

**IT'18**  
ŽABLJAK

**XXIII**

*međunarodna naučno - stručna konferencija*

**INFORMACIONE  
TEHNOLOGIJE**

*SADAŠNJOST I BUDUĆNOST*

**Urednik**  
**Božo Krstajić**

**IT'18**

**INFORMACIONE  
TEHNOLOGIJE**

**- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST -**

**Urednik**  
***Božo Krstajić***

*Zbornik radova sa XXIII međunarodne naučno - stručne konferencije  
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost  
održanog na Žabljaku od 19. do 24. februara 2018. godine*

Zbornik radova  
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost 2018

*Glavni urednik*  
Prof. dr Božo Krstajić  
Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore

*Izdavač*  
Univerzitet Crne Gore  
Elektrotehnički fakultet  
Džordža Vašingtona bb., Podgorica  
[www.etf.ucg.ac.me](http://www.etf.ucg.ac.me)

*Tehnička obrada*  
Aleksandra Radulović  
Centar informacionog sistema Univerziteta Crne Gore

Doc. dr Žarko Zečević  
Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore

Ivan Jokić  
Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore

*Tiraž*  
150

Podgorica 2018.

*Sva prava zadržava izdavač i autori*

## **Organizator**

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

## **Skup podržao**

The Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE



## Programski odbor

Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Ljubiša Stanković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Branko Kovačević, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB  
Dr Milorad Božić, Elektrotehnički fakultet, UBL, Banja Luka, RS BIH  
Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB  
Dr Zoran Jovanović, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB  
Dr Milica Pejanović-Đurišić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Despina Anastasiadou, Research & Development Innovation Academy, Solun, GRC  
Dr Dejan Popović, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB  
Dr Gabriel Neagu, National Institute for Research & Development in Informatics, Bucharest, ROU  
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Tomo Popović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE  
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Le Xie, Texas A&M University, College Station, TX, USA  
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, UGD, Radoviš, MKD  
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Alex Sprintson, Texas A&M University, College Station, TX, USA  
Dr Nikša Tadić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Slobodan Đukanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Vesna Popović Bugarin, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Tatjana Stanivuk, Pomorski fakultet, SS, Split, HRV  
Dr Sanja Bauk, Pomorski fakultet, UCG, Kotor, MNE  
Dr Vera Marković, Elektronski fakultet, UN, Niš, SRB  
Dr Biljana Stamatović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE  
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE  
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Goran Šuković, Prirodno-matematički fakultet, UCG, Podgorica, MNE  
Dr Siniša Vlajić, Fakultet organizacionih nauka, UB, Beograd, SRB  
Dr Dragan Janković, Elektronski fakultet, UN, Niš, SRB  
Dr Zoran Milivojević, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, SRB  
Dr Chun-Yen Chang, National Taiwan Normal University, Taipei, TWN

## **Organizacioni odbor**

Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE - Predsjedavajući konferencije

Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE - Finansijski rukovodilac konferencije

Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Tomo Popović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE

Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE - Tehnički rukovodilac konferencije

Vladan Tabaš, dipl.ing., Čikom, Podgorica, MNE

Aleksandra Radulović, CIS UCG, Podgorica, MNE - Rukovodilac izdavačke djelatnosti

Ivan Jokić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE - Kontakt za informacije

# P R E D G O V O R

Poštovani učesnici i čitaoci,

Još jedno uspješno druženje je bilo, još jedna sadašnjost je postala prošlost i još jednu budućnost smo pokušali da dokučimo na protekloj 23. konferenciji “INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost” (IT’18) održanoj od 19. do 24. februara 2018. godine na Žabljaku. Pred vama je zbornik radova pisanih na našem jeziku i sažetaka radova koji su pisani na engleskom jeziku. Kompletni radovi na engleskom jeziku su dostupni u IEEE Xplore bazi i to je novina ovogodišnje konferencije. Programski odbor smatra da je to novi kvalitet konferencije, uz korišćenje programa za provjeru plagijata u procesu nezavisne anonimne međunarodne recenzije radova i pažljivom izboru plenarnih tema i predavača. No, posebnu zahvalnost dugujemo autorima koji, nesporno, iz godine u godinu podižu kvalitet ove konferencije birajući sve bolje i atraktivnije rezultate svojih istraživanja da prezentuju upravo na našoj konferenciji. Zahvaljujući vama, dragi autori, smo uspjeli da postignemo visok standard prihvaćenih radova, i prvi put da ih objavimo i u svjetski renomiranoj bazi naučnih radova kao što je IEEE Xplore.

Pred vama su 20 kompletnih autorskih radova i 32 sažetaka radova koje možete naći u IEEE Xplore bazi, prezentovani u 8 oralnih i jednoj poster sekciji, kao i sažeci 5 predavanja po pozivu koja su realizovana u plenarnom dijelu programa. Procenat radova koji su prihvaćeni za prezentovanje na ovogodišnjoj konferenciji je 74%.

Ovo je, do sada, IT sa najviše učesnika van Crne Gore jer su autori radova i predavači bili iz preko 20 država svijeta (Južna Koreja, Tajvan, Kina, Nigerija, Irak, Egipat, Turska, Albanija, Rumunija, Bugarska, Italija, Francuska, Mađarska, Rusija, Njemačka, Makedonija, Srbija, Hrvatska, ...). Preko 150 učesnika, 120 studenata sa sva 3 crnogorska univerziteta i veliki broj online posjetilaca su pratili rad konferencije 5 radnih dana. Konferencija je bila medijski ispraćena i podržana na državnom i lokalnom nivou i od velikog broja ICT kompanija.

Durmitor nas je podario ogromnim količinama snijega (preko 100 cm) koji je padao svaki dan ali su putevi bili prohodni, nije bilo mećava ili ekstremnih hladnoća i svi smo uživali u divnom zimskom ambijentu. Bilo je puno poznatih, ali i novih, ozarenih i zadovoljnih lica koja su uljepšala druženje i, nadamo se, ponijela lijepe otiske sa sniježne planine. Želimo im nova nadahnuća, ideje i snagu za život i rad, a mi ćemo ih čekati i sledeće godine na istom mjestu.

Sve detalje o ovom, prošlim i narednom skupu možete naći na web adresi konferencije [www.it.ac.me](http://www.it.ac.me).

Prof. dr Božo Krstajić

# SADRŽAJ

<b>PREDAVANJA PO POZIVU</b> .....	1
Enrico Natalizio High-end IoT systems in 5G.....	2
Željko Đurović Emerging trends in system monitoring and control.....	3
Chun-Yen Chang CloudClassRoom X Mobile learning = Improved Outcomes .....	4
Mališa Vučinić The Devil is in the Detail: How a Real-World IoT Technology is Made – IETF 6TiSCH.....	5
Dejan Dokmanović Standards and guidelines in the design of physical infrastructure of modern data centers .....	6
<b>AUTORSKI RADOVI</b> .....	7
Kosta Pavlovic, Aleksandar Popovic Jezik MetaR .....	8
Anita Ilić, Dušan Savić, Vojislav Stanojević Veb aplikacija “Pitaj-odgovori” u Java EE okruženju .....	12
Strahinja Jakic, Nikola Matijevic Pametna kuća upravljiva glasom .....	16
Miloš Milić, Siniša Vlajić, Ilija Antović Primena SilabMetrics alata za statičku analizu softvera u procesu evaluacije kvaliteta softvera .....	20
Ana Ivanović, Miloš Daković Primjer integracije aplikativnih modula iz različitih aplikativnih podsistema u Centralnoj banci CrneGore.....	24
Dijana Kostić, Zoran Milivojević, Darko Brodić Uticaj audio šuma tipa reverzni govor na razumljivost .....	28
Milica Ilić, Dušan Savić, Saša Lazarević Primena Java biblioteke za konkurentno programiranje .....	32
Dragan N. Filipović, Vladan R. Durković Poduzna kapacitivnost tankog linijskog provodnika u centru uzemljenog kvadratnog oklopa.....	36
Martin P. Čalasan, Vladan Vujičić Using PSO algorithm for induction machine parameters estimation with considering of iron loss.....	40

Marina Matijević, Ramo Šendelj Bezbednosni aspekti primjene Jedinog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka kod elektronskog upisa djece u obrazovne ustanove .....	44
Rade M. Pavlovic, Vladimir S. Petrovic Sjedinjavanje multisenzorskih slika u cilju detekcije multikoptera .....	48
Jelena Jauković Nove FinTech-efikasne finansijske usluge bazirane na ICT .....	52
Bojan Prlinčević, Slobodan Bjelić Analiza rada trofaznih mostnih invertora i verifikacija rezultata simulacijom rada u izabranom programu.....	56
Mladen Antonijević, Luka Lazović Poboljšanje performansi modifikovane Sierpinski fraktalne antene pomoću metapovršina.....	60
Zoran N. Milivojević, Zoran Veličković, Darko T. Brodić Optimizacija parametara BL jezgra kod procene fundamentalne frekvencije audio signala .....	64
Tamara D. Šević, Milenko S. Andrić, Boban P. Bondžulić, Dimitrije M. Bujaković, Dejan S. Ivković Uticaj kriterijumske funkcije na segmentaciju spektrograma .....	68
Saso A. Gelev, Aleksandar Tudzarov, Vasilija J. Sarac, Vlatko T. Cingoski, Slobodan Bundalevski Metodi i alati za forenziku mobilnih telefona.....	72
Jelena Končar, Sonja Vučenović, Zita Petrović Katai Digitalizacija maloprodaje na globalnom tržištu .....	76
Aleksandar Tomić, Radiša Stefanović, Nada Ratković Kovačević, Aleksa Srdanov Sistem za daljinsko uključivanje i isključivanje električnih uređaja, slanjem SMS poruka .....	79
Marko Asanović Optimization of the characteristics of the photovoltaic system in the appearance of partial shading.....	83
<b>ABSTRAKTI AUTORSKIH RADOVA OBJAVLJENIH U IEEE XPLOR-u .....</b>	<b>87</b>
Vladan M. Radulović, Vladan R. Durković Surge protection of resistive loads in low voltage power installations .....	88
Sanja Bauk, Tatijana Dlabač, Maja Škurić Internet of Things, High Resolution Management and New Business Models.....	89
Saso Gelev, Ana Sokolovska, Dusica Curcic, Aleksandar Sokolovski Usage of Genetic Algorithms in cryptography for mobile devices .....	90
Filip Drincic, Saša Mujovic Energy storage systems: an overview of existing technologies and analysis of their applications within the power system of Montenegro .....	91

Ivana Z. Giceva, Vasilija J. Sarac, Saso A. Gelev, and Vlatko T. Cingoski Single Phasing of Three Phase Induction Motor under Various Load Conditions.....	92
Marija V. Cingoska, Vasilija J. Sarac, Saso A. Gelev, Vlatko T. Cingoski Efficiency Optimization of Electrical Devices .....	93
Špiro Ivošević, Sanja Bauk The use of information technology in the assessment of the corrosion damage on ship hull .....	94
Slavica Tomovic, Igor Radusinovic A New Traffic Engineering Approach for QoS Provisioning and Failure Recovery in SDN-based ISP Networks .....	95
Norbert Varga, László Bokor, Ivana Ognjanovic, Ramo Sendelj On the Mobility Management Performance of NEMO-based Nested Wireless Body Area Networks.....	96
Stevan Šandi, Sanja Radonjić, Jovana Drobnjak, Marko Simeunović , Biljana Stamatović, Tomo Popović Smart Tags for Brand Protection and Anti - Counterfeiting in Wine Industry .....	97
Ana Grbovic, Ivana Ognjanovic, Ivan Vuckovic Security of AMR system in HPP Perucica .....	98
Wei-Kai Liou, Chun-Yen Chang Virtual Reality Classroom Applied to Science Education.....	99
Hasan Yetis, Mehmet Karakose Image Processing Based Anomaly Detection Approach for Synchronous Movements in Cyber- Physical Systems .....	100
Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić Optimization of fractal antennas in CST with Chaotic optimization algorithm.....	101
Tatjana Stanivuk, Ištvan Bodolo, Nena Tomović, Biljana Kordić Application of Digital Forensics in Traffic Conditions .....	102
Slobodan Bundalevski, Vlatko Cingoski, Saso Gelev Determination of the total impulse of the solid rocket motor by using two mathematical methods.....	103
Biljana Stamatovic Implementation of CA algorithm for 3D components.....	104
Aleksandar Tudzarov, Saso Gelev 5G and Software Network paradigm .....	105
Draško Radovanović, Božo Krstajić Review Spam Detection using Machine Learning .....	106
Luka B. Bulatović, Goran R. Šuković On applying evolutionary algorithms for hybrid neural networks architecture synthesis.....	107

Zoran S. Veličković, Zoran N. Milivojević, Marko Z. Veličković A Secured Digital Video Watermarking in Chrominance Channel.....	108
Nikola Popović, Sanja Vujnović, Predrag Vasilić, Aleksandra Marjanović, Željko Đurović One approach to acoustic signals contamination detection .....	109
Kruna Ratković Notion of Strong Monad in Computing.....	110
Predrag Vasilić, Sanja Vujnović, Nikola Popović, Aleksandra Marjanović, Željko Đurović Adaboost algorithm in the frame of predictive maintenance tasks.....	111
Natalia S. Podzharaya, Anastasiia S. Sochenkova The virtual museum development with the use of intelligent and 3d technologies on the basis of the Maritime museum in Kotor .....	112
Trifun Savić, Milutin Radonjić WSN Architecture for Smart Irrigation System .....	113
Žarko Zečević, Božo Krstajić Low-Complexity Dynamic Synchrophasor Estimation Algorithm .....	114
Bozidar Skrbic, Draško Radovanovic, Slavica Tomovic, Luka Lazović, Zarko Zecevic, and Igor Radusinovic, A decentralized platform for heterogeneous IoT networks management.....	115
Ivan Jokić, Žarko Zečević and Božo Krstajić State-of-Charge Estimation of Lithium-ion Batteries using Extended Kalman filter and Unscented Kalman filter.....	116
Amar Kapić, Žarko Zečević and Božo Krstajić An Efficient MPPT Algorithm for PV Modules Under Partial Shading and Sudden Change in Irradiance .....	117
Sario Al Mustafa and Nikola Žarić MasterRoute: Android Application for Finding the Optimal Traffic Route.....	118
Miloš Brajović, Ljubiša Stanković, Miloš Daković Micro-Doppler Removal in Radar Imaging in the Case of Non-Compensated Rigid Body Acceleration.....	119

## **PREDAVANJA PO POZIVU**



# High-end IoT systems in 5G

Prof. Enrico Natalizio PhD, Université de Technologie de Compiègne, France

Integration of embedded computing, sensing and wireless communication that has fueled the growth of the Internet of Things (IoT), will also lead to the design and exploitation of a new generation of cooperative autonomous systems for 5G communications. The components of such systems will be high-end devices, such as autonomous machines, UAVs and robots, self-driving cars, virtual reality-based systems. Such systems pose new challenges to wireless networks, which have been traditionally designed for mobile broadband applications. Most current scenarios for device-to-device communications are based on the design and exploitation of simple sensor-actuator systems, and their architecture remains dependent on computation and battery limitations. Such constraints are not applicable for resource-rich advanced systems that must always perform at the highest levels of reliability, and may be tasked with demanding communication requirements for specialized missions and tasks, such as road-safety, disaster prevention and management or focused monitoring of sensitive sites and infrastructures.

This talk will highlight emerging applications as well as enabling wireless communication and networking technologies and architectures to support future autonomous systems. Emphasis will be given to breakthrough research in device/network co-design solutions that efficiently integrate sensing, computing and communication.

# Emerging trends in system monitoring and control

Prof. Željko Đurović PhD, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Univerzitet u Beogradu

An increasing awareness about the natural environment and resources, as well as the need for high demands in product quality and system efficiency, leads to the development of more sustainable so-called just-in-time (JIT) production while increasing product price, operating requirements and capital turn over and decreasing environmental loads and usage of energy. In other words, it is no longer enough to engineer the fastest system or manufacture the best quality product, but both the newly designed processes and the existing solutions in industry should be redesigned to be more efficient, robust, reliable and less costly. Some of the biggest trends to influence the industrial automation control market until the year 2020, according to the report released by the international market research company Technavio, are cloud-based supervisory control and data acquisition (SCADA) systems, growing use of programmable automation controllers (PACs) and increased use of analytics which combine the employment of predictive modeling, optimization and statistical analysis in software such as SCADA. Those and other predictive maintenance techniques can be used to identify possible deviations from expected process behavior, thereby raising the efficiency of industrial systems.

# CloudClassRoom X Mobile learning = Improved Outcomes

Prof. Chun-Yen Chang Ph.D., NTNU Chair Professor, Director of Science Education Center, Professor of Graduate Institute of Science Education & Department of Earth Sciences, Taiwan

According to the report conducted by the Ministry of Education in Taiwan (2015), the percentages of students who possess their own smart phone devices include: 48.7% of elementary school students, 78.8% of junior high school students, and 93.3% of senior high school students. The average time students spent on the internet per school day is more than 45 minutes. Moreover, the recent statistics from the Internet World Stats (2017) also reveals that Taiwan's internet users have accounted for 88% of the total population in March 2017. Given the prevalence of smart phone devices and Internet usage, more and more schools start embracing the Bring-Your-Own Device (BYOD) policy to make learning more enjoyable and effective. Along with this trend, my research group has developed the CloudClassRoom (CCR) to transform smart phone devices into powerful interactive tools for classroom learning. CCR works on every Internet-capable device without further software or plug-in installation. It operates across-platforms, regardless of iOS, Android, or Windows being used. Once the teacher connects his/her device to CCR, he/she can easily initiate anonymous quizzes. In addition to the traditional forced-choice answer format, CCR enables students to respond with short texts, pictures, or even emoticons. Students' answers are automatically aggregated and analyzed, providing the teacher with a rough picture of student learning progress just in time. To date, approximately 20,000 teachers and students have registered in CCR. More than 170,000 classroom activities have been conducted by using CCR. I believe that CCR is a promising tool to improve the interactivity of East Asian classroom, in which students are usually silent and hesitate to express their ideas out loud. Therefore, I am currently leading an international project to investigate the impact of CCR on classroom learning across Taiwan, Thailand, Vietnam, and other Asian countries. It is expected that the results can inform researchers, teachers, and policy makers in terms of how to better leverage the potential of mobile technology to boost learning and teaching.

# The Devil is in the Detail: How a Real-World IoT Technology is Made – IETF 6TiSCH

Mališa Vučinić PhD, Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro

*“We reject kings, presidents and voting. We believe in rough consensus and running code”*. This is the slogan that led Internet designers – the Internet Engineering Task Force (IETF) - towards revolutionizing the world. Internet runs thanks to the open standards produced by the IETF, known as Request For Comments (RFC) publications. Network researchers strive to include their work in new RFCs and make real-world impact. Companies and open-source projects all around the world implement these standards to enable their products to communicate. In this talk, we will present a first-hand experience on how an Internet-of-Things (IoT) technology is being developed within IETF, on the example of 6TiSCH working group [1]. 6TiSCH is a technology that enables deterministic low-power wireless networking (bounded latency and duty-cycle). It targets industrial IoT applications such as monitoring and control, but has also been deployed in smart agriculture and smart parking space. We will give a high-level overview of what 6TiSCH is, how it is being standardized, implemented and tested, and related research. We will also discuss the IETF standardization process and how researchers can increase their impact by getting involved.

# Standards and guidelines in the design of physical infrastructure of modern data centers

Dejan Dokmanović, CEO, Rittal, Zagreb

Data center industry is currently one of the fastest growing sectors in the world. Huge demands for processing and accommodating exponentially increasing amounts of information are reflected in demands for ever larger data space. In doing so, active equipment, data and applications are just an information pyramid upgrade. The base is an adequate physical infrastructure, which will provide full protection and business continuity. Physical IT infrastructure is unduly neglected in numerous projects and regional data center performances, global guidelines and standards are only partially respected, and thus potential risks increase, both for investors and for all its present and future customers. The aim of this presentation is to analyze this extremely important segment of the data center and, above all, the engineering profession, to point out current world trends, guidelines and design standards for the system room in order to minimize all open risks.

## **AUTORSKI RADOVI**

# Jezik MetaR

Kosta Pavlović, Aleksandar Popović, *Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

**Sadržaj** — Programski jezik R je veoma popularan u domenu analize podataka. Još intenzivnije korišćenje R-a sprečavaju njegova neuobičajena sintaksa i činjenica da ima veliki broj paketa koji se koriste na različite načine, jer su ih razvijale različite grupe programera. U ovom radu opisan je jezik MetaR koji svojom sažetom i razumljivom sintaksom olakšava kreiranje modela mašinskog učenja za projekte koji uključuju analizu podataka.

**Ključne riječi** — MetaR, R, DSL, EMP, Xtext

## I. UVOD

Gotovo svi programski jezici mogu se podijeliti u dvije kategorije i to: (i) jezici opšte namjene (*General-purpose programming languages* - GPL) i (ii) namjenski jezici za domen (*Domain-specific programming languages* - DSL). Jezici opšte namjene kreiraju se za rješavanje širokog spektra problema u raznim domenima primjene. Tipični savremeni predstavnici ove kategorije jezika su C++, Java, C# i dr. Pored samog prevodioca za jezik, uobičajeno, programeru je na raspolaganju i veliki broj biblioteka gotovog koda za različite domene. Najčešći način za rješavanje problema jeste upravo kombinacija jezika opšte namjene i odgovarajućih biblioteka za domen problema. Pored toga, za većinu ovih jezika postoje zajednice eksperata, velika baza primjera programskog koda, kvalitetni razvojni alati i optimizovani prevodioci, što takođe doprinosi njihovoj popularnosti. Pored mnogih prednosti upotrebe jezika opšte namjene postoje i nedostaci. Imajući u vidu opštu prirodu koncepata ovih jezika postavlja se pitanje lakoće pisanja, čitljivosti i razumljivosti programskog koda kreiranog putem njih. Takođe, domenski eksperti se teško mogu uključiti u proces razvoja softvera.

Jezici koji su namjenski, tj. specifični za domen definišu se kao jezici specijalno kreirani za primjenu u konkretnom domenu ([1]). Za razliku od jezika opšte namjene koji se kreiraju za rješavanje raznorodnih zadataka, namjenski jezici za domen skoncentrisani su samo na jedan određeni domen. Primjer jezika iz ove klase jeste MATLAB. Putem ovog jezika na jednostavan način moguće je vršiti složene matematičke proračune. Rješavanje istog problema putem nekog od jezika opšte namjene iziskivalo bi puno više programerskog napora. Namjenski jezici za domen usko su specijalizovani za konkretan domen problema, pa koncepti

i specifičnosti domena bivaju ugrađeni u sintaksu i semantiku jezika. Korisniku su na raspolaganju odgovarajuće apstrakcije i notacije koje su bliske njegovoj percepciji, pa dolazi do prelaska na viši nivo apstrakcije. Time, na jednoj strani gubi se na opštosti i mogućnosti primjene na široku klasu problema, ali se za konkretan domen značajan napredak može ostvariti na polju: (i) izražajnosti i lakoći zadavanja specifikacija, (ii) smanjenju broja grešaka koje programi sadrže, (iii) vremenu potrebnom za razvoj i (iv) jednostavnosti održavanja.

U poređenju sa jezicima opšte namjene, specifikacije pisane putem namjenskih jezika za domen kraće su i jednostavnije ([2]). Pored pojednostavljenja pisanja specifikacija, namjenski jezici za domen omogućavaju veće uključivanje domenskih eksperata u razvoj. Kod upotrebe jezika opšte namjene, učešće domenskih eksperata u razvoju najčešće je ograničeno na fazu analize. S druge strane, kada se upotrebljava namjenski jezik za domen može se očekivati uključivanje domenskih eksperata i u kasnijim fazama razvoja, pa i uključivanje u samo pisanje specifikacija.

