim tim otežana je detekcija i praćenje (slika 10). Iako je multikopter jedva uočljiv i postoji veći broj objekata značajnijih dimenzija koji se uočavaju na termovizijskoj slici uspešno je izvršeno praćenje.



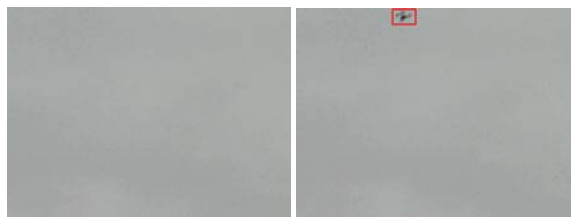
Slika 10. Praćenje multikoptera u slučaju manjeg kontrasta sa pozadinom.

Pored termovizijskog praćenja izvedeni su eksperimenti sa uparenom televizijskom i termovizijskom kamerom. Podešavanjem zuma (vidnog ugla) na televizijskoj kameri moguće je dovesti da obe kamere pokazuju scenu slične veličine kao preduslov za dalju primenu u fuziji video signala. Iako je kontrast u televizijskoj slici slabiji nego kod termovizije multikopter je uočljiv i uspešno je izvršeno praćenje (slika 11).

Praćenje multikoptera u slučaju da sistem ili operater ne mogu da postignu brzinu praćenja i da multikopter privremeno napusti scenu prikazano je na slici 12. Nakon ponovnog zahvata televizijskom kamerom nastavljeno je prepoznavanje i praćenje multikoptera.



Slika 11. Praćenje multikoptera televizijskom kamerom.



Slika 12. Privremeno napuštanje multikoptera scene i ponovno praćenje.

5. ZAKLJUČAK

Napredak tehnologije omogućava razvoj sistema koji u znatnoj meri olakšavaju rad čoveka i doprinose novim saznanjima. Sa druge strane, mogu da se koriste u svrhe koje mogu da nanese neprijatne gubitke i štetu. Na isti način i multikopteri kao široko dostupan sistem daju mogućnost osmatranja i snimanja nepristupačnih predela i objekata, doturanje pomoći ili opreme na nedostupna mesta i ostalo. Loša strana upotrebe je da se mogu naoružati i neopaženo izvršiti razne diverzije bez gubitka sopstvenih ljudskih života. Ovim istraživanjem pokazan je način na koji se ovakvi tipovi letelica mogu na vreme detektovati i pratiti njihovo kretanje sa optoelektronskim sistemom. Prikazani su različiti scenariji i u svima je postojala mogućnost detekcije letelice bilo od strane operatera ili njenim automatskim prepoznavanjem.

Istraživanje je prikazalo iskustva samo sa multikopterima, ali se isti princip može primeniti i na ostale besposadne letelice. U daljem radu akcenat će biti na sjedinjavanju televizijske i termovizijske slike i praćenje u sjedinjenom kanalu.

LITERATURA

- [1] Fejsov N., Tubin I. "Mogućnosti ometanja sistema za upravljanje letom radio kontrolisanih multikoptera", YU INFO 2015, Kopaonik 08-11.03.2015. godine.
- [2] Petrovic V., Cootes T., "Objectively adaptive image fusion", Information fusion, Volume 8, Issue 2, April 2007, pp. 168-176
- [3] Pavlović R., Petrović V., "Sjedinjavanje kolor i monohromatskih slika uz isticanje ivica", Vojnotehnički glasnik, 3/2013
- [4] Burt P., Yen C., Xu X., "Local Correlation Measures for Motion Analysis: a Comparative Study", IEEE Conf. Pattern Recognition Image Processing 1982, pp. 269-274.