U posljednjoj deceniji upotreba namjenskih jezika doživljava veliku popularnost. Vodeći pristupi iz oblasti softverskog inženjerstva, kao što su MDSD (*Model-Driven Software Development*), DSM (*Domain-Specific Modeling*) i LOP (*Language Oriented Programming*), zasnivaju se na sistematičnoj upotrebi ovih jezika ([3], [4] i [5]). Glavno pitanje nije da li je za konkretan domen namjenski jezik izražajniji od jezika opšte namjene, već da li će se isplatiti investicija u razvoj jednog takvog jezika. Razvoj novog jezika nije jednostavan zadatak i uključuje izradu sintaksnog i semantičkog analizatora, generatora koda i odgovarajućih propratnih alata, kao što je editor. Vrijeme i resursi koji su uloženi u razvoj jezika, moraju se nadoknaditi uštedama koje donosi upotreba tog novog jezika skrojenog za konkretan domen ([6]).

Kako bi se pojednostavio proces izrade jezika značajni naponi uloženi su u razvoj pristupa i alata koji automatizuju pojedine korake (npr. izrada sintaksnog analizatora) razvojnog procesa. U tom pogledu ističe se EMP (*Eclipse Modeling Project*) platforma razvijena u okviru *Eclipse* fondacije. Ona nudi brojne alate koji ubrzavaju razvoj jezika, što je jedan od glavnih razloga zašto je odabrana za razvoj jezika MetaR.

U ovom radu opisan je jezik MetaR čija je namjena da olakša korišćenje algoritama mašinskog učenja u projektima koji se tiču analize podataka. Sintaksa ovog jezika je dizajnirana tako da bude fleksibilna i jednostavna za učenje. Zahtjevi za precizno definisanim formatima poziva algoritama mašinskog učenja svedeni su na minimum. Jedan program u MetaR-u sastoji se od niza objekata od kojih svaki odgovara jednom algoritmu

Pavlović Kosta, Prirodno-matematički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Ul. Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora

Popović Aleksandar, Prirodno-matematički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Ul. Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora

mašinskog učenja. Ovi objekti slični su JSON objektima. U svakom od objekata zadaju se informacije o algoritmu mašinskog učenja, na primjer: skup za obučavanje, skup za testiranje, prediktori, promjenljive koje se predviđaju, kao i parametri vezani za konkretne algoritme.

Uz pomoć EMP platforme kreiran je tekstualni editor za MetaR koji vrši sjenčenje teksta, prijavljuje sintaksne greške, dopunjuje kod programa. Kreiran je i generator koda koji sve programe iz MetaR-a prevodi u programski jezik R.

## II. PLATFORMA EMP

Platforma EMP je zapravo skup frejmworka i alata koji su namijenjeni da podrže različite aspekte razvoja namjenskih jezika za domen, kao i namjenskih jezika za modelovanje. Centralno mjesto u ovoj platformi zauzima frejmwork EMF (*Eclipse Modeling Framework*) koji omogućava definisanje apstraktne sintakse jezika, zadavanje i perzistenciju specifikacija, generisanje koda, kreiranje editora. Za definisanje apstraktne sintakse jezika koristi se jezik Ecore, koji se smatra jednom od najuspjelijih implementacija MOF-a (*Meta Object Facility*) [8].

Kada korisnik definiše apstraktnu sintaksu jezika, odmah može da pređe na zadavanje specifikacija u tom novom jeziku, koristeći editor u okviru Eclipse okruženja. Pored definisanja apstrakne sintakse, moguće je definisati i konkretnu tekstualnu notaciju za jezik putem komponente Xtext ([9]). Ova komponenta na osnovu gramatike jezika zadate putem EBNF notacije podržava generisanje: (i) parsera, (ii) linkera, (iii) AST-a (Abstract Syntax Tree) i (iv) tekstualnog editora. Za generisanje LL(\*) parsera koristi se alat ANTRL ([10]). Generisani editor podržava napredne funkcionalnosti kao što su dopunjavanje programskog koda, prijavljivanje grešaka, sjenčenje teksta itd. Podržano je generisanje editora za različita razvojna okruženja kao što su Eclipse i IntelliJ, kao i za različite Internet pretraživače.

Pored definisanja apstraktne i konkretne sintakse jezika važan korak razvoju novog jezika predstavljaju transformacije, tj., generisanje programskog koda u ciljnom programskom jeziku. Za definisanje transformacije u okviru EMP-a obezbijeđena je komponenta Xtend ([11], [12]).

Xtend je programski jezik opšte namjene sličan jeziku Java. Xtend je u potpunosti interoperabilan sa Java-om, pa se pri pisanju programa mogu koristiti sve biblioteke koje ima i Java. Kompajliranje koda napisanog u Xtend-u proizvodi Java *source* datoteke. Xtend ima koncizniju i čitljiviju sintaksu od jezika Java, a nudi i dodatne mogućnosti kao što su: *extension methods*, *lambda expressions*, *multiline template expressions*, koji znatno olakšavaju pisanje generatora koda.

## III. METAR

R je trenutno jedan od najpopularnijih programskih jezika za analizu podataka. Ova popularnost proističe iz činjenice da je R *open-source* softver, tj. besplatan je i proširiv. Takođe, povećana dostupnost podataka i pojačan naglasak na *analytics-driven* donošenju odluka u

poslovanju uticali su na intenzivnije korišćenje ovog jezika.

Profesionalci najčešće koriste R za *ad hoc* analizu i početno istraživanje skupova podataka. Ovaj jezik je podesan da se brzo isprobaju različite ideje, jer nije potrebno pisati gomilu generičkog koda kao kod drugih programskih jezika. Ipak, na kraju se R često ne nalazi u krajnjem softverskom proizvodu, već se programi pišu u opštijim jezicima, koji imaju bolju podršku za zadatke koji nijesu statistička analiza podataka. Pored ovoga, mnogi programeri imaju problem sa R-om, jer mu je sintaksa drugačija od programskih jezika na koje su navikli.

Značajan dio analize podataka svodi se na primjenu algoritama mašinskog učenja kako bi se otkrile korisne informacije skrivene u podacima. R nudi veliki broj paketa pomoću kojih je moguće koristiti ove algoritme. Problem koji smo uočili je da način korišćenja i pozivanja ovih algoritama nije uniforman. Takođe, različiti algoritmi mašinskog učenja nalaze se u različitim paketima i imaju različite formate kada se koriste. Ovaj problem potiče iz *open-source* prirode jezika R. Pored toga, ovi algoritmi imaju veliki broj parametara koje treba zadati po unaprijed definisanom redosljedu.

MetaR je jezik kojim se pokušavaju riješiti gore navedeni problemi. Sintaksa ovog jezika najbližnja je JSON formatu koji je, kao jedan od najpopularnijih formata za razmjenu podataka, programerima poznat i blizak. Ovim se prevazilazi problem sa neuobičajenom sintaksom koju ima R.

Algoritmi mašinskog učenja se u jeziku MetaR definišu kao JSON objekti koji se sastoje od parova ključ-vrijednost. Jedan par ključ-vrijednost čine naziv jednog parametra algoritma i njegova vrijednost. Na ovaj način je moguće parametre zadati u proizvoljnom redosljedu što korisnicima pruža dodatnu fleksibilnost pri radu. U MetaR-u je trenutno moguće pozvati sljedeće algoritme mašinskog učenja:

- *Linear regression*
- *Logistic regression*
- *K-Nearest Neighbors classification*
- *Linear discriminant analysis*
- *Quadratic discriminant analysis*
- *Ridge regression*
- *The lasso*
- *Splines*
- *Decision tree*
- *Random forest*
- *Support Vector Machines*

Pri kreiranju MetaR jezika, najprije je njegova konkretna sintaksa definisana pomoću Xtext alata. U primjeru ispod dat je dio gramatike ovog jezika napisane u EBNF notaciji.

```
Model: elements+=Method*;
```

```
Method: Classification | Regression | Both;
```

```
Classification: Logistic_regression | LDA | QDA | KNN | SVM;
```



```
Regression: Linear_regression |
Ridge_regression | Lasso | Spline ;

Both: Decision_tree | Random_forest;
```

```
Linear_regression:
'linear' 'regression' name=ID
'{'
  features+=RFeature*
'}';
```

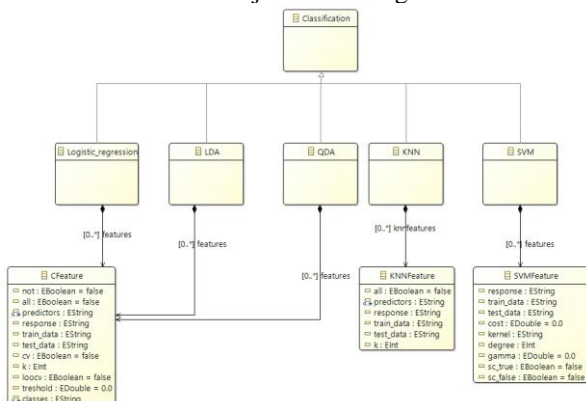
```
Logistic_regression:
'logistic' 'regression' name=ID
'{'
  features+=CFeature*
'}';
```

```
RFeature:
('predictors' ':'
 (not?='not')? (all?='all')?
 ('{'predictors+=Attribute*'}')? ) |
('response' ':' response=Attribute) |
('train' 'data' ':' train_data=ID) |
('test' 'data' ':' test_data=ID) |
(cv?='cv' ':' k=INT) |
(loocv?='cv' ':' 'loocv') |
(lm?='lambda' ':' lambda=DOUBLE);
```

```
CFeature:
('predictors' ':'
 (not?='not')? (all?='all')?
 ('{'predictors+=Attribute*'}')? ) |
('response' ':' response=Attribute) |
('train' 'data' ':' train_data=ID) |
('test' 'data' ':' test_data=ID) |
(cv?='cv' ':' k=INT) |
(loocv?='cv' ':' 'loocv') |
('threshold' ':' threshold=DOUBLE) |
('classes' ':' '{'
 classes+=STRING*'}');
```

Nakon definisanja konkretne gramatike jezika generisani su parser i tekstualni editor za MetaR.

Xtext je usko povezan sa EMF frejmworkom. Xtext koristi EMF modele za memorijsku reprezentaciju parsiranog teksta. Ovi objekti u memoriji se nazivaju apstraktna sintakna stabla. Esencijalni dio EMF frejmworka je jezik Ecore. U ovom radu Ecore je iskorišćen za kreiranje meta modela našeg jezika. Sljedeći dijagram prikazuje dio meta modela MetaR jezika koji je generisan direktno iz ranije definisane gramatike.



Sl.1. Dio meta modela jezika MetaR koji se odnosi na algoritme za klasifikaciju

EClass je jedan od osnovnih koncepata za metamodelovanje u okviru Ecore jezika. Instance ovog koncepta su dijagramu predstavljene kao pravougaonici. EClass-e u našem slučaju su: Method, Classification, Regression, Both, Linear\_regression, Logistic\_regression, RFeature, CFeature, itd. EClass može imati EAttributes, koji mogu biti nekog od predefinisanih tipova EInt, EDouble, EBoolean, EString itd., koji se u suštini odnose na primitivne tipove podataka u jeziku Java-i ili na neke klase u Java-i (npr. klasa String). EAttributes se na dijagramu nalaze unutar EClass elementa. Pored EAttributes, EClass može imati i EReferences na druge EClass-e. Na dijagramu, EReference se predstavlja kao ivica između dvije EClass-e. Ivice sa rombom na kraju označavaju relaciju sadržavanja između EClass-a koje povezuju.

Za razvoj generatora koda za MetaR koristili smo jezik Xtend. Ovaj generator svaki od algoritama mašinskog učenja koji se nalaze u MetaR programu prevodi u program u R-u. Generisani R program se sastoji od koda za obučavanje datog algoritma mašinskog učenja i od koda za testiranje tog algoritma. Na sljedećim primjerima možete vidjeti kakav R program se izgeneriše za neke MetaR programe.

Program u MetaR-u za *linear regression* sa 10-fold kros-validacijom:

```
linear regression lin1{
  response : dist
  predictors : {
    speed
  }
  train data : cars
  cv : 10
}
```

Izgenerisani program u R-u za *linear regression* sa 10-fold kros-validacijom:

```
set.seed(1)
lin1.fit=lm(dist~speed,data=data.frame(
cars))
summary(lin1.fit)
residuals(lin1.fit)
plot(lin1.fit)
library(DAAG)
lin1.cv=cv.lm(data=data.frame(cars),lin
1.fit,10)
mean(lin1.cv$cvpred)
```

Program u MetaR-u za *random forest*:

```
random forest rf1{
  response:medv
  train data:Boston
  test data:Boston
  method:regression
  ntree:500
  npred:4
}
```

Izgenerisani program u R-u za *random forest*:

```
set.seed(1)
library(randomForest)
rf1.rf=randomForest(medv~.,data=data.fr
ame(Boston),xtest=data.frame(Boston)[,-
grep("^medv$",colnames(Boston))],ytest=
```

```
data.frame(Boston)$medv,mtry=4,ntrees=500)
which.min(rf1.rf$test$err.rate[,1])#number of trees in best forest
rf1.rf$test$mse[which.min(rf1.rf$test$mse)]#obtained minimal test error rate
importance(rf1.rf)
```

Program u MetaR-u za *support vector machine*:

```
svm svm1{
  response : Survived
  test data : Titanic
  train data : Titanic
  cost:0.1
  kernel : polynomial
  degree : 3
}
```

Izgenerisani program u R-u za *support vector machine*:

```
library(e1071)
svm1.fit=svm(Survived~.,data=data.frame(Titanic),kernel="polynomial",degree=3,
cost=0.1,scale="FALSE")
summary(svm1.fit)
svm1.pred=predict(svm1.fit,Titanic)
confusion_matrix=table(predict=svm1.pred,truth=data.frame(Titanic)$Survived)
mean(svm1.pred!=data.frame(Titanic)$Survived)#overall test error rate
confusion_matrix[1,2]/sum(confusion_matrix[,2])#false positive error rate
confusion_matrix[2,1]/sum(confusion_matrix[,1])#false negative error rate
```

Na osnovu datih primjera jasno je da je sintaksa MetaR-a čitljivija i konciznija od sintakse R-a. Sa druge strane, MetaR nema podršku za veliki broj mogućnosti koje nudi R. Tu najprije mislimo na korake za preprocesiranje i uzorkovanje skupova za obučavanje i testiranje. Takođe, veliki broj algoritama mašinskog učenja još uvijek nije podržan u MetaR-u. Ipak, MetaR može poslužiti kao zamjena R-u u *ad hoc* analizi ili početnom istraživanju skupova podataka kako bi se što brže došlo do dobrog *baseline* algoritma, koji služi kao osnova za dalju analizu datog skupa podataka.

#### IV. ZAKLJUČAK

Analiza podataka je veoma bitna u skoro svim sferama poslovanja, zbog čega se jezici i tehnologije za izradu softvera koji vrše automatsku analizu podataka intenzivnije razvijaju i koriste. Programski jezik R ima veliki broj paketa za analizu podataka. Međutim, njegova atipična sintaksa i nedosljednost u korišćenju paketa u R-u čine ga teškim za učenje i mogu dovesti do smanjenja njegove popularnosti. MetaR je novi i jednostavan jezik, namijenjen korišćenju u domenu analize podataka. Razvijan je sa ciljem da se prevaziđu mane koje ima R. Sintaksa MetaR-a slična je JSON formatu koji je poznat velikom broju profesionalaca u domenu računarskih nauka.

Razvoj MetaR-a nije završen. Postoji veliki broj funkcija koje je potrebno dodati kako bi izražajne mogućnosti MetaR-a dostigle R. Takođe, prelazak sa

tekstualne na grafičku sintaksu dodatno će pojednostaviti korišćenje ovog jezika i približiti ga još širem skupu ljudi.

#### LITERATURA

- [1] A. van Deursen, P. Klint, J. Visser, "Domain-Specific Languages: An Annotated Bibliography", ACM SIGPLAN Notices, Association for Computing Machinery, USA, Vol. 35, No. 6, 26-36., 2000
- [2] T. Kosar, N. Oliveira, M. Mernik, M. J. V.Pereira, M. Črepinšek, D. Cruz, P. R. Henriques, "Comparing General-Purpose and Domain-Specific Languages: An Empirical Study", Computer Science and Information Systems (ComSIS), ISSN: 1820-0214, Vol. 7, No. 2, May 2010, pp 247-264.
- [3] S. Dmitriev, "Language Oriented Programming: The Next Programming Paradigm", <http://www.onboard.jetbrains.com/articles/04/10/lop/>
- [4] T. Stahl, M. Völter, "Model-Driven Software Development : technology, engineering, management", John Wiley & Sons Inc, Hoboken, USA, ISBN: 0-470-02570-0, 2006.
- [5] S. Kelly, J. Tolvanen, "Domain-Specific Modeling: Enabling Full Code Generation", Wiley-IEEE Computer Society Press, 2008, ISBN: 0470036664.
- [6] M. Mernik, J. Heering, M.A. Sloane, "When and How to Develop Domain-Specific Languages", ACM Computing Surveys (CSUR), Association for Computing Machinery, USA, Vol. 37, No. 4, 316-344. 2005.
- [7] Eclipse Modeling Project, Available: <https://www.eclipse.org/modeling/>
- [8] Object Management Group, "MOF 2.0 Core Specification", Version 2, Volume 1, document formal/06-01-01, January 2005.
- [9] Xtext, Available: <https://www.eclipse.org/Xtext/>
- [10] T. Parr, "The Definitive ANTLR Reference: Building Domain-Specific Languages", The Pragmatic Programmers, U.S.A.,2007.
- [11] Xtend, Available: <https://www.eclipse.org/xtend/>
- [12] L. Bettini "Implementing Domain-Specific Languages with Xtext and Xtend", Second Edition, Pack Publishing Ltd., Birmingham, UK, ISBN: 978-1-78646-496-5, August 2016.

#### ABSTRACT

The programming language R is very popular in the domain of data analysis. Even more intensive use of R is prevented by its unusual syntax and the fact that there are many R packages that are used in different ways, since they were developed by different groups of developers. This paper describes the MetaR language which, by its concise and comprehensible syntax, facilitates the creation of machine learning models for projects that include data analysis.

#### The MetaR language

Kosta Pavlović, Aleksandar Popović, *Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

# Веб апликација “Питај-одговори” у Јава ЕЕ окружењу

Анита Илић, PlusPlusNT, Београд

Душан Савић, Војислав Станојевић, *Универзитет у Београду - Факултет организационих наука*

**Садржај** — Питај-одговори представља веб апликацију за размену знања из области програмирања, која има за циљ да корисницима пружи квалитетне одговоре на задата питања. Апликација омогућава корисницима да дискутују о проблему, деле исечке кода и претражују постојеће одговоре. У раду је приказан студијски пример развоја софтверског система „Питај-одговори“, поређење и начин интеграције са постојећим StackOverflow системом.

**Кључне речи** — веб апликација, информациони систем, Java EE, StackOverflow, Питај-одговори

## I. УВОД

Развој интернета и примена информационих и комуникационих технологија у свим областима живота довеле су до промена које су омогућиле прелазак друштва у умрежено друштво знања - информационо друштво. Веб 2.0 (енг. Web 2.0) представља другу генерацију коришћења и дизајнирања веба коју карактерише интероперабилност, једноставност коришћења, и трансформација веба из читајућег у веб где корисници активно учествују у креирању садржаја [1]. Е-учење се реализује кроз различите алате, где виртуелне заједнице заједно доприносе креирању базе знања и неформалној размени информација. Један од примера система за управљањем знањем и информацијама управо представљају отворене онлајн заједнице.

StackOverflow је највећа и најпоузданија веб заједница програмера за учење, размену знања, и развој каријере [2]. Заснована је на концепту платформе “Питај-одговори” (енг. Question-answer, Q&A) на којој корисници постављају питања и дају одговоре на питања других корисника. На тај начин креира се свеобухватна база знања без дуплираних питања и са конкретним одговорима, лако претражива и доступна свима [3].

Овај рад обухвата студијски пример развоја софтверског система по угледу на “StackOverflow”. Рад је организован у четири поглавља. У првом поглављу дефинисан је сам концепт Питај-одговори. Друго поглавље описује карактеристике и дизајн постојећег StackOverflow система. У трећем поглављу дат је студијски пример развоја софтвера по угледу на StackOverflow. У четвртом поглављу дата су закључна

разматрања и правци даљег развоја и унапређења софтвера.

## II. STACKOVERFLOW СИСТЕМ

StackExchange је мрежа коју чини 171 Q&A заједница, међу које спада и највећа, Stackoverflow. Свака заједница се бави одређеном тематиком и подручјем, а корисници су ти који креирају садржај.

StackOverflow повезује програмере да помажу једни другима у решавању проблема, развоју нових вештина и бољем разумевању као и усавршавању научене материје. Основали су га 2008. године Jeff Atwood и Joel Spolsky. О доприносу и успешности саме платформе говори чињеница да чак 92.6% постављених питања добије конкретан одговор, у просеку од 11 минута [4].

Питања која постављају регистровани корисници могу се категорисати у следеће групе: питања у вези разумевања одређене технологије, питања у вези проблема са постојећим кодом, савете о имплементацији у конкретном сценарију, и питања где корисник има функционалан код али жели другачији приступ.

Основне карактеристике по којима се издваја од других “Community Question Answering (CQA)” платформи:

- *систем вредновања и репутације* - да би био осигуран квалитет одговора уведен је систем за одабир коначних решења, гласање и репутације корисника. Одговори се сортирају на основу коначног броја бодова, тј. срачунатих позитивних и негативних гласова, и на тај начин јасно се издвајају квалитетна решења која су дата од стране експерта, од лоших одговора који су изгласани негативно. Репутација корисника се повећава пружањем добрих одговора, и на тај начин их мотивише да учествују у дискусији, доказују своје знање и омогућава им лакше запослење.

- *пример кода* - свако постављено питање може, а не мора, да садржи исечак релевантног кода који помаже при разумевању питања и даје одговарајући контекст. Корисници се при постављању охрабрују да поставе исечак који је минималан, комплетан и проверљив пример [5]. Кључ успешности одговора је да би на свака три дела текста требало садржати један део кода. Уколико питање не садржи пример кода, одговори настоје да имају дуже примере и опширнији текст [6].

- *СЕО оптимизација* - за раст и развој платформе

zaslužni su kvalitetni odgovori, ali i visoko plasiranje u internet pretrazi. Čak 90% saobraćaja dolazi od strane Google pretrage [7]. Laiko indeksiranje stranica i optimizacija stranica dovela je do rasta mreže koja danas ima 50 miliona jedinstvenih posetilaca mesечно [2].

Стратегија по којој је развијен сам систем, поред претходно наведених, чине и [8]:

- ознаке - креиране од стране корисника и омогућавају лакшу претрагу повезаних претходних питања

- беџеви - подстичу кориснике да учествују у дискусији, додељују се за квалитетне одговоре и постављена популарна и битна питања

- карма - повећава се гласањем за решење питања, и доноси посебне привилегије

- претрага - смањује број дупликата наметањем кориснику претрагу постојећих питања пре постављања новог

Целокупан StackExchange је изграђен на основу WISC стека: опреативни систем је Windows Server, веб сервер је IIS, база је SQL а програмски језик у ком је развијен је C#. StackExchange API користе све апликације коју су излистане на StackApps заједници.

### III. СТУДИЈСКИ ПРИМЕР

Животни циклус система по упрошћеној Лармановој методи развоја софтвера се састоји из пет фаза: Прикупљање захтева, Анализа, Пројектовање, Имплементација и Тестирање [9].

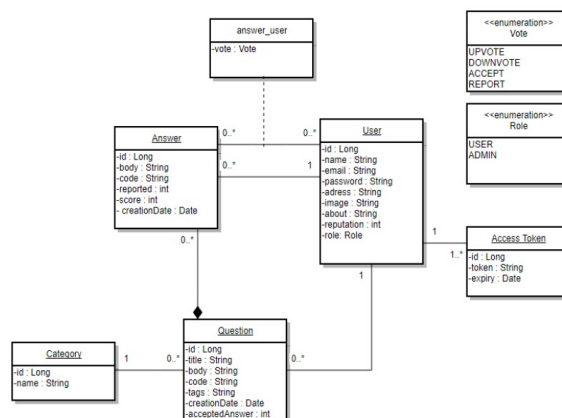
- *Прикупљање захтева:* Основни захтев система је да омогући размену знања корисника путем постављања питања из области програмирања, давање одговора на већ постављена питања, гласање, пријаву и одабир истих. Приступ апликацији треба ограничити на основу улога корисника: посетиоци сајта имају приступ само прегледу претходно постављених питања, регистровани корисници могу постављати нова, претражити постојећа, сортирати, дати одговоре, дати позитиван или негативан глас одговору, пријавити одговор као неприкладан или одабрати коначан одговор као решење свог питања. Потребно је сва питања категорисати на основу програмског језика и додељених ознака. Питање може садржати релевантан исечак кода. Омогућити кориснику да врши измене над својим корисничким налогом. Администратор треба имати додатне привилегије и могућност брисања одговора пријављених од стране других корисника, да има дозволу да закључа налоге неприкладних корисника, обрише жељено питање, као и да постави друге кориснике за администратора.

На основу наведеног креирани су одговарајући слушајеве коришћења. Случај коришћења описује скуп сценарија (use-case појављивања) односно скуп жељених коришћења система од стране актора (корисника и система). Сваки случај коришћења је описан преко једног главног сценарија и више алтернативних.

- *Анализа:* У фази анализе описана је логичка

структура путем концептуалног и релационог модела, и дато је понашање система путем дијаграма секвенци и системских операција.

Концептуални модел који описује структуру система приказан је на слици (Сл. 1).

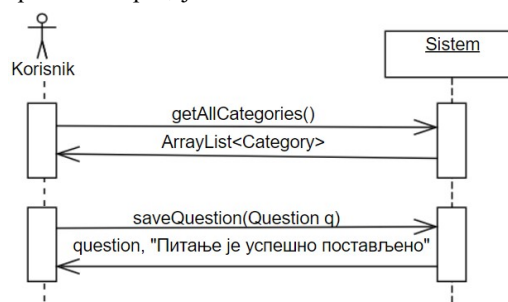


Сл. 1. Концептуални приказ модела

На основу доменских објеката и релација између њих дефинисан је следећи релациони модел:

**User**(id, name, email, password, adress, image, about, reputation, role)  
**Access\_Token**(id, token, expiry, *userId*)  
**Category**(id, name)  
**Question**(id, title, body, code, tags, acceptedAnswer, creationDate, *categoryId*, *userId*)  
**Answer**(id, body, code, reported, score, creationDate, *questionId*, *userId*)  
**Answer\_User**(*answerId*, *userId*, vote)

Понашање софтверског система описано је помоћу системских дијаграма секвенци и на основу њих уочених операција. Системски дијаграм секвенци приказује за издвојени сценарио случаја коришћења догађаје у одређеном редоследу, који успостављају интеракцију између актора и софтверског система. Догађај који направи актор је побуда за позив системске операције. За сваку уочену системску операцију дефинисан је уговор (контракт). Уговори описују понашање системске операције, и у њима је наведена веза са случајем коришћењем предуслови који морају бити задовољени пре извршења и постуслови, тј. одговарајуће стање у ком систем мора бити након извршења операције.



Сл. 2. Дијаграм секвенци за случај коришћења:

СК1: Постављање питања

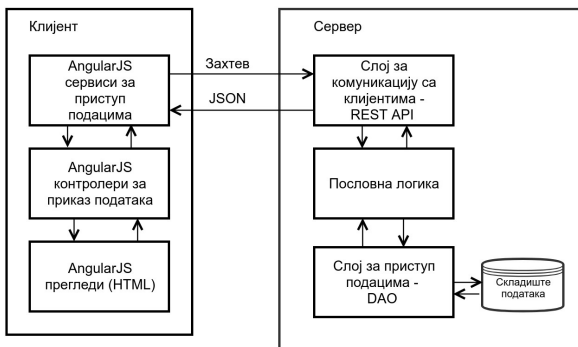
На Слици 2. дат је пример секвенчног дијаграма за случај постављања питања. Приликом учитавања

странице довлаче се све доступне категорије питања, корисник попуњава форму, бира категорију (у овом случају програмски језик) којој питање припада и позива систем за запамти креирано питање. Систем кориснику враћа поруку о успешности акције.

• *Пројектовање:* Архитектура софтверског система је тривојска: ниво корисничког интерфејса је на страни клијента, а апликациона логика и складиште података на страни сервера [10]. Кориснички интерфејс представља улазно-излазну репрезентацију софтверског система, апликациона логика описује понашање и структуру система, док складиште података чува стање атрибута софтверског система.

Апликација је реализована као једностранична апликације, где се сви ресурси читавају динамички. Захваљујући MVC архитектури на страни клијента садржај се приказује динамички, кроз двосмерно повезивање података и аутоматску синхронизацију модела и прегледа (view). Сваки преглед садржи свој контролер који се путем одговорајућих директива повезује на DOM страницу и реагује на акције корисника позивајући одговорајући сервис. Сервиси пакују HTTP захтев који се шаље серверу и враћају одређени ресурс назад на страницу. REST контролер одговара на захтев од стране клијента и позива одговорајући сервис. Сервисни слој је задужен да реагује на позиве методе и прослеђује их контролерима који заправо врше манипулацију над датим објектима. Резултат акције и порука о успешности извршења се истовремено приказује на клијентској страници.

Сама архитектура софтверског система приказана је на слици (Сл. 3).



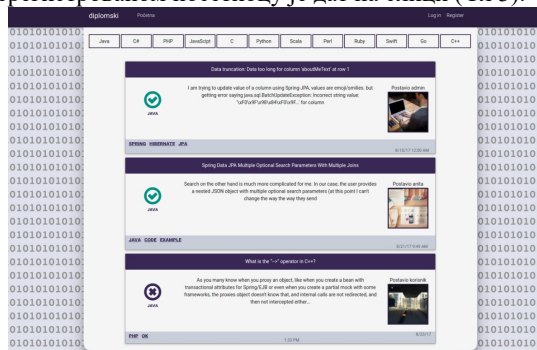
Сл. 3. Архитектура софтверског система

• *Имплементација:* Систем је развијен као једностранична веб апликација која је тестирана на Tomcat 8 серверу. За управљање пројектом коришћен је Apache Maven алат, а као систем за управљањем података коришћен је MySQL. Логика клијентских страница имплементирана је коришћењем AngularJS оквира. За стилизовање коришћене су библиотеке: Bootstrap, Material Design, Ace editor и друге. На серверској страни налази се Spring framework. Коришћењем Spring MVC оквира имплементиран је RestController путем кога се врши размена података у JSON формату. Перзистенција података је омогућена

коришћењем Java Persistence API и Hibernate-a. Аутентификација и ауторизација корисника, хеширање шифри и додатна заштита апликације постигнута је са Spring Security.

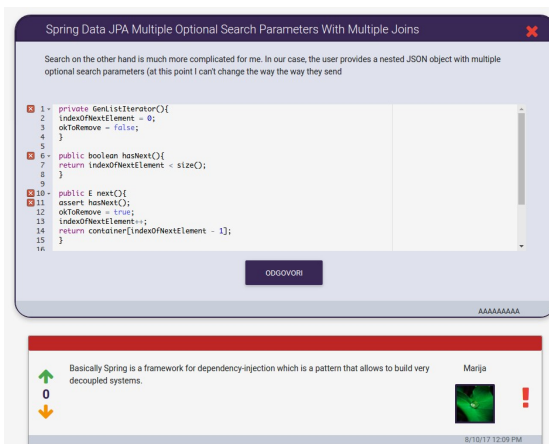
• *Тестирање:* Сваки од имплементираних случајева коришћења је тестиран и на основу извршених тестова и отклоњених недостатака може се тврдити да систем функционише на прави начин. Тестирање представља последњу фазу развоја софтверског система.

Изглед почетне странице која се приказује нерегистрованом посетиоциу је дат на слици (Сл 3).



Сл. 3. Изглед почетне странице

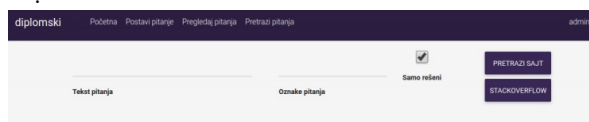
Пример странице где се приказује питање са својим одговорима дат је на Слици 4.



Сл. 4. Приказ питања са својим одговорима

На апликацији је омогућена претрага на основу наслова питања, садржаја, програмског језика, ознака или статуса (да ли има прихваћен одговор или није решено). Уколико корисник не нађе жељени одговор, он може исту претрагу извршити над StackOverflow базом, и покушати да нађе решење ту, пре него што постави ново питање.

Приказ форме за претрагу питања дат је на слици (Сл. 5).



Сл. 5. Приказ форме за претрагу питања

Систем је имплементиран тако да сваки корисник има



репутацију, на основу које се може рангирати са другим корисницима. Репутација се инкрементира уз сваки добијен позитиван глас на корисников одговор, или када одговор дат од стране корисника буде изгласано као коначно решење питања.

У оквиру софтверског система „Питај-одговори“ развије је модул за интеграцију са постојећим StackOverflow системом. Наиме, питања која се дефинишу у апликацији могуће је повезати са сличним питањима или одговорима који се налазе на StackOverflow систему.

#### IV. ЗАКЉУЧАК

Друштвене мреже, блогови и интернет форуми постали су веома утицајни захваљујући огромном броју посета, па се појединци све више окрећу заједницама стручњака за дискусију и савет. Питај-одговори платформе данас представљају огромне репозиторијуме знања. Исечци квалитетног кода, који се може поновно користити у различитим системима од различитих корисника, представљају битан аспект ових платформа и заслужне су за њихов успех.

У овом раду дат је пример развоја функционалне и одрживе веб апликације по угледу на StackOverflow, на поједностављен начин коришћењем модерних веб технологија. У првом делу дат је детаљнији опис дизајна постојећег Stackoverflow система и утврђени су разлози успешности ове платформе. У другом делу рада дат је студијски пример развоја софтвера по угледу на претходно закључено.

Коришћењем Spring оквира при развоју „Питај-одговори“ апликације смањен је управљачки код. Преко њега решен је проблем повезивања Јава објекта и њихових зависности, решена је конекција са базом података, обрађивање изузетака и управљање трансакцијама. Модуларност Spring-а омогућава флексибилност архитектуре апликације, као и поједностављено тестирање кода. AngularJS је омогућио лакшу комуникацију са сервисом, и део пословне логике пребацио на клијентску страну апликације. Задужен је за навигацију корисника кроз различите делове апликације, као и слање токена за аутентификацију.

Даљи правци истраживања усмерени су на проширење система, додатну оптимизацију страница и садржаја, као и имплементацију система бецева који ће корисници сакупљати на основу активности. С обзиром на флексибилност архитектуре апликације, даље промене, проширења и интеграције није тешко имплементирати.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Paul Anderson, What is Web 2.0? Ideas, Technologies and Implications for Education. JISC Technology and Standards Watch, 2007.
- [2] About Stackoverflow - Learn, Share, Build <https://stackoverflow.com/company>, приступано: децембар 2017.
- [3] Ashton Anderson, Daniel Huttenlocher, Jon Kleinberg, and Jure Leskovec, Discovering value from community activity on focused question answering sites: a case study of stack overflow, 2012.

- [4] Lena Mamykina, Bella Manoim, Manas Mittal, George Hripcsak, and Björn Hartmann, Design lessons from the fastest q&a site in the west, 2011
- [5] How to create a Minimal, Complete, and Verifiable example, <https://stackoverflow.com/help/mcve>, приступано: децембар 2017.
- [6] Jonathan Sillito, Frank Maurer, Seyed Mehdi Naschi, and Chris Burns. What makes a good code example? A study of programming Q&A in StackOverflow, 2012.
- [7] Joel Spolsky, Google Tech Talk, "Learning from StackOverflow.com", 2009.
- [8] M. Sewak, Finding a Growth Business Model at Stack Overflow Inc, 2010.
- [9] Siniša Vlajić, Projektovanje softvera - skripta, 2015.
- [10] Siniša Vlajić, Dušan Savić, Vojislav Stanojević, Ilija Antović, Miloš Milić: Projektovanje softvera - Napredne java tehnologije, 2008

#### Java EE “Question-answer” web application

Anita Ilić

**Abstract** - Question-answer is a web application for sharing programming knowledge, that aims to provide quality answers to questions asked by developers. Application allows users to discuss coding problems, share code examples, and search existing answers. The paper presents an example case study of software development, and gives comparison with existing StackOverflow system.

# Pametna kuća upravljiva glasom

Strahinja Jakić, Nikola Matijević

**Sadržaj - U ovom radu je predložen način realizacije pametne kuće sa kojom se upravlja glasom, razmatrane su različite varijante upravljanja energetskim potrošačima u domaćinstvu i mjerenje različitih parametara (temperatura, vlažnost vazduha, pritisak vazduha, itd). Sklop za upravljanje realizovan je sa Arduino mikrokontrolerom, a softver za upravljanje prilagođen je Android i WEB platformi.**

**Ključne riječi – Mikrokontroler, Pametna kuća upravljiva glasom, Internet of Things.**

## I. UVOD

Broj korisnika interneta se povećava iz godine u godinu i pored toga što polovina stanovnika svijeta nema konekciju na internet. U svijetu će do kraja ove godine 3,5 milijardi ljudi koristiti internet. Broj urečaja koji koriste Internet of Things tokom 2016. godine iznosi 4.9 milijardi urečaja, dok se predviđa da će do 2020. godine ta brojka narasti do 25 milijardi urečaja [1]. Pametna kuća upravljiva glasom, namjenjena je za upravljanje različitim urečajima u domaćinstvu. Osnovna primjena ovog sistema je za lakše upravljanje i kontrolu stanja urečaja. Pametna kuća je sistem kućne automatike, jednostavan za korišćenje, održavanje i ugradnju. Sistem se prilagođava trenutnoj aktivnosti, raspoloženju, navikama i životnom stilu svakog člana domaćinstva. Ovakvi sistemi spadaju u kategoriju energetski efikasnih. Za upravljanje sistemom koristi se popularni internet koncept koji omogućava povezivanje i komunikaciju između urečaja koji su sastavni dio sistema (upravljačka elektronika, senzori, softveri, komunikacioni urečaji, itd) – Internet of Things [2]. Omogućava i daljinski pristup dijelovima pametne kuće pomoću postojeće mrežne infrastrukture (internet). S obzirom na specifičnost rada upravljačkog sklopa kontrolom glasa kreiran je softver koji ostvaruje direktnu komunikaciju sa mikrokontrolerom i određenim senzorima.

Što se tiče „hardverskog“ dijela Internet of Things-a dvije stvari su ispred svih ostalih:

- Niska potrošnja električne energije;
- Mali protok podataka.

Strahinja Jakić, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije u Podgorici, Univerzitet Donja Gorica - UDG, Oktob 1, 81000 Podgorica, Crna Gora (tel: 068/045-195; e-mail: strahinja.jakic@udg.edu.me).  
Nikola Matijević, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije u Podgorici, Univerzitet Donja Gorica - UDG, Oktob 1, 81000 Podgorica, Crna Gora (tel: 068/757-383; e-mail: nikola.matijevic@udg.edu.me).

Kada govorimo o internetu tada usluge Internet of Things-a možemo podijeliti na tri vrste komunikacije:

- Komunikacija hardvera sa korisnicima,
- Komunikacija između hardverskih komponenti,
- Komunikacija između različitih urečaja.

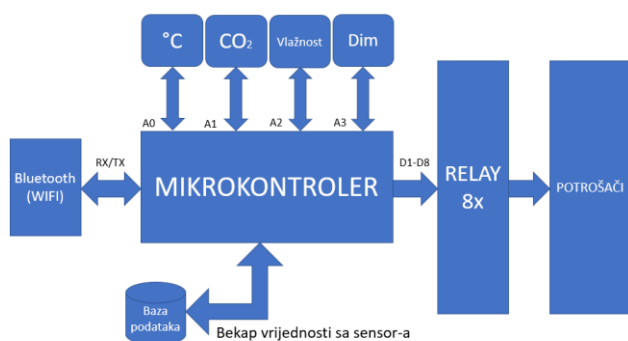
Za sve navedene vrste komunikacije postoje razne vrste bežičnih urečaja koji omogućavaju konekciju na internet. To uključuje neke već poznate standarde (WiFi, Bluetooth, NFC, RFID [3] ), ali i neke nove standarde kao što su ZigBee, Z-Wave i 6LoWPAN [4].

U prethodnih nekoliko godina upravljanje pametnim kućama je realizovano prekidačima, panelima i SMS upravljanjem. Upravljanje govorom predstavlja lakši način upravljanja. U ovom radu je opisan prototip rješenja za upravljanje govorom u pametnim kućama korišćenjem IoT tehnologija.

Rad je sačinjen od tri poglavlja. U poglavlju II opisan je način praktične realizacije pametne kuće upravljive govorom kao i korišćenje odgovarajuće opreme (mikrokontroleri, senzori, itd). U poglavlju III opisana je biblioteka za prepoznavanje govora. U poglavlju IV iznosimo prednosti našeg projektnog zadatka, kao i cijelu reviziju idejnog rešenja (efikasnost, isplativost, sigurnost, itd).

## II. PAMETNA KUĆA UPRAVLJIVA GLASOM

Pametna kuća upravljiva glasom je realizovana upotrebom mikrokontrolera koji spada u platforme otvorenog koda. Cilj za realizaciju ovog sistema je da se olakša korisnicima upravljanje urečajima u domaćinstvu (uključenje i isključenje urečaja, održavanje temperature u objektu, itd). Jedan od glavnih ciljeva je bio da dođemo do realizacije što jeftinijeg a pouzdanog pametnog sistema, jer dostupni komercijalni sistemi iziskuju velika novčana sredstva. Mikrokontroleri koji se koriste za ovaj sistem su jeftini i dostupni svima za nabavku. Upotrebom odgovarajućih senzora i pretvarača vrši se očitavanje određenih veličina koje predstavljaju osnovu za rad i regulaciju sistema. Način upravljanja može biti realizovan daljinskim putem upotrebom GSM provajdera, internet veze i Bluetooth veze. Na Slici 1. prikazana je blok šema pametne kuće upravljive govorom.



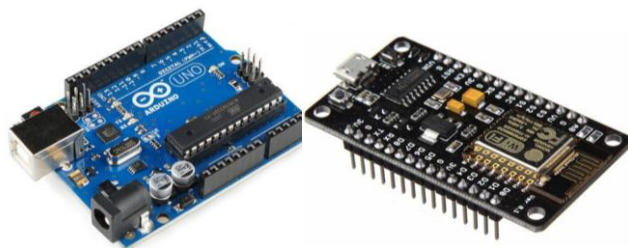
Sl. 1. Blok šema pametne kuće upravljive govorom.

Sistem se sastoji od sledećih blokova:

- Mikrokontroler,
- Senzori koji vrše odgovarajuća mjerenja,
- Komunikacioni uređaj,
- Relejna ploča,
- Baza podataka.

#### A. Mikrokontroler

Sistem koristi mikrokontrolere Arduino UNO i ESP8266. Mikrokontroleri održavaju cijeli sistem: očitavaju parametare sa senzora (temperatura, vlažnost vazduha, pritisak vazduha, itd), i određuju način komuniciranja sa cijelim sistemom. Arduino UNO je mikrokontroler koji sadrži 8-bitni procesor [5]. Interna memorija Arduino mikrokontrolera je 32KB, dok je radna memorija 2KB. Razlika između Arduino mikrokontrolera i ESP8266 je u kapacitetu memorije, ESP8266 mikrokontroler posjeduje 64KB interne memorije i sadrži komunikacioni uređaj za WIFI komunikaciju [6]. Mikrokontroleri se mogu nabaviti bez velikog novčanog ulaganja, ekonomski su isplativiji, a garantuju veliku pouzdanost u radu cjelokupnog sistema. Mikrokontroler je malih dimenzija i postavljao bi se kod razvodnih tabli u objektima gdje bi se priključivao ovaj način pametne instalacije. Na Slici 2. prikazani su upotrebljeni mikrokontroleri potrebni za realizaciju sistema.

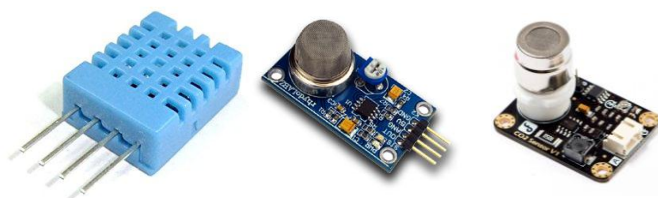


Sl. 2. Arduino UNO i ESP8266 mikrokontroler.

Realizacija sistema je moguća i sa drugim mikrokontrolerima, sistem nije samo ograničen sa korišćenjem Arduino mikrokontrolera.

#### B. Senzori

Sistem tokom rada vrši i mjerenje odgovarajućih analognih veličina, gdje na osnovu izmjerenih rezultata izvršava odgovarajuće zadatke. Veličine koje sistem mjeri su temperatura, CO<sub>2</sub>, vlažnost vazduha, vazdušni pritisak ali posjeduje i dimni senzor. Platforma ima mogućnosti da se korisnik u realnom vremenu obavjesti ako bilo koji senzor dostigne nivo mjerene veličine koji nije dozvoljen, ili u tom trenutku će cijeli sistem odreagovati na neki način (regulacija odgovarajućeg sistema, uključenje i isključenje određenih potrošača, koji su sastavni dio instalacije). Na Slici 3. prikazani su senzori potrebni za realizaciju projekta (temperatura, gas, dim).



Sl. 3. Upotrebljeni senzori.

#### C. Komunikacioni uređaji

Sistemom je moguće komunicirati na dva načina. Pomoću Bluetooth komunikacije i WIFI komunikacije. Kad se upotrebi Bluetooth komunikacija upravljanje je moguće izvršiti sa pametnog uređaja koji ima Android operativni sistem. A uključenje i isključenje određenih potrošača se izvršava glasovnim komandama, što može biti velika prednost kod korisnika. Drugi način je pristupanje sistemu upotrebom WIFI konekcije, gdje se u WEB Browser-u formira grafičko okruženje sa kojim se uključuju i isključuju određeni potrošači i očitavaju parametri sa senzora. Grafičkom okruženju u WEB Browser-u mogu pristupiti svi uređaji koji su konektovani na WIFI konekciju sa kojom je povezan mikrokontroler, nezavisno od toga koji operativni sistem uređaji koriste.

Na Slici 4. prikazana su grafička okruženja za Bluetooth komunikaciju i grafičko okruženje u WEB Browser-u za WIFI komunikaciju.

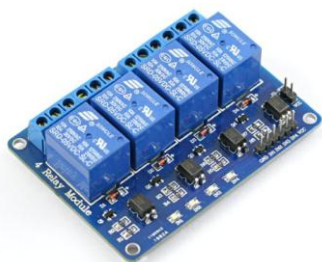




Sl. 4. Grafičko okruženje za Bluetooth komunikaciju i grafičko okruženje u WEB Browser-u za WIFI komunikaciju.

#### D. Relejna ploča

Ovaj element u sistemu je jako bitan i predstavlja „adapter“ između upravljačkih signala sa mikrokontrolera i potrošača koji rade na naponu gradske mreže. Na izlazu relejne ploče prekinut je fazni provodnik energetskih potrošača. Uključenje i isključenje potrošača na izlaznom stepenu releja se vrši zavisno od toga koju komandu prosljedi mikrokontroler. Prosljeđivanjem logičke jedinice relej spaja fazni provodnik i energetski potrošač je uključen, a pri dolasku logičke nule, izlazni stepen releja se opet otvara i isključuje energetski potrošač. Broj energetskih potrošača sa kojima se može upravljati zavisi od broja releja. U ovom primjeru smo koristili relejnu ploču od 4 releja, gdje smo upravljali sa četiri energetska potrošača. Na Slici 5. nalazi se prikaz relejne ploče koja predstavlja interfejs između upravljačkih signala i energetske instalacije.

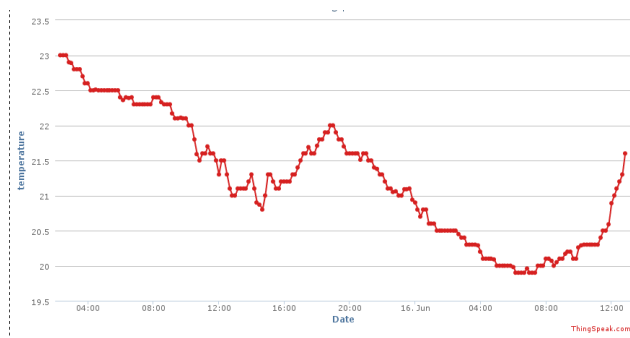


Sl. 5. Relejna ploča.

#### E. Baza podataka

Sve analogne veličine koje sistem obrađuje uz pomoć odgovarajućih senzora, njihove vrijednosti je potrebno bekapovati i grafički prikazivati, radi detaljne analize parametara, u nekom vremenskom periodu. Za čuvanje izmjerenih vrijednosti i njihovo grafičko prikazivanje koristili smo SD module na kojem se nalazi baza podataka. Na Slici 6. prikazan je grafik koji predstavlja promjenu

temperature u vremenu koristeći servis Internet of Things.



Sl. 6. Grafički prikaz mjerenja temperature koristeći Internet of Things servis.

#### F. Vizuelizacija rezultata mjerenja i automatizacija procesa

U ovom pametnom sistemu potrebno je obezbjediti grafičku vizuelizaciju koja će se prilagoditi korisniku sistema. Za vizuelizaciju koristili su se programski jezici (HTML, CSS, PHP, JAVASCRIPT, itd), dok je za Android aplikaciju potreban i programski jezik JAVA koji je omogućio povezivanje sa bibliotekom za prepoznavanje govora. Automatizacija je ostvarena pomoću senzora i programskim definisanjem ponašanja sistema na određenim mjerenim vrijednostima. U sistemu je omogućeno da se automatski uključi grijanje ili hlađenje prostorije zavisno od mjerene temperature koju mjeri senzor. Ako temperatura padne ispod definisane vrijednosti u kodu, sistem će uključiti grijanje, a ako temperatura dostigne visoku vrijednost koja je takođe definisana, uključiće se rashladni sistem.

### III. BIBLIOTEKA ZA PREPOZNAVANJE GOVORA

Automatsko prepoznavanje govora (eng. Automatic Speech Recognition – ASR) spada u najveće tehničke izazove savremenog doba [7]. Da bi se ova biblioteka realizovala bilo je potrebno znanje iz različitih oblasti počev od akustike, fonetike, matematike, telekomunikacija, obrade signala i programiranja. Složenost ove biblioteke zavisi od govora (jezika) na kojem vrši pretvaranje.

Zadatak automatskog prepoznavanja govora je da se na osnovu ulaznih podataka u vidu zvučnog zapisa neke govorne cjeline (riječi ili rečenice) dobije odgovarajući tekstualni zapis. Na taj način se govor praktično konvertuje u tekst (string), odnosno „prepoznaje se“ šta je korisnik izgovorio. Na osnovu dobijene riječi moguće je realizovati upravljanje odgovarajućim sistemima. Biblioteke se razlikuju po veličini rečnika i jezika na kojem rade. Takođe, postoje i biblioteke koje koriste i Google servis i ta je biblioteka bila sastavni dio pametne kuće upravljive glasom[8]. Programski jezici u kojima se realizuju biblioteke su C++ i JAVA. Na Slici 7. prikazana je

struktura JAVA biblioteke za prepoznavanje govora, koja sadrži Google Translate servis.

#### IV. ZAKLJUČAK



Sl. 7. Struktura JAVA Speech Recognition biblioteke.

Biblioteka koja se koristi za realizaciju je preuzeta sa sledeće lokacije: [9]. Najbitniji korak pri realizaciji sistema je bilo formiranje interakcije između korisnika i cijelog sistema. Biblioteka se upotrebila pri programiranju aplikacije za android platformu preko koje će se izvršiti upravljanje i kontrola uređaja u kući. Na Slici 8. prikazana je maketa praktično realizovanog cjelokupnog sistema.



Sl. 8. Maketa praktično realizovanog sistema.

Sistem funkcioniše tako što se definisanom glasovnom komandom upravlja odgovarajućim strujnim kolima. U praktičnoj realizaciji postoje dva strujna kruga (rasvjeta i energetski potrošač). Prvi korak je konfigurisanje glasovnih komandi na koje će reagovati određeno strujno kolo („LED on“ – uključenje, „LED off“ - isključenje). Glasovne komande se definišu u grafičkom okruženju kreirane aplikacije za Android OS prema potrebama korisnika. Nakon definisanih glasovnih komandi može se izvršiti simulacija uključanja ili isključenja rasvjete i potrošača. Servis koji omogućava daljinsku komunikaciju je sastavni dio biblioteke za prepoznavanje govora – Google translate. Za komunikaciju između aplikacije i mikrokontrolera potrebna je internet konekcija.

U ovom radu opisan je postupak izrade pametne kuće upravljive govorom, kroz detaljan opis praktične realizacije. Sistem je efikasan, isplativ i siguran. Efikasnost se ogleda u vidu pružanja mogućnosti sigurne daljinske komunikacije kao i očitavanja parametara koje je bez ovog sistema nemoguće očitati. Isplativost sistema se mjeri kroz jako niske troškove nabavke hardvera potrebnog za realizaciju kompletnog sistema, kao i mogućnost ugrađivanja na već postojeće električne instalacije u objektima sa malim modifikacijama postojećeg. Sistem je potrebno zaštititi da ne bi bio izložen hakerskim napadima, pa je u ovom primjeru zaštićena svaka hardverska komponenta osnovnom zaštitom, dok bi se vremenom zaštita unaprjeđivala. Dio projekta koji funkcioniše putem WIFI mreže kriptovan je PSK2 zaštitom Wirreles konekcije, dok su ostali komunikacioni uređaji (Bluetooth) kriptovani Default-nom zaštitom koja bi morala još da se unaprijedi. Sistem je siguran jer posjeduje odgovarajuće kriptografske zaštite na svakoj hardverskoj komponenti i načinu komunikacije (Bluetooth, WiFi).

#### V. ZAHVALNICA

Tema ovog rada je sastavni dio projektnog zadatka u okviru predmeta JAVA na drugoj godini Fakulteta za informacione sisteme i tehnologije na Univerzitetu Donja Gorica.

#### LITERATURA

- [1] Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti, "Godišnje izvješće u radu," Zagreb, decembar 2015
- [2] Lopey Reasearch, "An Introduction to the Internet of Things (IoT)," November 2013.
- [3] Andrea Goldsmith, "Wireless Communications," Cambridge University Press, 2005.
- [4] Ankur Tomar – Global Technology Centre, "Introduction to Zigbee Technology," July 2011.
- [5] Jon Riehl, "Design of an 8-bit bus-oriented computer," April 2011.
- [6] F.Ricci, "An Introduction to Wireless Technologies," September 2011.
- [7] Xuedong Huang, "An Overview of Modern Speech Recognition," 2008.
- [8] Simens inženjering, "Sistem pametne kuće," 2010.
- [9] Git Hub, [https://github.com/Uberi/speech\\_recognition](https://github.com/Uberi/speech_recognition), December 2017.

#### ABSTRACT

In this paper we described one kind of smart home realization using voice control. We considered different variations of controlling energy consuming devices in every home and measuring different parameters (temperature, air humidity, air pressure, etc). This system is realised using Arduino microcontroller, also software is adjusted to Android and WEB platform.

#### SMART HOME VOICE SYSTEM

Strahinja Jakić, Nikola Matijević

# Примена SilabMetrics алата за статичку анализу софтвера у процесу евалуације квалитета софтвера

Милош Милић, Синиша Влајић, Илија Антовић, *Универзитет у Београду - Факултет организационих наука*

**Садржај** — Сложеност савремених софтверских система намеће потребу за добром организацијом процеса развоја софтвера. Циљ овог рада је да укаже на значај стандарда квалитета софтвера и алата за статичку анализу квалитета софтвера у процесу развоја и одржавања софтвера. Њиховом применом омогућава се развој софтверских система који су једноставни за развој, одржавање и даљу надоградњу. У раду је приказан SilabMetrics алат намењен учењу и упознавању основних концепата који се односе на стандарде квалитета софтвера, моделе квалитета софтвера и софтверске метрике.

**Кључне речи** — атрибути квалитета софтвера, квалитет софтвера, модели квалитета софтвера, софтверске метрике, стандарди квалитета софтвера, SilabMetrics.

## I. УВОД

Процес развоја софтвера је веома сложен: у процесу развоја софтвера примењују се различите методе развоја (нпр. Јединствени процес развоја софтвера, Ларманова метода развоја софтвера, Екстремно програмирање итд.) које су засноване на различитим моделима развоја (нпр. Модел водопада, Итеративно-инкрементални модел, Спирални модел итд.) и које користе различите стратегије развоја (нпр. вођене случајевима коришћења, вођене моделима, вођене тестовима итд.).

Наведене околности су стално наметале потребу да се софтвер испоручи брже, по прихватљивој цени, са минималним бројем дефеката [1][2]. Имајући у виду све изнесено може се закључити да развој софтвера представља скуп сложених активности којима је потребно управљати на одговарајући начин [3]. Овај рад усмерен је на алате за статичку анализу софтвера и њихову примену у процесу евалуације квалитета софтвера. Рад је организован у пет поглавља. У првом

поглављу дефинисан је проблем истраживања и дат је садржај рада по поглављима. У другом поглављу дефинисани су кључни појмови који се односе на квалитет софтвера. У трећем поглављу објашњен је значај алата за статичку анализу квалитета софтвера, као и веза алата са стандардима квалитета софтвера. У четвртном поглављу описан је SilabMetrics алат за статичку анализу квалитета софтвера. Пето поглавље садржи закључна разматрања и правце даљег истраживања.

## II. КВАЛИТЕТ СОФТВЕРА

Управљање квалитетом и контрола квалитета представљају значајан део сваког процеса производње. У најопштијем смислу, квалитет се може дефинисати као "усаглашеност са захтевима" [4], односно као "усаглашеност производа са детаљном спецификацијом производа" [5]. С друге стране, квалитет софтвера се може дефинисати као "способност софтверског производа да задовољи захтеване и подразумеване потребе у одређеним условима" [6].

У претходним деценијама је порасла потреба за квалитетом софтвера. С обзиром на разноврсну примену софтвера може се рећи да је његово исправно функционисање од велике важности за пословни успех. Зато је веома важно да се приликом развоја софтвера већ у фази планирања дефинише специфично значење квалитета софтвера [7], како би се правовремено уочиле неусаглашености у процесу развоја софтвера [8]. У том смислу се може закључити да стандарди и модели квалитета софтвера имају веома важну улогу у софтверском инжењерству [9].

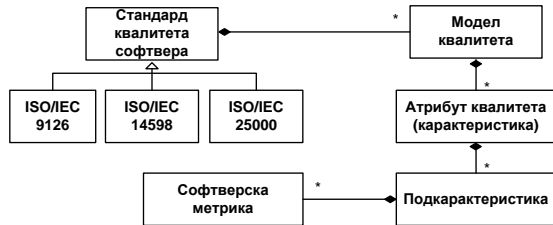
Међународна организација за стандардизацију (енг. International Organization for Standardization - ISO) и Међународна електротехничка комисија (енг. International Electrotechnical Commission - IEC) представљају међународне организације чије су активности усмерене ка дефинисању међународних стандарда у различитим областима. Стандарди ISO/IEC 25000 [6], ISO/IEC 14598 [10] и ISO/IEC 9126 [11] су посебно значајни за софтверско инжењерство. ISO/IEC 14598 дефинише општи оквир за евалуацију софтверског производа коришћењем модела квалитета који је дефинисан ISO/IEC 9126 стандардом [12].

Др Милош Милић, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (телефон: +381-11-3950800; е пошта: mmilic@fon.bg.ac.rs).

Др Синиша Влајић, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (телефон: +381-11-3950800; е пошта: vlajic@fon.bg.ac.rs).

Др Илија Антовић, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (телефон: +381-11-3950800; е пошта: ilijaa@fon.bg.ac.rs).

Стандард ISO/IEC 9126 дефинише атрибуте квалитета софтвера, као и софтверске метрике за сваки атрибут [13]. Ове метрике се користе за мерење квалитета софтверског система. Нова серија стандарда ISO/IEC 25000 треба да замени и прошири ISO/IEC 9126 и ISO/IEC 14598 стандарде [12]. Концептуални приказ модела квалитета софтвера ISO/IEC стандарда дат је на Сл. 1 коришћењем UML дијаграма класа.



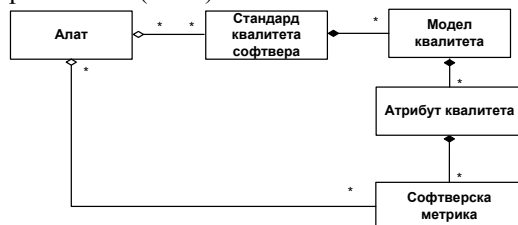
Сл. 1. Концептуални приказ модела квалитета софтвера ISO/IEC стандарда [14]

Са Сл. 1 се примећује да се стандардом квалитета софтвера дефинишу модели квалитета софтвера. С друге стране, моделом квалитета софтвера дефинишу се атрибути квалитета софтвера (тј. карактеристике квалитета), док свака карактеристика може бити декомпонована на више подкарактеристика. За сваку карактеристику и подкарактеристику квалитета дефинишу се софтверске метрике које се користе за мерење посматраног атрибута квалитета софтвера. На основу атрибута квалитета софтвера могуће се извршити оцену квалитета читавог софтверског система. Другим речима, атрибути квалитета могу се користити за дефинисање нивоа квалитета софтверског производа, али и за дефинисање квалитета процеса развоја софтвера [15].

### III. АЛАТИ ЗА СТАТИЧКУ АНАЛИЗУ КВАЛИТЕТА СОФТВЕРА

#### A. Веза алата за статичку анализу квалитета софтвера са стандардима квалитета софтвера

Алати за статичку анализу квалитета софтвера су у непосредној вези са стандардима квалитета софтвера. Веза између алата за статичку анализу квалитета софтверског система, стандарда квалитета софтвера, модела квалитета софтвера и софтверских метрика приказана је на наредној слици коришћењем UML дијаграма класа (Сл. 2).



Сл. 2. Веза између алата, стандарда, модела квалитета софтвера и софтверских метрика [14]

Са Сл. 2 се уочава да алат за статичку анализу квалитета софтвера може обезбедити подршку за неки стандард квалитета софтвера (алат може да имплементира пуну подршку за један или више стандарда квалитета софтвера; такође, алат може бити

заснован на принципима неког стандарда квалитета софтвера). С друге стране, један стандард квалитета софтвера може бити подржан од стране више алата за статичку анализу квалитета софтвера. У том смислу се може закључити да се алати за статичку анализу квалитета софтвера оперативно користе за утврђивање нивоа квалитета посматраног софтверског система и процеса његовог развоја.

Заснованост алата за статичку анализу на стандардима квалитета софтвера има вишеструке предности. Најпре, једна од најважнијих карактеристика процеса развоја софтвера је производња квалитетног софтвера који је у складу са дефинисаним захтевима. Коришћењем алата за статичку анализу квалитета софтвера инжењери за развој софтвера, развојни тим и менаџмент имају добар увид у квалитет софтвера, боље се разумеју и лакше сарађују. У том смислу се може рећи да стандарди квалитета софтвера представљају нешто око чега су сагласни и окупљени сви учесници у процесу развоја софтвера.

#### B. Значај алата за статичку анализу у процесу евалуације квалитета софтвера

Примена алата за статичку анализу квалитета софтвера у процесу развоја софтвера помаже у креирању софтверског система који је сагласан са дефинисаним моделом квалитета софтвера тј. у креирању софтверског система чији атрибути квалитета имају високе вредности. На тај начин се добија софтверски систем који је ефикасан, добро пројектован, који се лако одржава и може се поново користити. Поред тога, омогућено је уочавање и отклањање неусаглашености са дефинисаним моделом квалитета у раним фазама процеса развоја софтвера, када је грешке много лакше уочити и исправити. Алати се најчешће интегришу са окружењима за развој софтвера што значајно олакшава уочавање и исправљање грешака.

Коришћењем алата који су засновани на стандардима квалитета софтвера је, такође, омогућено брзо увођење нових софтверских инжењера у процес развоја софтвера: софтверски инжењери су усмерени да развијају софтвер који је у складу са дефинисаним моделом квалитета. Због тога је квалитет софтвера препознат као веома важна карактеристика процеса развоја софтвера.

Алати за статичку анализу квалитета софтвера најчешће садрже предефинисани модел квалитета софтвера. Међутим, софтверски системи који се развијају разликују се по многим критеријумима: програмским парадигмама које се користе у процесу развоја софтверског система, програмским језицима у оквиру којих се врши имплементација софтверског система, софтверским технологијама и оквирима (енг. framework) који се користе у процесу развоја софтвера, развојним окружењима која се користе у процесу развоја софтвера, примењеним стратегијама, моделима и методама процеса животног циклуса развоја

софтвера, артефактима који настају у процесу развоја софтвера, врсти софтверског система, намени софтверског система, домену проблема који софтверски систем решава, корисницима софтверског система итд.

У том смислу предефинисани модел квалитета не мора бити одговарајући за евалуацију квалитета сваког софтверског система. За посматрани софтверски систем поједини атрибути квалитета могу бити значајнији у односу на друге атрибуте квалитета. Такође, неки атрибути квалитета не морају уопште бити од значаја за квалитет посматраног софтверског система. Стога се алатима за статичку анализу може извршити измена предефинисаног модела квалитета софтвера (у смислу измене атрибута квалитета софтвера, граничних вредности софтверских метрика, везе атрибута квалитета софтвера са софтверским метрикама, као и других релевантних параметара који се односе на посматрани модел квалитета софтвера).

Уколико алати подржавају промену параметара предефинисаног модела квалитета, могуће је вршити постоптималну анализу квалитета софтверског система. У том смислу је могуће утврдити како промена појединачног параметра (или групе параметара) модела квалитета утиче на квалитет софтверског система у целини. Такође је могуће утврдити у којим границама се појединачни параметар (или група параметара) може кретати а да квалитет софтверског система остане задовољен. Другим речима, могуће је правити баланс у смислу задовољења атрибута квалитета софтвера узимајући у обзир значај атрибута квалитета за посматрани софтверски систем, односно узимајући у обзир специфично значење квалитета.

#### IV. SILABMETRICS АЛАТ ЗА СТАТИЧКУ АНАЛИЗУ КВАЛИТЕТА СОФТВЕРА

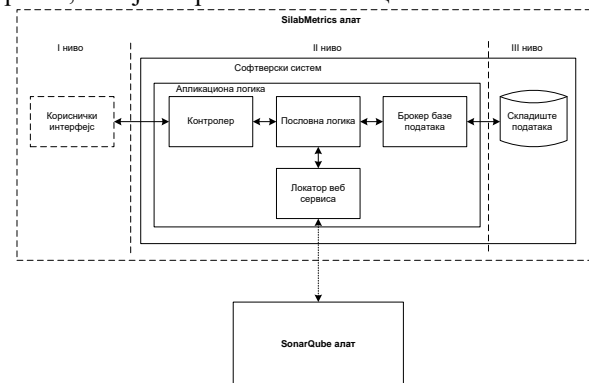
SilabMetrics [16] је алат за статичку анализу програмског кода софтверског система који је имплементиран у програмском језику Java. Алат је развијен у оквиру Лабораторије за софтверско инжењерство Факултета организационих наука (Универзитет у Београду). Алат је првенствено намењен учењу и упознавању основних концепата који се односе на стандарде квалитета софтвера, моделе квалитета софтвера и софтверске метрике. У том смислу, првенствени корисници алата су инструктори и студенти. Коришћењем алата инструктори могу да анализирају програмски код студената и на тај начин прате процес учења. С друге стране, студенти могу да користе алат како би анализирали програмски код и на тај начин добили повратне информације о његовом квалитету [16]. У том смислу, на наредној слици (Сл. 3) приказане су основне функције алата.



Сл. 3. Функције SilabMetrics алата [14]

SilabMetrics алат за статичку анализу квалитета софтвера дефинише следеће атрибуте квалитета софтвера: *Променљивост*, *Ефикасност*, *Одржавање*, *Преносивост*, *Поузданост*, *Поновно коришћење*, *Сигурност* и *Тестирање*. Поред тога, алат омогућава прилагођавање предефинисаног модела квалитета софтвера. На тај начин могуће је дефинисати специфично знање квалитета софтвера како би се остварили циљеви учења [16]. На пример, уколико се разматра атрибут квалитета *Одржавање*, могуће је конфигурирати софтверске метрике које се односе на повезаност објеката, дубину стабла наслеђивања и метрику стабилности софтвера, док се остале софтверске метрике могу искључити. Променом програмског кода софтверског система долази и до промене вредности посматраних метрика, што последично доводи и до лакшег одржавања и надоградње софтверског система.

Процес статичке анализе реализује се коришћењем SonarQube алата, са којим се комуницира путем веб сервиса, што је и приказано на слици Сл. 4.



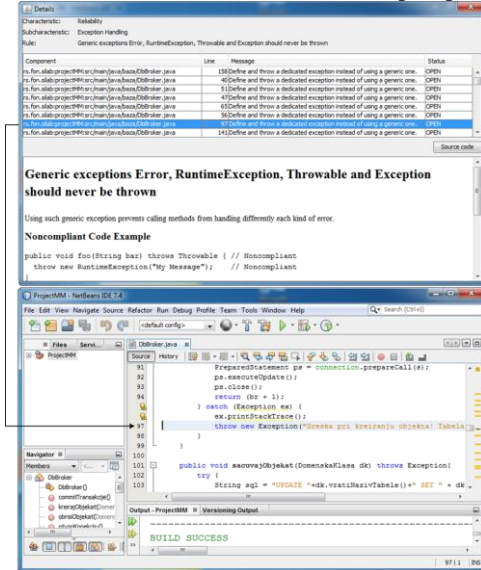
Сл. 4. Архитектура SilabMetrics алата [14]

Са Сл. 4 се уочава да је SilabMetrics алат реализован коришћењем тронивојске архитектуре [14]:

- Ниво корисничког интерфејса омогућава преглед модела квалитета софтвера, измену модела квалитета софтвера, као и извршавање анализе квалитета софтверског система;
- Ниво апликационе логике садржи контролер, пословну логику којом се реализује понашање софтверског система и брокер базе података. У оквиру пословне логике имплементирана је метрика стабилности софтвера, као и позив брокера базе података. Такође, путем пословне логике, преко компоненте *Локалатор веб сервиса*, врши се интеграција са SonarQube алатом;



- Nivo skladišta podataka sadrži strukturu sistema i u њему se nalaze podaci o analiziranim projeklima, kao i podaci koja se odnose na model kvaliteta softvera.



Сл. 5. Интеграција SilabMetrics алата и NetBeans окружења за развој софтвера [16]

Поред тога, SilabMetrics алат је интегрисан са NetBeans окружењем за развој софтвера, што је и приказано на Сл. 5. На тај начин је омогућена брза анализа и исправљање уочених недостатака у процесу развоја софтвера: инструктори и студенти су усмерени да пишу програмски код који је у складу са дефинисаним моделом квалитета. Након извршене анализе SilabMetrics приказује детаљни опис насталог проблема, уз сугестије како посматрани проблем треба исправити. На тај начин се дефекти могу уочити у раној фази процеса развоја софтвера. Поред тога, могуће је и смањити трошак откривања дефеката [17], тј. време које је потребно инструкторима и/или студентима како би пронашли информацију или пример кода у циљу решавања насталог дефекта.

## V. ЗАКЉУЧАК

Савремени софтверски системи су веома сложени: састоје се од великог броја модула и компоненти које могу бити имплементирани коришћењем различитих софтверских технологија. Стога је потребно извршити добру организацију процеса развоја софтвера. Сходно томе, у сам процес развоја софтвера потребно је уградити стандарде квалитета софтвера како би се посматраним променама управљало на ефикасан и ефективан начин.

За оперативно мерење нивоа квалитета софтвера и процеса његовог развоја користе се алати за статичку анализу квалитета софтвера који могу бити засновани на стандардима квалитета софтвера. Алати и стандарди квалитета софтвера се најчешће користе у комбинацији, комплементарни су (међусобно се допуњују) и њихово заједничко коришћење доприноси

повећању нивоа квалитета софтверског система који се развија.

Даљи правци истраживања усмерени су на проширење SilabMetrics алата како би се обезбедила подршка за друге објектно-оријентисане софтверске технологије, односно подршка за друга интегрисана развојна окружења.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] P. Kruchten, The rational unified process: an introduction, Addison-Wesley Professional, 2004.
- [2] I. Sommerville, Computer Science Handbook, In Tucker, A. B. (Ed.) Chapman & Hall/CRC, 2004.
- [3] J. Offutt, Quality attributes of web software applications, IEEE software, Vol. 19, No. 2, pp. 25-32, 2002.
- [4] J. E. Gaffney Jr, Metrics in software quality assurance, In Proceedings of the ACM'81 conference, pp. 126-130, 1981.
- [5] P. B. Crosby, Quality is free, Signet Book, 1980.
- [6] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models, [Online], Available: <http://www.iso.org>
- [7] Y. A. Alsultany, A. M. Wohaishi, Requirements of Software Quality Assurance Model, Second IEEE International Conference on Environmental and Computer Science ICECS'09, pp. 19-23, 2009.
- [8] Y. Jiang, B. Cuki, T. Menzies, N. Bartlow, Comparing design and code metrics for software quality prediction, In Proceedings of the ACM 4th international workshop on Predictor models in software engineering, pp. 11-18, 2008.
- [9] N. F. Schneidewind, Body of knowledge for software quality measurement, Computer, Vol. 35, No. 2, pp. 77-83, 2002.
- [10] ISO/IEC 14598, Information technology -- Software product evaluation, [Online], Available: <http://www.iso.org>
- [11] ISO/IEC 9126, Software Engineering - Product Quality, [Online], Available: <http://www.iso.org>
- [12] N. Bevan, International standards for HCI, Encyclopedia of human computer interaction, p. 362, 2006.
- [13] H. Schackmann, M. Jansen, H. Lichter, Tool support for user-defined quality assessment models. Proc. of MetriKon, 2009.
- [14] M. Милић, Побољшање објектно-оријентисаних софтверских система коришћењем стандарда квалитета софтвера, докторска дисертација, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука, 2017.
- [15] Y. Liu, T. M. Khoshgoftaar, N. Seliya, Evolutionary optimization of software quality modeling with multiple repositories, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 36, No. 6, pp. 852-864, 2010.
- [16] M. Milić, S. Vlajić, I. Antović, D. Savić, V. Stanojević, S. Lazarević, Software Quality Standards and Lean Approach in Teaching and Learning Programming, International Journal of Engineering Education, Vol. 33, No. 4, pp. 1345-1360, 2017.
- [17] J. O. Coplien, G. Bjørnvig, Lean architecture: for agile software development, John Wiley & Sons, 2011.

## Application of SilabMetrics static analysis tool in the software quality evaluation process

Miloš Milić, Siniša Vlajić, Ilija Antović

**Abstract** - The complexity of modern software systems imposes the need for a good organization of the software development process. The aim of this paper is to point out the importance of software quality standards and tools for static analysis of software quality in the software development process: their application enables the development of software systems which are easy to develop, maintain, and upgrade. The paper introduces SilabMetrics tool designed for teaching and learning basic concepts related to software quality standards, software quality models, and software metrics.

# Primjer integracije aplikativnih modula iz različitih aplikativnih podsistema u Centralnoj banci Crne Gore

Ana Ivanović <sup>a,b</sup>, Miloš Daković <sup>a</sup>, *Member, IEEE*

**Sadržaj** — Razvoj savremenog informacionog sistema u kompanijama sa složenom organizacionom strukturom obuhvata uvođenje informacionog sistema u sve osnovne organizacione jedinice. Poseban izazov predstavlja postizanje što većeg stepena integracije informacionog sistema. U ovom radu je prezentirana, na jednostavan i efikasan način relizovana, integracija aplikativnih modula koji učestvuju u istom poslovnom procesu, a pripadaju različitim aplikativnim podsistemima. Najprije je prikazan pregled stanja prije integracije, a zatim postupak integracije i ostvareni benefiti.

**Cljučne riječi** — aplikativni modul, aplikativni podsistemi, baza podataka, informacioni sistem, integracija, plaćanje, poslovni proces.

## I. UVOD

**A**PLIKATIVNI sistem na kome je implementirana integracija aplikativnih modula je Glavni bankarski sistem Centralne banke Crne Gore (CBCG). Glavni bankarski sistem je u funkciji od 2000.godine i omogućava informatičku podršku velikom broju poslovnih procesa koji se prepoznaju u banci.

Ovaj aplikativni sistem je sastavljen je od velikog broja aplikativnih podsistema. Povezanost između pojedinih aplikativnih podsistema zasniva se na korišćenju zajedničkih registara (organizaciona struktura, pravna lica, fizička lica, vrsta dokumenata i dr.). Aplikativni sistem je u potpunosti razvijen i odražava se od strane programera zaposlenih u CBCG.

Dio aplikativnog softvera je izrađen korišćenjem CASE proizvoda Oracle Designer, ali samo do nivoa projektovanja.

Aplikativni sistem koristi troslojnu arhitekturu:

- Database - Oracle database 11g release 2 Enterprise edition (11.2.0.3.0);
- Application server - WebLogic 10.3.6;
- Oracle developer Suite - Oracle Forms and Reports Services 11g Release 2.

S obzirom da se razvoj aplikativnih rješenja realizuje u samoj kompaniji, aplikativni sistem se stalno nadograđuje u skladu sa pojavljivanjem novih poslovnih procesa, kao i spremnošću i zahtjevima stručnih službi da se poslovni procesi automatizuju, [1]. Postepenim razvojem aplikativnih rješenja, korisnici sve više upoznaju informacione tehnologije, navikavaju se da ih koriste i postaju svjesni prednosti automatizacije, [2], [3]. Zbog toga se javljaju nove ideje

i kao rezultat toga sve više zahtjeva za razvojem novih aplikativnih rješenja, kao i za povezivanjem postojećih.

Aplikativni podsistemi Glavnog bankarskog sistema razvijani su tako da jedan podsistem podržava skup međusobno povezanih poslovnih procesa koji se odvijaju u pojedinim osnovnim organizacionim jedinicama CBCG. Ukoliko se u okviru neke osnovne organizacione jedinice prepoznaju odvojeni skupovi složenih poslovnih procesa, svaki skup procesa modeliran je jednim podsistemom, tako da postoji i više aplikativnih podsistema koji informatički podržavaju poslovne procese u jednoj osnovnoj organizacionoj jedinici. Međutim, pored poslovnih procesa koji se odvijaju unutar iste osnovne organizacione jedinice, postoji poslovni procesi koji uključuju više osnovnih organizacionih jedinica. Takvi procesi zahtijevaju dodatno objedinjavanje aplikativnih modula koji već funkcionišu kao djelovi različitih aplikativnih podsistema.

Predmet ovog rada jeste softverska realizacija jednog takvog procesa. U skladu sa tim, biće prezentiran način naknadnog integrisanja aplikativnih modula koji pripadaju različitim podsistemima Glavnog bankarskog sistema, a logički su povezani u isti poslovni proces. Ti moduli su Specifikacija za plaćanje, Ugovori i Evidentiranje predmeta, pri čemu se integracija vrši tako da se modul Specifikacija za plaćanje integriše sa ostala dva modula.

## II. OPIS APLIKATIVNIH MODULA

### A. Opis aplikativnog modula Specifikacija za plaćanje prije integracije

Modul Specifikacija za plaćanje je dio aplikativnog podsistema kroz koji su automatizovani procesi plaćanja i naplate.

Priprema za proces plaćanja počinje evidentiranjem koncepta, po kome se vrši obračun za tu vrstu plaćanja, u posebne šifarnike u bazi podataka. Isti koncept se koristi kao šablon za svako plaćanje za koje se obračun sprovodi na isti način, odnosno za koje se obračunavaju iste stavke: isplata, porez, prirez i doprinosi. Poslije toga se evidentira šema za knjiženje koja definiše na koja konta se vrši knjiženje u Glavnu knjigu, kao i koje se platne poruke kreiraju. Nakon evidentiranja koncepta za plaćanje i šeme za knjiženje, pristupa se kreiranju specifikacije za plaćanje što se realizuje kroz odgovarajući aplikativni modul.

Modul Specifikacija za plaćanje, organizovan je u obliku tri bloka: u prvom bloku, čiji je naziv RtgS ugovor, se bira koncept koji je odgovarajući za to plaćanje, u drugom bloku, Parametri plaćanja, se bira fizičko ili pravno lice kome treba da se plati, dodjeljujući mu pri tome odgovarajuću šemu za knjiženje, a u trećem bloku, Specifikacija,

<sup>a</sup> Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna gora.

<sup>b</sup> Centralna banka Crne Gore, Bulevar Sv. Petra Cetinjskog 6, 81000 Podgorica, Crna Gora e-mail: milos@ac.me, anai091110@gmail.com.

se popunjava datum i iznos, kao i određena opisna polja. Čuvanjem evidentiranih promjena, kao i aktiviranjem funkcije za izračunavanje, u bazi podataka se kreira specifikacija i, na osnovu izabranog koncepta za plaćanje, stavke za plaćanje. Poslije toga se specifikacija ovjeri, zatim se na osnovu nje kreira nalog za knjiženje, koji se u sljedećoj iteraciji postupka knjiži. Na bazi proknjiženog naloga se kreira platna poruka, koja se šalje prema platnom sistemu. Kreiranjem i slanjem adekvatne platne poruke, završava se proces plaćanja.

Funkcionisanje ovog modula nema nedostatke u smislu tačnosti obračuna i brzine izvršavanja.

### B. Opis aplikativnog modula Ugovori

Kroz modul Ugovori, koji se nalazi u okviru podsistema Evidencija ugovora, omogućeno je evidentiranje ugovora koji CBCG sklapa za pravnim i fizičkim licima, kao i prolazak određenog ugovora kroz razne statusse. Modul Ugovori organizovan je u obliku tri bloka: u prvom bloku se evidentiraju osnovni podaci o ugovoru kao što su vrsta ugovora, broj ugovora, datum zaključenja, ugovorne strane, u drugom bloku se evidentiraju stavke ugovora, a u trećem bloku se definiše način plaćanja za svaku stavku. Dakle, za svaki evidentirani ugovor može se vezati veći broj stavki, a za svaku stavku je moguće definisati više načina plaćanja.

Baza podataka na kojoj je koncipiran ovaj modul sastoji se od četiri tabele: ug\_ugovor, ug\_ugovor\_strane, ug\_ugovor\_stavke, ug\_plaćanje.

### C. Opis aplikativnog modula Evidentiranje predmeta

Dio posmatranog aplikativnog sistema jeste i aplikativni podsistem Upravljanje dokumentima, koji predstavlja elektronsku arhivu.

Modul Evidentiranje predmeta omogućava kreiranje predmeta, „elektronske fascikle“ u kojoj se evidentiraju svi dokumenti koji se zavode preko arhive, a pripadaju jednom istom poslovnom procesu. Podaci o kreiranim predmetima se smještaju u tabelu dms\_predmet.

Podaci o dokumentima koji se zavode u arhivi, smještaju se u tabelu dms\_dokument.

U skladu sa prethodnim objašnjenjem, podaci o ulaznim fakturama smještaju se i čuvaju u tabeli dms\_dokument.

Ulazne fakture, zavode se kao posebna vrsta ulaznih dokumenta. Svaka ulazna faktura se skenira, pridružuje dokumentu preko kojeg je evidentirana i čuva u obliku pdf dokumenta.

## III. NEDOSTACI STANJA PRIJE INTEGRACIJE

Da bi se objasnio nedostatak u funkcionisanju aplikativnog modula Specifikacija za plaćanje prije integracije, treba postaviti pitanje: Koji je to događaj koji inicira plaćanje?

Plaćanje može biti izvršeno na osnovu primljene ulazne fakture ili na osnovu obaveza iz nekog postojećeg ugovora.

Nedostatak načina kreiranja specifikacije za plaćanje prije integracije jeste što nije postojala veza između specifikacije i dokumenta koji je izazvao njeno kreiranje. Dakle, u bazi podataka su postojali podaci o samoj specifikaciji za plaćanje, ali ne i o referentom dokumentu.

Imajući u vidu, da se veliki broj ugovora sklapa na više mjeseci, a dinamika plaćanja je mjesečna, jasno je da bi

bilo vrlo korisno da se može pratiti dinamika realizacije plaćanja po nekom ugovoru.

Takođe, nije bilo moguće direktno povezati specifikaciju za plaćanje sa ulaznom fakturom koja ju je izavala.

## IV. INTEGRACIJA MODULA NA NIVOU BAZE PODATAKA

Integracija modula Specifikacije za plaćanje sa modulom Ugovori i modulom Evidentiranje predmeta, u dijelu koji se odnosi na ulazne fakture, je prvo urađena na nivou baze podataka. Podaci o specifikaciji za plaćanje, kao što su broj specifikacije, datum kreiranja, iznos, PBZ i PBO se smještaju se u tabelu rtgs\_specifikacija čiji je primarni ključ jedinstveni identifikator koji se generiše kao Oracle sekvenca.

U skladu sa metodologijom modeliranja, [4]–[8], promjene u bazi podataka realizovane su u dva koraka.

Prvi korak je obuhvatao proširivanje tabele rtgs\_specifikacija dodavanjem atributa id Ug\_ref, broj\_stavke\_ref, redni\_br\_plaćanja, id\_predmet\_ref, podbroj. Time je omogućeno evidentiranje podataka o ugovoru i/ili ulaznoj fakturi prilikom kreiranja specifikacije za plaćanje. Ovaj korak je realizovan izvršavanjem programskog koda:

---

```
Alter table rtgs_specifikacija
add (id Ug_ref number(9),
     broj_stavke_ref number(3),
     redni_br_plaćanja number(5),
     id_predmet_ref number(9),
     podbroj number(4))
```

---

Drugi korak je činilo kreiranje složenih spoljašnjih ključeva prema tabelama ug\_plaćanje i dms\_dokument nad odgovarajućim atributima. Tako je nad atributima id Ug\_ref, broj\_stavke\_ref, redni\_br\_plaćanja kreiran spoljašnji ključ koji se referencira na tabelu ug\_plaćanje, a nad atributima id\_predmet\_ref i podbroj složeni ključ koji se referencira na tabelu dms\_dokument. Na taj način je obezbijedeno jednoznačno povezivanje specifikacije za plaćanje sa određenim dokumentom evidentiranim u arhivi, kao i sa ugovorom evidentiranim u Direkciji za pravne poslove, do nivoa plaćanja definisanog za stavku. Programski kod čijim izvršavanjem su implementirane izmjene je:

---

```
Alter table rtgs_specifikacija
add constraint rtgs_spec Ug_plaćanje_fk
foreign key (id Ug_ref, broj_stavke_ref,
            redni_br_plaćanja)
references Ug_plaćanje (id Ug_ref, broj_stavke_ref,
                        redni_br_plaćanja),
constraint rtgs_specifikacija_dms_dok_fk
foreign key (id_predmet_ref, podbroj)
references dms_dokument (id_predmet_ref, podbroj)
```

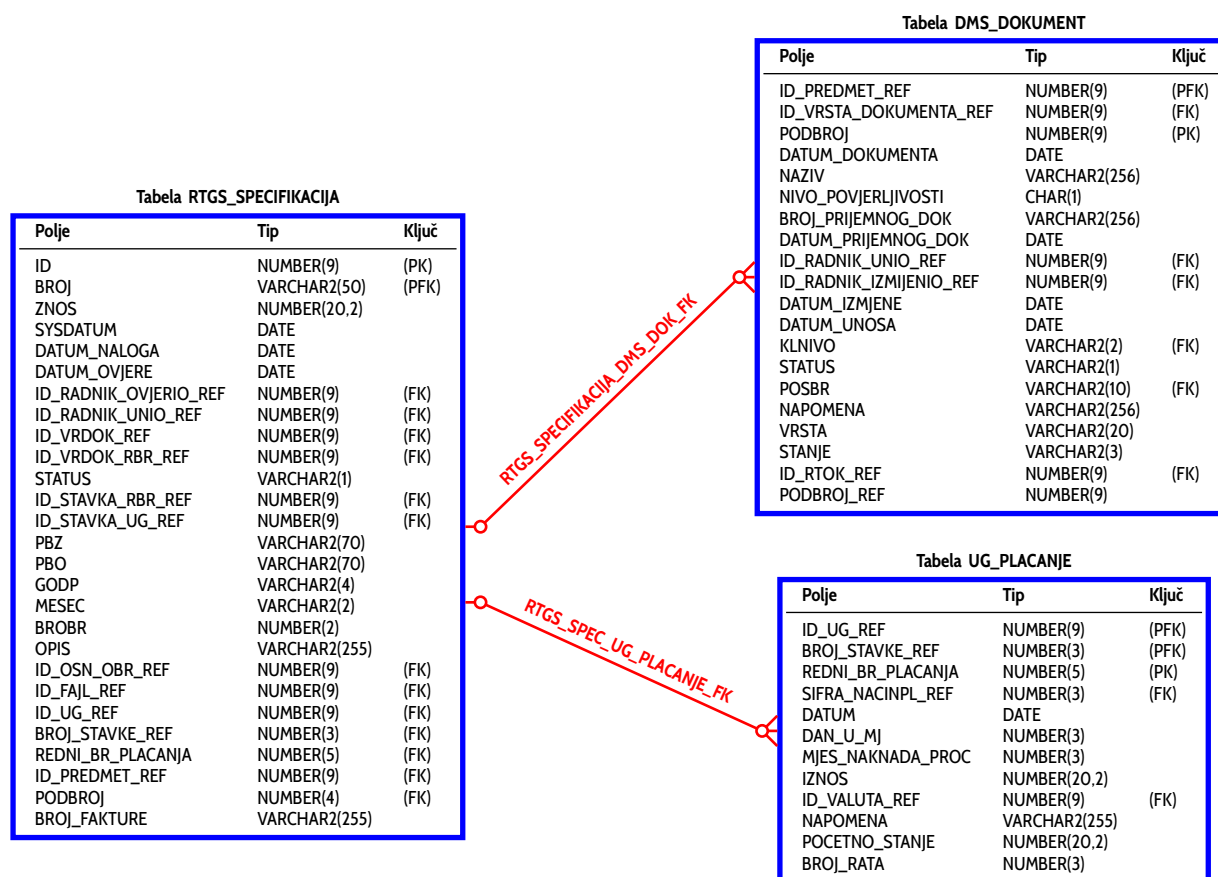
---

Logička šema povezivanja tabela data je na Slici 1.

## V. INTEGRACIJA MODULA NA APLIKATIVNOM NIVOU

Modul Specifikacija za plaćanje je promijenjen tako što su, u dijelu aplikacije za evidentiranje podataka o specifikaciji, dodata polja za evidentiranje podataka o ugovoru i ulaznoj fakturi, na osnovu kojih se kreira specifikacija. Dvostrukim klikom na polje broj fakture otvara se lista sa spiskom ulaznih faktura, koje su, za pravno lice izabrano u bloku Parametri plaćanja, evidentirane u arhivi kroz modul





Slika 1. Logička šema povezivanja tabela u bazi podataka prilikom integracije modula.

Evidentiranje predmeta. Da bi korisnik lakše prepoznao fakturu za koju treba da veže plaćanje, u listi se pored broja fakture nalazi datum fakture, datum prijema fakture, kao i naziv dokumenta, Slika 2. Nakon što je izabrana faktura sa liste, pored broja fakture, u pozadini se upisuje jedinstveni identifikator predmeta i podbroj dokumenta, koji su evidentirani u arhivi, tako da korisnik može da pozove pdf dokument u vidu koga je ulazna faktura sačuvana. Dvostrukim klikom na prvo od tri polja Ugovor po kome se vrši plaćanje, dobija se lista ugovora koji su sklopljeni sa pravnim licem koje je izabrano u bloku Parametri plaćanja, sa svim stavkama i definisanim plaćanjima za svaku od stavki. Biranjem određenog ugovora iz liste popunjavaju se polja broj ugovora, broj stavke, naziv stavke i redni broj plaćanja, koja se vide u aplikaciji, dok se u pozadini popunjava jedinstveni identifikator ugovora. Pritiskom na ikonicu Ugovor, pokreće se modul Ugovori kome je kao parametar prosljeđen jedinstveni identifikator ugovora izabranog sa liste. Tako se dobija uvid u sve podatke o izabranom ugovoru, Slika 3. Kroz pokrenuti modul može se dobiti pregled realizovanih plaćanja po tom ugovoru, kao i štampa pregleda. Uvid u kompletne podatke o ugovoru i/ili ulaznoj fakturi, prije čuvanja kreirane specifikacije, značajno smanjuje mogućnost da se za specifikaciju veže neodgovarajući ugovor i/ili ulazna faktura.

Prilikom kreiranja svake specifikacije za plaćanje, koja nastaje kao posljedica obaveze definisane ugovorom, toj specifikaciji se pridružuje tačno jedna stavka iz ugovora, sa tačno definisanim iznosom koji treba da bude plaćen i određenom dinamikom plaćanja. Analogno tome, kada je

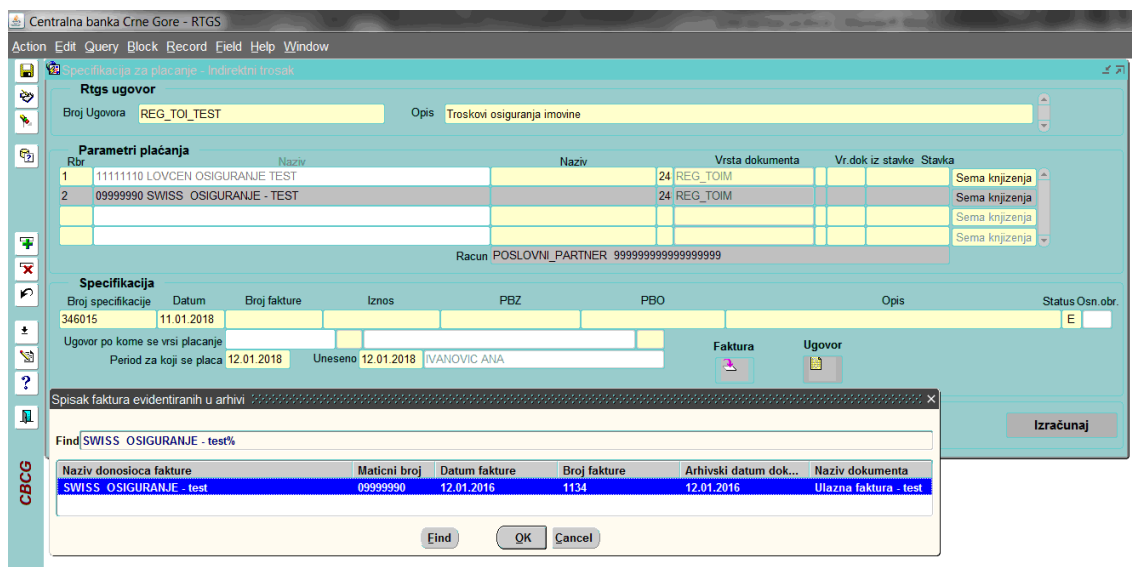
plaćanje inicirano prijemom ulazne fakture, tada se specifikaciji pridružuje tačno jedna ulazna faktura, na osnovu koje se vrši to plaćanje. Takođe, moguće je da se plaćanje vrši vezano za neki postojeći ugovor, a da ugovorna strana ispostavi fakturu. U tom slučaju, specifikacija za plaćanje koja se kreira, jednoznačno je vezana za ugovor, sa jedne, i za fakturu, sa druge strane.

## VI. ZAKLJUČAK

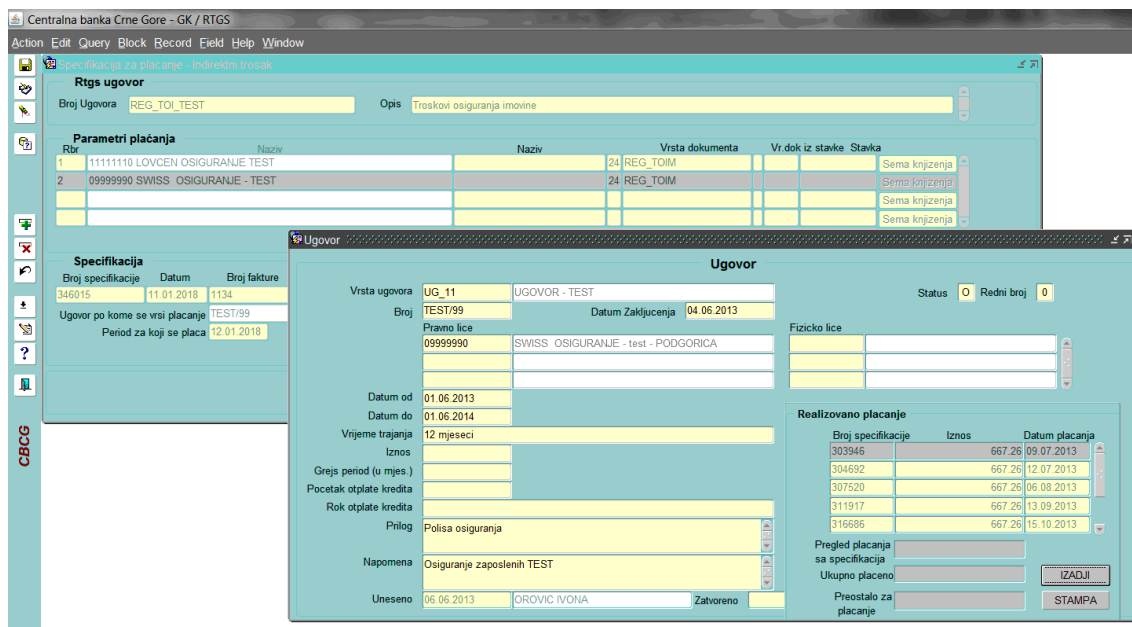
Značaj izvršene integracije modula koji pripadaju različitim aplikativnim podisteminama je višestruk.

Najprije, postupak implementiranja ove integracije jednostavno je primijeniti na integraciju drugih modula koji već funkcionišu kao djelovi različitih podsistema. Dalje, integracija primijenjena na module Specifikacija za plaćanje, Ugovori i Evidentiranje predmeta – ulazne fakture, dovela je do značajnog unapređenja kontrola vezanih za plaćanje. Veoma važno unapređenje je što se prilikom kreiranja svake specifikacije, može dobiti pregled do tada realizovanih plaćanja po određenom ugovoru, kao i iznos preostalih obaveza. Takođe, povezivanje specifikacije sa ulaznom fakturinom spriječilo je razne greške koje su proizlazile iz netačnih ili više puta ispostavljenih ulaznih fakture.

Implementirana integracija je obezbijedila da korisnik na jednom mjestu ima kompletne podatke o specifikaciji koju kreira. Time je postignuto značajno povećanje brzine rada i smanjenje broja grešaka prilikom kreiranja specifikacija za plaćanje što je omogućilo veću efikasnost cijelog procesa plaćanja.



Slika 2. Izgled modula Specifikacija za plaćanje nakon integracije sa modulima Ugovori i Ulaznim fakturama.



Slika 3. Uvid u ugovor koji je povezan sa specifikacijom za plaćanje prilikom njenog kreiranja

## ABSTRACT

The development of a modern information system in the company with a complex organizational structure includes the introduction of the information system into all major organizational units. Reaching the highest possible integration level of the information system is the main requirement. Efficient and simple integration of three application modules from different application subsystems, that participate in the same business process is given in this paper. First, the overview of the state before the integration is given, then the integration process is described and, in the end, the achieved benefits is given.

## AN EXAMPLE OF INTEGRATION OF APPLICATION MODULES FROM DIFFERENT APPLICATION SUBSYSTEMS AT THE CENTRAL BANK OF MONTENEGRO

## LITERATURA

- [1] L. Applegate, R. Austin, W. McFarlan., *Corporate Information Strategy and Management*, McGraw- Hill, Boston, 2007.
- [2] D. Pintar, *Model uslužno orijentirane arhitekture za stvarnovremensko skladištenje podataka zasnovan na metapodacima*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2009.
- [3] S. N. Babić, *Model interoperabilnog elektronskog poslovanja platnih sistema zasnovanih na ontologijama*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, 2013
- [4] T. J. Teorey, *Database Modeling and Design: The Entity-Relationship Approach*, Morgan Kaufman Publ.Inc, 1990.
- [5] F. D. Rolland, *Relational Database Management with ORACLE*, Addison Wesley Publ.Inc.,1989.
- [6] W. W. Armstrong, "Dependency structures of data base relationships", *Information Processing*, 74, North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1974.
- [7] H. Liu, L. Yu, "Toward integrating feature selection algorithms for classification and clustering", *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, pp 491-502, 2005.
- [8] <http://www.docs.oracle.com>

# Uticao audio šuma tipa reverzni govor na razumljivost

Dijana Kostić, Zoran Milivojević, Darko Brodić

**Sadržaj** — U prvom delu rada opisan je algoritam formiranja akustičkog šuma tipa reverzni govor. U drugom delu rada prikazan je eksperiment u okviru koga su izvršena testiranja razumljivosti govora u slučaju superponiranog šuma tipa reverzni govor. U okviru ekperimenta izvršena su testiranja subjektivnog (MOS test) i objektivnog (STOI) tipa za razne vrednosti SNR-a. Rezultati testiranja prikazani su tabelarno i grafički. Na osnovu komparativne analize rezultata razumljivosti sa rezultatima razumljivosti u prisustvu nekih drugih akustičkih smetnji i klasifikacija međunarodnog standarda IEC 60268-16:2011 donešen je zaključak o razumljivosti govora.

**Glavne reči** — Razumljivost, SMST, akustičke smetnje, reverzni govor.

## I. UVOD

Razumljivost u govornoj komunikaciji predstavlja merilo koliko je razumljiv govor u datim uslovima. Radi utvrđivanja razumljivosti govora razvijeni su testovi pomoću seta rečenica. Testovi se mogu podeliti u dve grupe, prema vrsti rečenica: a) rečenice iz svakodnevnog govora i b) matrični rečenični test.

U prvu grupu testa spadaju German Gottingen rečenični test [1], Plomp i Mimpen test [2]... Zbog ograničenog broja rečenica, koje se lako mogu zapamtiti, jedna ista osoba ne može dva puta testirati.

Matrix rečenični test (**engl. Matrix Sentence Test, MST**) je druga vrsta testa. Ovaj test sadrži deset rečenica, čije se vrste reči mogu međusobno kombinovati poštujući pri tom fiksnu sintaksnu strukturu (ime, glagol, broj, pridev, imenica). Testovi su razvijeni za: švedski [3], ruski [4], španski [5], francuski [6], srpski [7]...

Na razumljivost govora, pored akustičnih osobina prenosnog sistema, koji se opisuje akustičkim impulsnim odzivom  $h(t)$ , utiče i superponirani akustički šum (Babble, Gausov, industrijski, muzički,...) u zavisnosti od ambijenta.

U ovom radu je razmatran uticaj akustičkog maskirajućeg šuma, tipa reverzni govor (**engl. Reverse Speech, RS**). Sproveden je ekperiment u cilju određivanja

razumljivosti rečenica izgovorenih na srpskom jeziku u prisustvu RS šuma, i to primenom: a) subjektivnog, MOS (**engl. Mean Opinion Score**) testa i b) objektivnog, STOI (**engl. Short-Term Objective Intelligibility**) testa. Kao baza rečenica korišćene su rečenice kreirane iz baze Srpskog Matričnog Testa (**engl. Serbian Matrix Sentence Test, SMST**) [7]. RS šum, koji se superponira rečenicama, formira se od rečenica iz SMST baze primenom RSNS (**engl. Reverse Speech Noise Sentence**) algoritma. Testna grupa formirana je 20 osoba, 10 muških i 10 ženskih, starosti od 18-22 godina, bez oštećenja sluha. MOS i STOI rezultati testiranja, razumljivosti pojedinih tipova reči kao i celih rečenica prikazani su tabelarno i grafički.

Na osnovu analize dobijenih rezultata i poređenja sa sa rezultatima [9], [10] i međunarodnim standardom IEC 60268-16:2011 donosi se zaključak o razumljivosti.

Organizacija rada je sledeća. U sekciji II prikazan je algoritam za formiranje RS šuma. Sekcija III prikazuje eksperiment, rezultate eksperimenta i komparativnu analiza dobijenih rezultata. Sekcija IV predstavlja zaključak.

## II. ALGORITAM KREIRANJA RS ŠUMA

Algoritam formiranja maskirajućeg šuma, tipa RS govora sastoji se od sledećih koraka:

**Korak 1:** od čistog govornog signal S1, dobijenog iz SMST baze, procesom kopiranja formira se govorni signal S4.

**Korak 2:** signal S1 deli se na frejmove trajanja 160 ms.

**Korak 3:** semplovi svakog frejma signala S2 se preuređuju u reverznom redosledu.

**Korak 4:** formiran je signala S3 razmeštanjem frejmova signala S2 po slučajnom zakonu.

**Korak 5:** signal S4 kopira se u dva indentična govorna signala i dobija se signal S5 .

**Korak 6:** signali S4 i S5 dele se na frejmove trajanja 160 ms pri čemu prvi i zadnji frejm traju 80 ms.

**Korak 7:** semplovi svakog frejma signala S5 se preuređuju u reverznom redosledu.

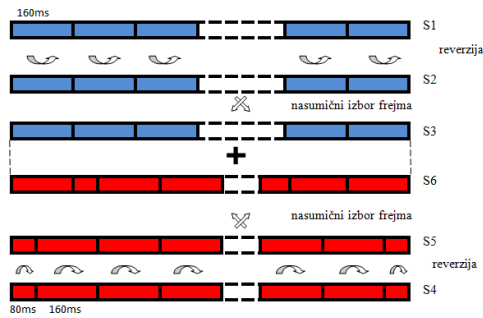
**Korak 8:** formiran je signala S6 razmeštanjem frejmova signala S5 po slučajnom zakonu.

Algoritam formiranja maskirajućeg šuma RS prikazan je na sl.1.

Dijana Kostić, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija;  
(e-mail: koricanac@yahoo.com).

Zoran Milivojević, College of Applied Technical Sciences of Niš, 20. Aleksandra Medvedeva, St, 18000 Niš, Serbia;  
(e-mail: zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs).

Darko Brodić, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Vojske Jugoslavije 112, 19210 Bor, Serbia;  
(e-mail: dbrodic@tf.bor.ac.rs)



Sl. 1. Blok šema algoritma kreiranja RS šuma [8].

### III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

U ovom delu rada opisan je eksperiment koji se bavi testiranjem razumljivosti u uslovima superponiranog RS šuma. Vrednosti SNR (**engl. Signal Noise Ratio**) za koje je vršeno testiranje su  $SNR = \{-5, -2, 0, 2, 3, 5\}$  dB. Rezultati MOS testa sagledani su sa aspekta tačnog i netačnog odgovora na nivou: a) vrste reči i b) cele rečenice. Rezultati STOI algoritma odnose se na razumljivost cele rečenice. Testna grupa formirna je od 20 osoba sa neoštećenim sluhom.

#### A. Eksperiment

Eksperiment razumljivosti sproveden je u nekoliko koraka:

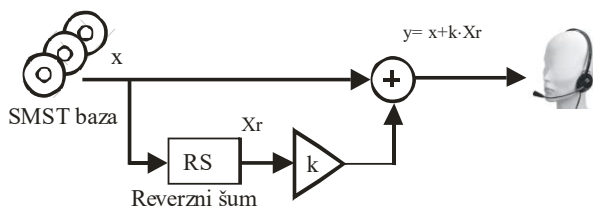
*Korak 1:* formiranje rečenice iz SMST baze za testiranje,

*Korak 2:* formiranje RS šuma algoritmom opisanim u sekciji II,

*Korak 3:* formiranje testnog signala sa specificiranim SNR promenom vrednosti koeficijenta  $k$ ,

*Korak 4:* realizacija MOS i STOI testa.

Na sl. 2. prikazan je blok dijagram eksperimenta gde je:  $x$  čist govorni signal, RS signal šuma,  $k$  koeficijent za određivanje SNR,  $Xr$  signal sa šumom,  $y$  test signal.



Sl. 2. Blok šema formiranja test signala  $y$  za MOS test

#### SMST baza

Rečenice za testiranje formiraju se iz SMST baze prema slučajnom zakonom [7]. Za potrebe eksperimenta formiran je set od 40 rečenica. Na sl. 3. a prikazana je vremenska, a sl. 3. b spektralna karakteristika rečenice "Marina kupuje deset jeftinih ormara", Na sl. 3. c prikazana vremenska, a na sl. 3. d spektralna karakteristika signala šuma RS, dok je na sl. 3. e prikazana vremenska, a na sl. 3. f spektralna karakteristika govornog signala sa superponiranim RS

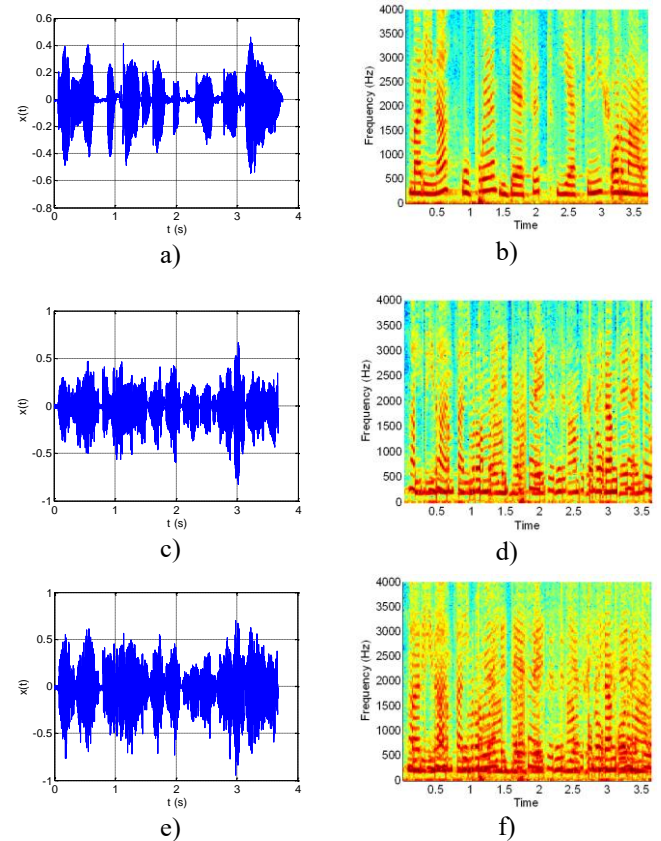
šumom, za  $SNR = 0$  dB.

#### Testna grupa

Testna grupa formirana je od studenata Visoke Tehničke škole strukovnih studija u Nišu. Grupu su činile 20 osoba, 10 muških i 10 ženskih osoba, starosti od 18÷22 godine (srednja vrednost 20.3≈20). Testirane osobe nisu imale probleme sa sluhom.

#### MOS test

Za testiranje razumljivosti sproveden je MOS test. Subjkti su testirani putem slušalica kroz koje je propušan govorni signal sa superponiranim šumom i adekvatnom vrednošću SNR-a. Nakon reprodukcije signala ispitanik je naglas izgovarao rečenicu kako je razumeo. Ispitivač je nakon poređenja odgovora sa rečenicom ispisanom na ekranu, beležio tačnost odgovora na nivou vrste reči i na nivou rečenica.



Sl. 3. Vremenske i spektralne karakteristike: a) i b) čistog govornog signala, c) i d) signala šuma tipa RS i e) i f) govornog signala sa superponiranim šumom RS

#### B. Rezultati

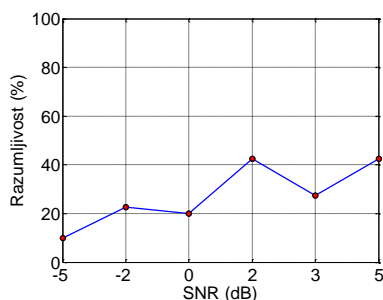
Na sl. 10 i tabeli 1 prikazana je srednja vrednost razumljivosti za vrstu reči za sve vrednosti SNR-a: N-Ime, V-Glagol, Nu-Broj, A-Pridev, O-Imenica, W.S.-Rečenica, dok je na sl. 4-8 i tabeli 2 prikazana je razumljivost vrste reči u zavisnosti od SNR (dB). Razumljivost rečenica prikaza je u tabeli 2 i sl.9.

TABELA 1 : RAZUMLJIVOST VRSTE REČI

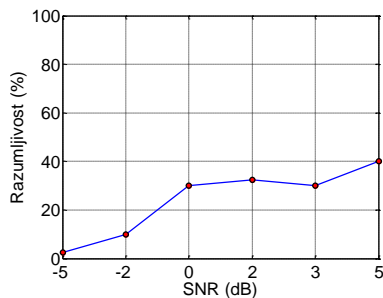
	Vrsta reči				
	N	V	Nu	A	O
Razumljivost (%)	27.5	24.16	22.50	12.08	14.58

TABELA 2 : RAZUMLJIVOST VRSTE REČI

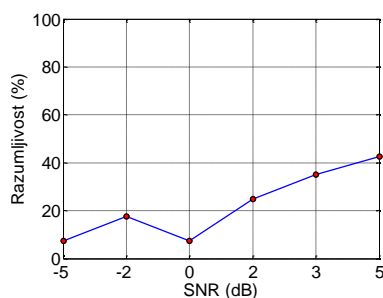
SNR [dB]	Razumljivost [%]					W.S
	N	V	Nu	A	O	
5	42.5	40	42.5	37.5	32.5	7.5
3	27.5	30	35	15	22.5	0
2	42.5	32.5	25	7.5	15	0
0	20	30	7.5	7.5	7.5	0
-2	22.5	10	17.5	10	2.5	0
-5	10	2.5	7.5	2.5	0	0



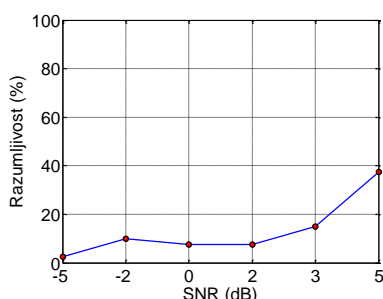
Sl. 4. Razumljivost vrste reči 'Ime'



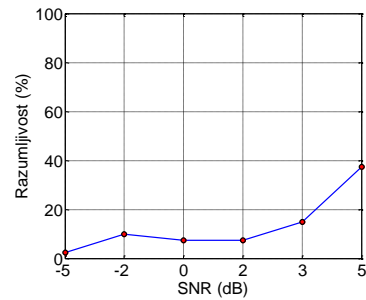
Sl. 5. Razumljivost vrste reči 'Glagol'



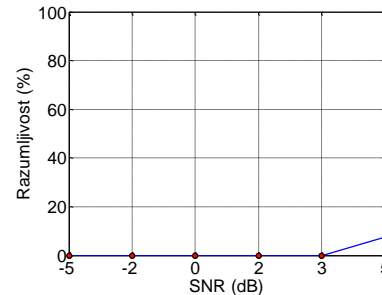
Sl. 6. Razumljivost vrste reči 'Broj'



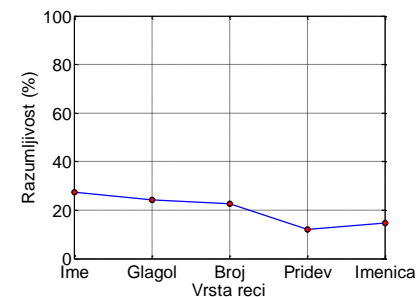
Sl. 7. Razumljivost vrste reči 'Pridev'



Sl. 8. Razumljivost vrste reči 'Imenica'



Sl. 9. Razumljivost rečenica

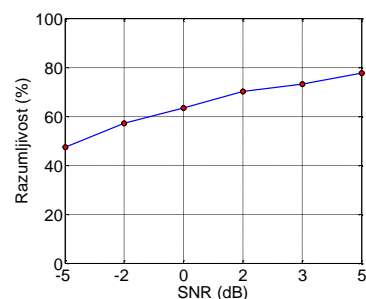


Sl. 10. Srednja vrednost razumljivost vrste reči za sve vrednosti SNR (dB)

Rezultati objektivnog merenja razumljivosti pomoću STOI algoritma prikazani su u tabeli 3 i na sl. 11 (parametri STOI algoritma  $N=30$  i  $\beta=-15$  [11]).

TABELA 3 : RAZUMLJIVOST REČI

	SNR (dB)					
	-5	-2	0	2	3	5
Razumljivost (%)	46.71	57.14	63.33	70.12	73.23	77.57



Sl. 11. Srednja vrednost razumljivosti reči u odnosu na SNR (dB) dobijena pomoću STOI testa

Rezultati testiranja razumljivosti govora za druge vrste maskirajućeg šuma, korišćenjem SMST baze za vrednosti SNR =[-5,-2,0] dB prikazani su u tabeli 4-6 [12,13].

TABLE 4: RAZUMLJIVOST VRSTE REČI [9,10].

Šum	Razumljivost [%] za SNR=0dB					
	N	V	Nu	A	O	W.S.
Hilti	92.86	78.57	89.89	82.14	82.14	64.29
Bušilica beton	92.86	78.57	78.57	92.86	71.43	39.29
Bušilica	96.43	100	92.86	92.86	100	85.71
Brusilica	96.43	85.71	75	78.75	85.71	57.14
Gaus	63.33	50	70	63.33	53.33	20
Babble	53.33	36.67	53.33	46.67	30	6.67
Dur klavir	84	100	92	92	92	16
Mol klavir	92	92	96	92	92	16
Dur harmonika	84	80	96	60	76	7
Mol harmonika	80	84	96	64	76	8

TABELA 5: RAZUMLJIVOST VRSTE REČI [9,10].

Šum	Razumljivost [%] za SNR=-2dB					
	N	V	Nu	A	O	W.S.
Hilti	82.14	78.14	82.14	60.71	67.71	35.71
Bušilica beton	89.89	85.71	78.57	60.71	82.14	35.71
Bušilica	96.43	96.43	89.89	75	89.86	71.43
Brusilica	89.89	78.57	78.57	64.29	71.43	42.86
Gaus	66.67	40	63.33	60	53.33	20
Babble	40	10	36.67	20	16.67	6.67
Dur klavir	100	100	100	92	88	17
Mol klavir	88	84	96	88	92	14
Dur harmonika	84	84	80	56	48	6
Mol harmonika	84	80	92	68	68	8

TABELA 6: RAZUMLJIVOST VRSTE REČI [9,10].

Šum	Razumljivost [%] za SNR=-5dB					
	N	V	Nu	A	O	W.S.
Hilti	75	60.71	85.71	42.86	57.14	14.28
Bušilica beton	89.86	78.57	78.57	64.29	75	39.29
Bušilica	100	82.14	92.86	85.71	78.57	60.71
Brusilica	96.43	78.57	67.86	57.14	78.57	39.28
Gaus	46.67	16.67	53.33	56.67	33.33	0
Babble	26.67	6.67	10	3.33	6.67	0
Dur klavir	92	88	100	100	68	13
Mol klavir	96	96	96	80	84	14
Dur harmonika	68	48	64	48	52	4
Mol harmonika	72	44	64	44	56	3

### C. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 2 i Sl. 4-8 može se zaključiti da je razumljivost vrste reči:

a) 'Ime' najbolja za 2 i 5 dB (42.50%), a najlošija za -5 dB (10%); b) 'Glagol' najbolja za 5 dB (40%), a najlošija za -5dB (2.50%); c) 'Broj' najbolja za 5 dB (42.50%), a najlošija za 0 dB i -5 dB (7.50%); d) 'Pridev' najbolji za 5 dB (37.50%), a najlošiji za -5dB (2.50%); e) 'Imenica' najbolja za 5 dB (32.50%), a najlošija za -5dB (0%).

Na osnovu rezultata sagledanih u tabeli 1 i sl.10 može se zaključiti da je razumljivost vrste reči:

a) 'Ime' najbolja (27.50%), a b) 'Pridev' najlošiji (12.08%).

Na osnovu rezultata u tabeli 2 i sl. 9 može se zaključiti da je razumljivost rečenica:

a) najbolja na 5 dB i 3 dB (20%), a b) najlošija na -3 dB i -5 dB (0%).

Na osnovu rezultata sa sl.11 i tabele 3, može se zaključiti da je razumljivost dobijena STOI testom: najbolja za 5 dB (77.57%), a najlošija za -5 dB (46.71%).

Poređenjem sa rezultatima datim u tabelama 4-6, može se videti da je razumljivost govora u prisustvu maskirajućeg šuma koji potiče od ljudskog govora (Babble noise, reverzni govor), lošija u odnosu na druge vrste šumova. Objašnjenje se može naći u spektralnoj karakteristici signala. Šum RS i Babble šum potiču od ljudskog govora pa je samim tim njihova spektralna karakteristika slična govornom signalu.

## IV. ZAKLJUČAK

Sagledavanjem rezultata testiranja razumljivosti, koji se kreću granicama: a) razumljivost vrste reči: *Ime* (10÷42.50%), *Glagol* (2.50÷40%), *Broj* (7.50÷42.50%), *Pridev* (2.50÷37.50%), *Imenica* (0÷32.50%), b) razumljivost reči (bez obzira na vrstu reči): od 12.08÷27.50% i c) razumljivost rečenica od 0÷7.50% i poređenjem sa standardom IEC 60268-16: 2011 dolazi se do zaključka da je razumljivost pripada kategoriji "loša razumljivost". Objašnjenje za ovakvu razumljivost nalazi se u raspodeli energije u spektru govornog signala i signala šuma RS.

## LITERATURA

- [1] B. Kollmeier, M. Wesselkamp, "Development and evaluation of a sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment"t. *J. Acoust. soc. Am.*, 102 (4), 1085-1099, 1997.
- [2] R. Plomp & A.M. Mimpfen, "Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences". *Audiology*, 18, 43-52, 1979.
- [3] B. Hagerman, Sentences for testing speech intelligibility in noise, *Scand Audio*, Vol. 11, pp. 79-87, 1982.
- [4] M. Boboshko, A. Warzybok, M. Zokoll, N. Maltseva, RUMatrix test: construction, evaluation and clinical validation. *Otorhinolaryngologia Hungarica*. Vol. 59, N 2., 2013.
- [5] S.Hochmuth et all, "A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise". *Int. J. Audiol.* 51(7) 536-544, 2012.
- [6] I.M.Chagnolleau, M.Barket, and F.Meunier, "Intelligibility of reverse speech in Franch: A perceptual study," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 4, pp. 570-578, July 1993.
- [7] Z. Milivojević, D. Kostić, Z. Veličković, D. Brodić, "Serbian sentence matrix test for speech intelligibility measurement in different reverberation conditions". *UNITEH Gabrovo*, pp. - ,2016.
- [8] Y.Hioka,J.W. Tang and J.Wan, "Effect of adding artificial reverberation to speech-like masking sound," *Applied Acoustics*, pp. 171-178, 2016.
- [9] Z. Milivojević, D. Kostić and D. Brodić, "The Influence of Industrial Noise on the Performance of Speech Intelligibility Serbian Sentence Matrix Test," *ICEST Niš*, pp-2017.
- [10] D. Kostić, Z. Milivojević, Z.Veličković and D.Brodić,"The Influence of musical noise,type major and minor chord,to the intelligibility of speech in Serbian language",UNITEH Gabrovo, 2017
- [11] C.H.Tall, R.C. Hendriks, R.Heusdens, J.Jensen, "An algorithm for intelligibility prediction of time-frequency weighted noise speech", *EEE Transactions on audio,speech,and language processing*, vol 19, no. 7, september, 2017



# Примена Јава библиотека за конкурентно програмирање

Милица Илић, PlusPlusNT, Београд

Душан Савић, Саша Лазаревић, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука

**Садржај** — Могућност да се инструкције извршавају конкурентно има неизмеран утицај на перформансе апликација, а поред тога доноси и значајно повећање флексибилности и нове могућности са асинхроним позивима. Међутим, рад са више нити захтева добро познавање начина њихове контроле од стране програмера, јер у супротном постоји ризик од настанка различитих грешака које су веома тешке за репродуковање. *Java Concurrency API* настао је како би се програмери делимично ослободили одговорности за креирање и контролу нити, тако да је рад са њима доста олакшан и избегнута је могућност појаве неких од честих грешака. Циљ овог рада је опис начина примене основних концепата *Java Concurrency API*-ја и приказ промене у перформансама приликом коришћења различитих решења.

**Кључне речи** — *Java Concurrency API*, конкурентно програмирање, нити, паралелно извршавање.

## I. Увод

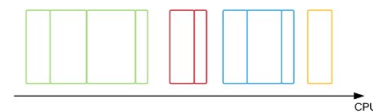
Системи са више процесора, односно више језгара процесора, одавно су постали широко доступни. За разлику од времена када су се појавили, када су представљали луксуз, њихова цена драстично је опала и постали су подразумевајући за савремене рачунаре. Више расположивих језгара значи да се више процеса, односно делова процеса, може извршавати у исто време, а то је донело значајна повећања у перформансама апликација и отворило нове могућности. Наиме, некадашње апликације извршавале су се секвенцијално - програм је био скуп инструкција које се једна за другом извршавају, а услов за прелазак на извршавање следећег програма био је завршетак претходног. Сада рачунари имају могућност да извршавају велики број процеса истовремено, да реагују асинхронно на резултате без блокирања и чекања одговора и, као резултат тога, апликације које се на њима покрећу далеко су флексибилније.

На сликама 1, 2 и 3 приказана су три начина извршавања процеса [1]:

- **секвенцијално**, где се извршавају све инструкције једног процеса редом како би се могло прећи на инструкције следећег
- **конкурентно**, где механизмом дељења процесорског времена омогућава да више процеса

напредује са извршавањем, али се у једном тренутку извршава само једна инструкција

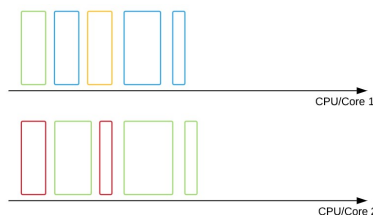
- **паралелно**, где се инструкције извршавају на засебним процесорима (или процесорским језгрима) па се у једном тренутку може извршавати више инструкција



Слика 1: Секвенцијално извршавање



Слика 2: Конкурентно извршавање



Слика 3: Паралелно извршавање

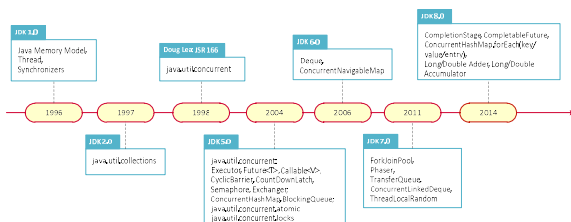
Јава апликације се по правилу извршавају у једном процесу, на Јава виртуелној машини. Како би се омогућило конкурентно понашање ових апликација користе се **нити** – програм се дели на задатке који се могу извршавати независно и ти задаци се прослеђују различитим нитима које их извршавају. Међутим, иако су нити неизмерно повећале перформансе и реактивност апликација, њихово коришћење повећало је у великој мери и број грешака које се пријављују током рада конкурентних апликација. Да ствар буде гора, овакве грешке су се показале као веома тешке за проналажење и репродуковање - на први поглед делује као да се јављају сасвим случајно и да је немогуће поновити идентичне резултате. За разлику од секвенцијалних програма, који сваки покретањем са истим улазним подацима дају исти излаз, конкурентне апликације могу давати потпуно другачије резултате при сваком извршавању уколико нису исправно написане. Највише грешака јавља се при великом оптерећењу, када је обим посла веома велики, тако да многе прођу неопажено приликом тестирања на мање захтевним сценаријима.

Узрок за појаву великог броја грешака је тај што нити користе заједнички меморијски простор. Да би радиле исправно, потребно је да приступ овом простору буде синхронизован, што се постиже на различите начине. Неке од грешака настају када уопште не постоји синхронизација приликом приступа дељеним ресурсима (нпр. *Race Condition* – трке за ресурсима, *Visibility issues* – проблеми са видљивошћу), док друге настају када се синхронизација или комуникација између нити не имплементира на исправан начин (нпр. *Deadlocks* – „мртва закључавања“, *Starvation* –изгладњавање) [2].

Како би се постигао исправан рад конкурентних апликација, о конкурентности се не може размишљати само на нивоу одређеног поља или методе - неопходно је целу апликацију сагледати на вишем нивоу како би се исправно могла уочити места потенцијалних проблема.

## II. JAVA CONCURRENCY API

До верзије 5 Јава програмског језика конкурентност се сагледавала на ниском нивоу. Нити је креирао и њима управљао сам програмер, а синхронизација се вршила на нивоу одређеног поља или методе, експлицитно. Пошто се показало да је мало програмера који добро познају нити, а да је број грешака веома велики, јавила се идеја да се развију концепти који ће олакшати развој конкурентних апликација тако што ће одговорност за креирање нити и управљање њима померити са програмера на сам програм. Као резултат настао је *java.util.concurrent* пакет, чији су најзначајнији делови описани у наставку рада. На слици 4 може се видети како су се различити концепти конкурентности појављивали кроз верзије Јава програмског језика.



Слика 4: Концепти конкурентности кроз верзије Јава програмског језика

Дакле, нити постоје од прве верзије Јаве, као и *synchronized* блокови, односно синхронизација на најнижем нивоу. *Java.util.concurrent* пакет додат је у верзији 5, када су се појавили напреднији концепти везани за конкурентност. Неки од њих су: *Executor* оквир који управља креирањем нити и расподелом задатака, интерфејси *Callable* и *Future* за асинхрону обраду одговора, конкурентне колекције *ConcurrentHashMap* и *BlockingQueue* којима се безбедно може приступати од стране више нити, *Lock* интерфејс који омогућава закључавање ресурса како би им у једном тренутку могла приступати само једна нит, *CyclicBarrier* и *CountdownLatch* који омогућавају да процес настави са извршавањем када је одређен

број нити завршио са својим делом посла, и друге. Након тога, у свакој наредној верзији додавани су нови концепти, а од Јаве 8 најзначајнији су они који користе паралелну обраду и *stream*-ове који су у овој верзији уведени и који имају високе перформансе у обради великих количина података.

## III. СТУДИЈСКИ ПРИМЕР

Како би се показала примена наведених концепата конкурентности у пракси, развијена је апликација **QuestionProcessorConcurrent**. Апликација се заснива на пројекту рађеном током студија, чији је циљ био развој предикативног модела који ће предвиђати да ли ће питање са сајта *stackoverflow.com* бити затворено или не.

*Stackoverflow* је сајт на коме корисници постављају питања из различитих области програмирања и користи га свакодневно огроман број програмера. Како би се осигурало да питања буду квалитетна, *stackoverflow* је 2013. године увео механизам затварања питања који омогућава искуснијим члановима *stackoverflow* заједнице да процене да неко питање није одговарајућег садржаја и означе такво питање као затворено. Постоји пет разлога за означавање питања као затвореног: дупликат, промашена тема, нејасно шта је питање, превише широко или субјективно.

За класификацију је коришћена *weka* библиотека за машинско учење. Да би се класификатор успешно истренирао, било је потребно обрадити укупно 1000 питања – 500 отворених и 500 затворених и извући из њих неопходне податке. За саму класификацију коришћене су и упоређене три методе машинског учења: *NaiveBayes*, *Support Vector Machines* и *Logistic Regression*. Сваком питању придружени су атрибути за класификацију који се заснивају на раду „*Fit or Unfit : Analysis and Prediction of 'Closed Questions' on Stack Overflow* [3]“.

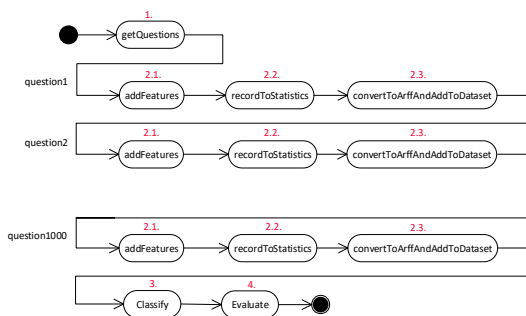
Обрада података одвијала се у следећим корацима:

1. Прикупљање и парсирање питања коришћењем *StackExchangeAPI*-ја
2. За свако питање:
  - 2.1. Додавање атрибута за класификацију
  - 2.2. Уписивање података у статистику
  - 2.3. Трансформација у инстанцу која се може класификовати и додавање у *dataset*
3. Класификација применом метода машинског учења
4. Евалуација добијених резултата

Иако је првобитни пројекат успешно урађен, прикупљање и обрада великог скупа података била је дуготрајан процес. С обзиром на то да се читава апликација извршавала у једној нити, сви кораци обраде извршавали су се секвенцијално, а најзахтевнији део обраде било је додавање атрибута за класификацију. У овом кораку потребно је за свако питање послати сервису велики број захтева за додатне податке о питањима, обрадити одговоре и

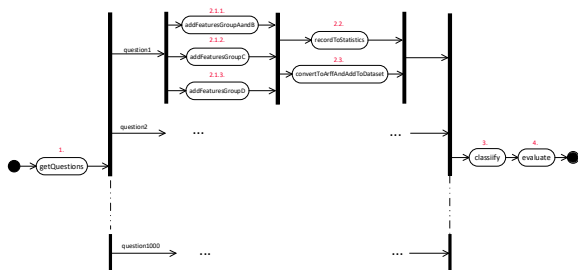


придružити их атрибутима питања, па је овај корак трајао преко 24 сата. На слици 5 приказан је дијаграм активности почетног, секвенцијалног решења:



Слика 5: Дијаграм активности секвенцијалног решења

Циљ овог студијског примера је да покаже колико се времена може уштедети ако се на апликацију примене класе из *java.util.concurrent* пакета у критичним деловима њеног рада, као и да се укаже на проблеме који се у том процесу рефакторисања могу јавити. Као резултат, добија се нови дијаграм активности где се одређени делови обраде извршавају конкурентно и који је приказан на слици 6.



Слика 6: Дијаграм активности конкурентног решења

Да би се могла извршити трансформација из секвенцијалног решења у конкурентно, кључно је било издвојити који су делови обраде података независни, а између којих постоји одређена зависност. Најпре је уочено да се обрада сваког појединачног питања може вршити конкурентно – кораци 2.1, 2.2 и 2.3 из описа корака обраде. Поред тога, корак 2.1 (додавање атрибута за класификацију) такође се може поделити на делове. Већ је напоменуто да је ово део обраде који најдуже траје јер је у оквиру њега неопходно више пута позивати екстерни сервис како би се додали сви атрибути класификације (укупно 17 атрибута). Због тога је у конкурентном решењу корак 2.1. подељен на три дела, а у сваком од делова додају се атрибути одређене групе. Аtribuти прве групе односе се на профил корисника који је поставио питање и на његово учешће у *stackoverflow* заједници (нпр. старост корисничког налога, оцене које је добио на својим објавама, број одговора на туђа питања који су прихваћени итд.) Аtribuти друге групе везани су за садржај самог питања (нпр. број URL-ова који се јављају у питању), док се атрибути треће групе односе на стил писања (број интерпункцијских знакова, дужина наслова и садржаја питања, дужина исечка кода, број тагова итд.) По завршетку додавања

атрибута све три групе може се прећи на кораке 2.2. и 2.3., који се такође одвијају конкурентно.

Конкурентно решење имплементирано је на различите начине, коришћењем више концепата из *java.util.concurrent* пакета. Најпре, у делу где је било неопходно раздвојити задатке и проследити их нитима, коришћен је *Executor* оквир. За разлику од приступа у коме програмер сам инстанцира и покреће нит за сваки задатак који треба да се изврши, код овог оквира постоји скуп нити – енг. *pool*, и те нити се могу користити више пута. Ово је веома значајно побољшање, јер нит представља прилично „скуп“ рачунарски ресурс, а инстанцирање нове за сваки задатак и њено уништавање након што га изврши није исплативо. Коришћењем *Executor* оквира, једино што програмер треба да уради јесте да проследи задатак *Executor*-у, који је одговоран за креирање нити и контролу њених стања. *Pool* са нитима може се конфигурирати на различите начине, у зависности од природе и динамике долажења задатака.

Након прослеђивања задатака нитима, било је неопходно омогућити „оркестрацију“ између нити, односно обезбедити да се на следећу фазу пређе тек када су сви задаци из претходне фазе извршени. У овом делу имплементације коришћене су две класе: *CountDownLatch* – која даје сигнал главном програму да настави тек када је потребан број нити дао обавештење да је завршио са својим делом посла, и *CompletableFuture*, која постоји од Јаве 8 и користи се у патерну познатом као „цевовод“. У овом решењу могуће је направити композицију независних корака који су неопходни да би се неки посао завршио и који се могу спојити у јединствени резултат, а кораци се извршавају асинхроно.

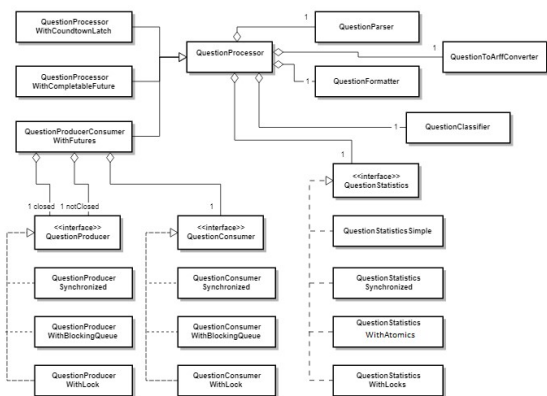
У другом делу студијског примера описани проблем посматран је као алгоритам произвођач – потрошач који је познат и чест проблем у конкурентном програмирању. У овом начину имплементације класе које креирају питања посматране су као произвођачи, док су класе које их обрађују након додавања атрибута посматране као потрошачи, уз претпоставку да између њих постоји дељени бафер ограничене величине. У овом случају произвођачи и потрошачи имплементирани су на три начина:

- Коришћењем *synchronized* блокова и механизма *wait-notify*
- Коришћењем напреднијег *Lock* механизма где се закључавају делови кода којима не сме да приступа више нити, а комуникација о испуњености услова за откључавање врши се коришћењем *Condition* објеката. Овај приступ нуди више могућности од *synchronized* блокова, нпр. одустајање од чекања након истека задатог временског периода, могућност да нит буде прекинута док чека на кључ итд.
- Коришћењем колекције *BlockingQueue*, која у себи

има уграђене механизме за синхронизацију па није неопходно да се делови кода ручно закључавају

На крају, у трећем делу имплементације студијског примера, посматрана је класа у којој се врши упис и чување статистичких података о свим питањима која су прошла обраду. Ову класу није било неопходно обезбеђивати у секвенцијалном решењу, међутим, када су делови обраде постали конкурентни, ова класа више није могла да ради исправно без рефакторисања. Да би се учинила безбедном, било је могуће искористити *synchronized* блокове и кључну реч *volatile* над њеним пољима, али је су у овом случају за имплементацију изабрани новији концепти из *Java Concurrency API*-ја. У првој имплементацији коришћен је *Lock* механизам са закључавањем метода у којима се врши приступ пољима класе, док је у другој примењена колекција *ConcurrentHashMap* која је безбедна за коришћење у конкурентном контексту, као и класе из *Atomic* пакета код којих се користи механизам тзв. „*оптимистичког закључавања*“. У овом приступу дозвољава се свим нитима да прочитају и покушају да модификују неку вредност, али се нова вредност уписује само ако стара у међувремену није промењена од стране неке друге нити.

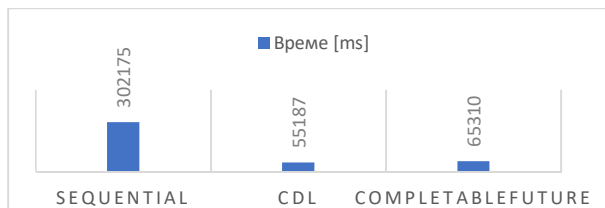
Све креиране класе и интерфејсе приказани су на слици 7.



Слика 7: Дијаграм класа конкурентних решења

#### IV. ТЕСТИРАЊЕ РЕШЕЊА

На самом крају, различита решења су тестирана како би се могле упоредити њихове перформансе. Најпре је упоређено првобитно, секвенцијално решење са два конкурентна решења која користе *Executor*-е и класе *CountDownLatch*, односно *CompletableFuture*, и из резултата тестова се јасно може видети вишеструко смањење потребног времена за обраду:



Слика 8: Поређење потребног времена извршавања код секвенцијалних и конкурентних решења

Затим је тестирано решење које је имплементирано као произвођач – потрошач, где је вариран број нити који се користи за обраду како би се видела промена просечног времена извршавања са различитим бројем нити на располагању у *pool*-овима:



Слика 9: Потребно време извршавања са променом броја коришћених нити

На крају, тестиран је упис података у статистику. Циљ овог теста је је био да се покаже да, уколико се класа којој приступа више нити не обезбеди на адекватан начин, долази до губљења података, погрешних вредности и могућих изузетака приликом обраде. Вредности које су добијене коришћењем несинхронизоване класе су:

Број обрађених питања: **8402** (*исправна вредност: 10000*)

Просечан скор питања: **1.6491** (*исправна вредност: 1.659*) итд.

Наравно, вредности добијене коришћењем ове класе разликовале су се при сваком покретању.

#### V. ЗАКЉУЧАК

Поред свих олакшања и нових могућности које постоје у савременим верзијама Јаве, писање конкурентних програма који исправно раде није једноставно. Иако нови оквири доста посла обављају уместо програмера, погрешно је ослањати се у потпуности на њих без дубљег упознавања са начином на који су имплементирани. Да би се у пуној мери искористиле све њихове могућности, програмер треба добро да се упозна са коришћеним концептима како би и даље имао контролу над својим програмом и како би лакше проналазио грешке уколико се појаве.

Даљи правци истраживања усмерени су на нове концепте који ће се појавити у Јави 9 и наредним верзијама овог програмског језика. С обзиром на све веће хардверске могућности рачунара, као и на растућу заступљеност асинхроне обраде, појаву реактивних *stream*-ова и елемената из функционалних и скрипних језика у објектно-оријентисаном језику какав је Јава, сигурно је да ће се могућности конкурентне обраде повећавати у будућности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Parallelism vs. Concurrency, Dieter Galea, [Online], Available: <http://www.dietergalea.com/parallelism-concurrency/>
- [2] Brian Göetz, Tim Peierls, Joshua Bloch, Joseph Bowbeer, David Holmes, Doug Lea, "Java Concurrency In Practice", Addison Wesley Professional, 2013.
- [3] Denzil Correa, Ashish Sureka, "Fit or Unfit : Analysis and Prediction of 'Closed Questions' on Stack Overflow", Cornell University Library, 2013.

# Podužna kapacitivnost tankog linijskog provodnika u centru uzemljenog kvadratnog oklopa

Dragan N. Filipović, Vladan R. Durković

**Sadržaj** — U radu je, primjenom metoda razdvajanja promenljivih, izvedena prosta formula u vidu beskonačne sume za podužnu kapacitivnost tankog linijskog provodnika smještenog simetrično unutar uzemljenog oklopa kvadratnog poprečnog presjeka. Beskonačna suma koja relativno sporo konvergira transformisana je u brzo konvergentnu sumu, za čije izračunavanje je dovoljno uzeti samo prvi član. Prikazani numerički rezultati pokazuju veoma mala odstupanja između izvedene formule i empirijskog obrasca dostupnog u literaturi.

**Gljučne riječi** — podužna kapacitivnost, provodnik, kvadratni oklop.

## I. UVOD

Za određivanje potencijala koji je neophodan za nalaženje podužne kapacitivnosti tankog provodnika unutar uzemljenog oklopa dovoljno regularnog oblika mogu se koristiti razni analitički metodi, među kojima su najpoznatiji metod razdvajanja promenljivih u Laplasovoj jednačini, metod ogledanja i metod konformnog preslikavanja [1] – [3].

U ovom radu koristimo metod razdvajanja promenljivih u Laplasovoj jednačini za izvođenje proste formule za podužnu kapacitivnost tankog provodnika u centru uzemljenog oklopa kvadratnog presjeka.

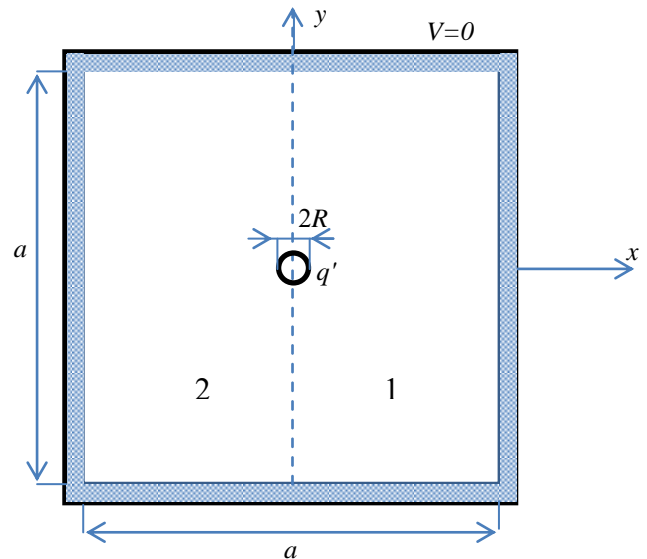
Sličan metod korišćen je u [4] za određivanje podužne kapacitivnosti dvožičnog voda smještenog unutra oklopa pravougaonog presjeka.

## II. ODREĐIVANJE POTENCIJALA UNUTAR OKLOPA

Na sl. 1 prikazan je poprečni presjek uzemljenog oklopa kvadratnog presjeka, stranice  $a$ , kroz čiju centralnu osu prolazi tanki linijski provodnik poluprečnika  $R$  ( $R \ll a$ ). Da bi odredili podužnu kapacitivnost provodnika neophodno je, pri zadanom podužnom naelektrisanju  $q'$ , odrediti njegov potencijal  $V_0$ .

Podijelimo oblast unutar oklopa sa sl. 1 na dvije podoblasti – 1:  $0 \leq x \leq a/2$  i 2:  $-a/2 \leq x \leq 0$ . Razdvajanjem

promenljivih u Laplasovoj jednačini dolazimo do oblika rješenja za potencijal u podoblastima 1 i 2



Sl. 1 Tanki provodnik u centru uzemljenog kvadratnog oklopa.

$$V_1 = \sum_{n=1}^{\infty} A_{2n-1} \operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{a} \left( \frac{a}{2} - x \right) \right] \times \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right], \quad 0 \leq x \leq \frac{a}{2} \quad (1)$$

$$V_2 = \sum_{n=1}^{\infty} A_{2n-1} \operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{a} \left( \frac{a}{2} + x \right) \right] \times \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right], \quad -\frac{a}{2} \leq x \leq 0 \quad (2)$$

Očigledno potencijali (1) i (2) obezbeđuju ispunjenje graničnih uslova  $V_1 = 0$  za  $x = a/2$  i  $y = \pm a/2$  i  $V_2 = 0$  za  $x = -a/2$  i  $y = \pm a/2$ , kao i jednakost potencijala  $V_1$  i  $V_2$  za  $x = 0$ .

Za određivanje nepoznatih koeficijenata  $A_{2n-1}$  koji figurišu u (1) – (2) primjenjujemo granični uslov za normalne komponente  $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$  električnog polja na površi  $x = 0$ ,  $-a/2 \leq y \leq a/2$

Dragan N. Filipović, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: draganf@ac.me).

Vladan R. Durković (autor za kontakte), Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora; Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (e-mail: vladan.d@ac.me).

$$\left( \frac{\partial V_2}{\partial x} - \frac{\partial V_1}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = \frac{q'}{\epsilon_0} \delta(y) \quad (3)$$

gdje je  $\delta(y)$  Dirakova delta funkcija, koja uzima u obzir naelektrisanje  $q'$ . Nalaženjem izvoda (1) - (2) po  $x$  (3) se svodi na

$$\sum_{n=1}^{\infty} 2A_{2n-1} (2n-1) \frac{\pi}{a} \operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right] \times \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right] = \frac{q'}{\epsilon_0} \delta(y) \quad (4)$$

Množenjem (4) sa  $\cos(2m-1)\pi y/a$  i integraljenjem po  $y$  od  $-a/2$  do  $a/2$  dobija se

$$A_{2n-1} (2n-1) \pi \operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right] = \frac{q'}{\epsilon_0} \quad (5)$$

gdje smo koristili ortogonalnost kosinusne funkcije

$$\int_{-a/2}^{a/2} \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right] \cos \left[ (2m-1) \frac{\pi y}{a} \right] dy = \begin{cases} 0, & m \neq n \\ a/2, & m=n \end{cases}$$

kao i poznato svojstvo  $\delta$  funkcije

$$\int_{-a/2}^{a/2} \delta(y) \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right] dy = 1$$

Iz (5) nalazimo nepoznate koeficijente  $A_{2n-1}$

$$A_{2n-1} = \frac{q'}{\pi \epsilon_0} \frac{1}{(2n-1) \operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]}$$

pa su potencijali  $V_1$  i  $V_2$

$$V_1 = \frac{q'}{\pi \epsilon_0} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \frac{\operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{a} \left( \frac{a}{2} - x \right) \right]}{\operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]} \times \quad (1')$$

$$\times \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right], \quad 0 \leq x \leq \frac{a}{2}$$

$$V_2 = \frac{q'}{\pi \epsilon_0} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \frac{\operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{a} \left( \frac{a}{2} + x \right) \right]}{\operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]} \times \quad (2')$$

$$\times \cos \left[ (2n-1) \frac{\pi y}{a} \right], \quad -\frac{a}{2} \leq x \leq 0$$

### III. ODREĐIVANJE PODUŽNE KAPACITIVNOSTI PROVODNIKA

Za određivanje potencijala  $V_0$  provodnika uzećemo njegovu tačku M ( $R, 0$ ) koja pripada podoblasti 1 i njene koordinate uvrstiti u (1'). Dobija se

$$V_0 = \frac{q'}{\pi \epsilon_0} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \frac{\operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \left( 1 - \frac{2R}{a} \right) \right]}{\operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]} \quad (6)$$

tako da je podužna kapacitivnost provodnika

$$C' = \frac{q'}{V_0} = \frac{\pi \epsilon_0}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \frac{\operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \left( 1 - \frac{2R}{a} \right) \right]}{\operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]}} = \frac{\pi \epsilon_0}{S} \quad (7)$$

Beskonačna suma  $S$  u (7) divergira za  $R=0$ , pa se može očekivati njena spora konvergencija za male vrijednosti  $R$ . Radi ubrzanja konvergencije transformišimo sumu  $S$  na sledeći način

$$S = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} (a_{2n-1} - a_{2n-1}^{\infty}) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} a_{2n-1}^{\infty} \quad (8)$$

gdje je

$$a_{2n-1} = \frac{\operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \left( 1 - \frac{2R}{a} \right) \right]}{\operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]} \quad (9)$$

a  $a_{2n-1}^{\infty}$  je asimptotska vrijednost  $a_{2n-1}$  za velike vrijednosti  $n$ . Korišćenjem asimptotskih formula  $\operatorname{sh} x \sim \operatorname{ch} x \sim 0.5e^x$  koje važe za velike vrijednosti  $x$  dobijamo

$$a_{2n-1}^{\infty} = e^{-\frac{(2n-1)\pi R}{a}} \quad (10)$$

Zamjenom (9) - (10) u (8) suma  $S$  postaje

$$S = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \left\{ \frac{\operatorname{sh} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \left( 1 - \frac{2R}{a} \right) \right]}{\operatorname{ch} \left[ (2n-1) \frac{\pi}{2} \right]} - e^{-\frac{(2n-1)\pi R}{a}} \right\} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\frac{(2n-1)\pi R}{a}}}{2n-1} = S' + S'' \quad (11)$$

Sušтина ove transformacije je u tome što suma  $S'$  u (11)

veoma brzo konvergira tako da je dovoljno uzeti samo njen prvi član

$$S' \approx \frac{\operatorname{sh}\left[\frac{\pi}{2}\left(1-\frac{2R}{a}\right)\right]}{\operatorname{ch}\left[\frac{\pi}{2}\right]} - e^{-\frac{\pi R}{a}} \approx \operatorname{th}\frac{\pi}{2} - 1 \quad (12)$$

gdje je uzeto u obzir da je  $R/a \ll 1$ .

Druga suma u (11) može se naći u zatvorenom obliku (vidi Dodatak)

$$S'' = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\frac{(2n-1)\pi R}{a}}}{2n-1} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+e^{-\frac{\pi R}{a}}}{1-e^{-\frac{\pi R}{a}}} \approx \frac{1}{2} \ln \frac{2a}{\pi R} \quad (13)$$

gdje smo koristili aproksimacije:

$$1 + e^{-\frac{\pi R}{a}} \approx 2$$

i

$$1 - e^{-\frac{\pi R}{a}} \approx 1 - \left(1 - \frac{\pi R}{a}\right) = \frac{\pi R}{a}$$

koje važe za  $R/a \ll 1$ .

Konačno, tražena podužna kapacitivnost provodnika je, na osnovu (7), (11) - (13)

$$C' = \frac{\pi \epsilon_0}{\operatorname{th}\frac{\pi}{2} - 1 + \frac{1}{2} \ln \frac{2a}{\pi R}} \quad (14)$$

#### IV. NUMERIČKI REZULTATI

U priručniku [5] se može naći empirijski obrazac za karakterističnu impedansu voda koji čine provodnik i oklop

$$Z_c = 138 \log_{10} \frac{a}{2R} + 3.54 \text{ [}\Omega\text{]} \quad (15)$$

odavde je podužna kapacitivnost [6]

$$C' = \frac{1}{c \cdot Z_c} = \frac{1}{c \cdot \left(138 \log_{10} \frac{a}{2R} + 3.54\right)} \quad (16)$$

( $c=3 \cdot 10^8$  m/s – brzina svjetlosti).

U cilju provjere izvedene formule (14), u tabeli 1. upoređeni su rezultati za nekoliko vrijednosti odnosa  $a/R$  sa rezultatima dobijenim koristeći formulu (16). Poređenje je izvršeno na osnovu procentualne greške, koja je računata na sledeći način

$$\Delta x(\%) = \frac{\text{formula(16)} - \text{formula(14)}}{\text{formula(16)}} \cdot 100 \quad (17)$$

TABELA 1: REZULTATI ZA PODUŽNU KAPACITIVNOST.

$a/R$	formula (14) [pF/m]	formula(16) [pF/m]	greška $\Delta x$ (%)
100	13.9501	14.0057	0.3975
150	12.6626	12.7082	0.3586
200	11.8844	11.9244	0.3351
250	11.3436	11.3799	0.3187
300	10.9370	10.9707	0.3065
350	10.6153	10.6469	0.2967
400	10.3516	10.3816	0.2888
450	10.1296	10.1582	0.2821
500	9.9389	9.9664	0.2763

Na osnovu tabele 1 se može uočiti da je odstupanje rezultata dobijenih na osnovu formule (14) u odnosu na formulu (16) veoma malo. Tačnije, procentualna greška za analizirane odnose  $a/R$  nije veća od 0.4%. Takođe, može se uočiti da se procentualna greška smanjuje kako odnos  $a/R$  raste.

#### V. ZAKLJUČAK

U radu je, korišćenjem metoda razdvajanja promjenljivih, izvedena prosta formula za izračunavanje podužne kapacitivnosti tankog pravolinijskog provodnika u centru uzemljenog oklopa kvadratnog poprečnog presjeka. Numerički primjeri pokazuju da su rezultati, praktično, indetični sa rezultatima dobijenim na osnovu empirijskog obrazca iz literature.

#### DODATAK

Da bi pokazali (13) pođimo od

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^{2n-1}}{2n-1}, \quad |x| < 1 \quad (D1)$$

i diferencirajmo po  $x$

$$f'(x) = \sum_{n=1}^{\infty} x^{2n-2} = \frac{1}{1-x^2}, \quad |x| < 1 \quad (D2)$$

Integracija (D2) po  $x$  daje

$$f(x) = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x} + C, \quad |x| < 1 \quad (D3)$$

gdje je  $C$  konstanta, koju možemo odrediti ako u (D3) stavimo  $x = 0$ . S obzirom da je, na osnovu (D1),  $f(0)=0$ , dobija se da je  $C = 0$ , te je

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^{2n-1}}{2n-1} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x}, \quad |x| < 1 \quad (D4)$$

Konačno, (13) se dobija iz (D4) ako se tamo stavi

$$x = e^{-\frac{\pi R}{a}}$$

#### LITERATURA

- [1] W. R. Smythe, *Static and Dynamic Electricity*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 1968.
- [2] J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, John Wiley, New York 1962.
- [3] W. K. Panofsky, M. Phillips, *Classical Electricity and Magnetism*, 2nd ed., Addison – Wesley, Reading, Massachusetts, 1962.
- [4] D. Filipović, V. Durković, “Capacitance of the two-wire line symmetrically spaced inside a rectangular shield“-rad je poslat za IcETRAN 2018, Palić, Srbija.
- [5] *Reference Data for Radio Engineers*, 5<sup>th</sup> ed., Howard W. Sams & Co, Inc., Indianapolis - Kansas City- New York, 1968.
- [6] B. Popović, *Elektromagnetika*, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.

# Upotreba PSO algoritma za estimaciju parametara asinhronne mašine uz uvažavanje gubitaka u gvožđu

Martin P. Čalasan, *Member, IEEE*, Vladan Vujičić, *Member, IEEE*

**Abstract** – U ovom radu je prikazano određivanje parametara asinhronne mašine upotrebom PSO (Particle Swarm Optimization) algoritma. Analizirano je ekvivalentno kolo asinhronne mašine koje uključuje granu magnećenja (gubitke u gvožđu). Problem pronalaženja nepoznatih parametara ekvivalentnog kola asinhronne mašine predstavljen je kao problem minimizacije odstupanja između izmjerenih i estimiranih vrijednosti fazne struje i faktora snage. U radu je izvršeno poređenje estimiranih vrijednosti fazne struje i faktora snage sa odgovarajućim estimiranim vrijednostima koje se dobijaju kada se u modelu mašine ne uvažava postojanje grane magnećenja.

**Ključne riječi** – Asinhronna mašina, Otpornost grane magnećenja, PSO algoritam, Parametri.

## I. UVOD

ASINHRONA mašina, zbog svojih dobrih radnih karakteristika – robustnosti u radu, lakog upravljanja, niske cijene, dobrih polaznih karakteristika i slično, je najčešće korišćena električna mašina. U cilju sagledavanja mogućnosti njene primjene u različitim aplikacijama, najprije je potrebno simulaciono ispitati njene karakteristike. Međutim, da bi se sporovala kvalitetna simulaciona ispitivanja neophodno je poznavanje svih parametara zamjenske šeme.

Proizvođači asinhronnih mašina, u kataloškim podacima mašine, ne navode podatke o parametrima zamjenske (ekvivalentne) šeme. Zbog toga, veliki broj istraživanja je posvećen problematici što bržeg, lakšeg i tačnijeg određivanja parametara asinhronne mašine. Koliko je ova tematika važna govori i činjenica da postoje i IEEE i IEC standardi koje se bave određivanjem parametara asinhronne mašine [1, 2]. Nedostaci IEEE standarda su diskutovani u [3].

Osim IEEE i IEC standarda, koji zahtijevaju određena mjerenja (struja / napona / snaga / frekvencije i slično), postoje i drugi metodi koji su takođe zasnovani na mjerenju odgovarajućih veličina. Tu se prije svega misli na

klasične metode koje su bazirane na izvođenju ogleada kratkog spoja i praznog hoda transformatora. Osim klasičnih, postoje metode koje analiziraju proces direktnog startovanja [4], proces ubrzavanja [5], frekventnog napajanja [6], testiranja u mirovanju [7] i slično. Svi navedeni metodi zahtijevaju odgovarajuću mjernu opremu i postavku za mjerenje.

Sa druge strane, veliki broj istraživanja je orjentisan ka korišćenju kataloških podataka od proizvođača u cilju estimacije parametara ekvivalentnog kola asinhronne mašine [8-11]. Međutim, pomenuti metodi su primjenjivi samo za novije asinhronne mašine, jer za asinhronne mašine koje su proizvedene ranije veoma često ne postoje kompletni kataloški podaci. To je posebno slučaj kod mašina koje se nalaze u starijim pogonima. Takođe, značajno je napomenuti da se tokom rada mašine mijenjanju njene karakteristike (promjene magnetskog materijala, promjene u izolaciji, u provodnosti itd.) što sve dovodi i do promjena u vrijednostima parametara asinhronne mašine. Prema tome, metodi koji su zasnovani na mjerenju pojedinih veličina kod asinhronne mašine imaju prednost jer su generalno primjenjivi za sve mašine – i po snazi, naponskom nivou, datumu proizvodnje itd, dok su, sa druge strane, i pouzdani jer su bazirani na stvarnim - izmjerenim vrijednostima.

Bez obzira da li se za određivanje parametara asinhronne mašine koriste kataloški podaci, ili podaci dobijeni mjerenjem, proces određivanja parametara uključuje i problem rješavanja većeg broja jednačina, tj. sistema jednačina. U tom cilju, u literaturi se prije svega koristi *Newton-Raphson*-ov algoritam [12] ili *Levenberg-Marquardt*-ov algorithm [13], ili neka od brojnih optimizacionih tehnika: genetski algoritmi (Genetic Algorithm – GA) [14], teorija rojeva (Particle Swarm Optimization – PSO) [15], teorija bakterija (Bacterial Foraging Technique – BFT) [16], teorija pčela (Artificial Bee Colony Algorithm – ABCA) [17], teorija kretanja žaba (Shuffled frog-leaping algorithm – SFLA) [18], dinamičko kodiranje (Dynamic Encoding Algorithm – DEA) [19] i slično. Poređenje brzine konvergencije pojedinih optimizacionih metoda prikazano je u [15].

Ovaj rad predstavlja nastavak istraživanja prikazanih u radovima [20-21]. Naime, radovi [20-21] bave se estimacijom parametara asinhronne mašine, i to korišćenjem jednog [20] ili više [21] kriterijuma za optimizaciju kod PSO algoritma, u slučaju kada se zanemaruje otpornost grane magnećenja. Za razliku od njih, u ovom radu će biti predstavljena upotreba PSO algoritma u cilju estimacije

Martin Calasan, Elektrotehnički fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (telefon: 382-67-615-237; e-mail: [martinc@ac.me](mailto:martinc@ac.me)).

Vladan Vujičić, Elektrotehnički fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (telefon: +382-20-245-839; e-mail: [vladanv@ac.me](mailto:vladanv@ac.me)).

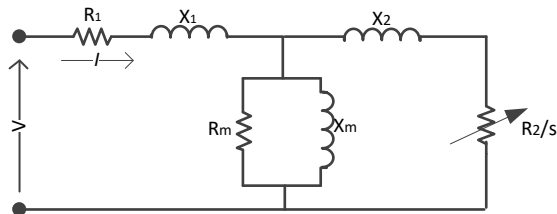


parametara asinhronne mašine, ali kada se uzme u obzir i otpornost grane magnećenja (gubici u gvožđu). U radu će se prikazati razlike između odgovarajućih vrijednosti struja i faktora snage u slučaju kada se uzme u obzir i kada se zanemari otpornost grane magnećenja.

Sam rad je organizovan u nekoliko poglavlja. U poglavlju II je opisano ekvivalentno kolo asinhronne mašine. U Poglavlju III dat je kratak osvrt na PSO algoritam. Rezultati esimacije parametara asinhronne mašine dati su u Poglavlju IV. U ovom poglavlju su dati i zaključci po pitanju dobijenih rezultata. Na kraju, u Zaključku je naveden doprinos rada i date smjerenice za budući rad.

## II. EKVIVALENTNO KOLO ASINHRONE MAŠINE

Ekvivalentno kolo asinhronne mašine prikazano je na slici 1. Na ovoj slici sa  $R_1$  je označena otpornost namotaja statora, sa  $X_1$  reaktansa namotaja statora, sa  $R_2$  je označena otpornost namotaja rotora, sa  $X_2$  reaktansa namotaja rotora, sa  $R_m$  je označena otpornost grane magnećenja, a sa  $X_m$  reaktansa grane magnećenja.



Slika 1. Ekvivalentno kolo asinhronne mašine

Ekvivalentna impedansa ovog kola je

$$\underline{Z} = R_e + jX_e, \quad (1)$$

gdje je

$$R_e = R_1 + \frac{AR_2 + BX_m}{C} \quad (2)$$

i

$$X_e = X_1 + \frac{AX_2 + BR_m}{C}. \quad (3)$$

U prethodnim jednačinama koeficijenti  $A$ ,  $B$  i  $C$  se računaju na sljedeći način:

$$A = \frac{R_m^2 X_m^2}{R_m^2 + X_m^2},$$

$$B = \frac{R_m X_m}{R_m^2 + X_m^2} \left( X_2^2 + \left( \frac{R_2}{s} \right)^2 \right) \text{ i}$$

$$C = \left( \frac{R_m X_m^2}{R_m^2 + X_m^2} + \frac{R_2}{s} \right)^2 + \left( \frac{R_m^2 X_m}{R_m^2 + X_m^2} + X_2 \right)^2.$$

Efektivna vrijednost fazne struje se računa kao

$$I = \frac{V}{\sqrt{R_e^2 + X_e^2}}, \quad (4)$$

gdje je  $V$  efektivna vrijednost faznog napona. Faktor snage se računa na sljedeći način

$$\cos(\varphi) = \cos\left(\arctan\left(\frac{X_e}{R_e}\right)\right). \quad (5)$$

## III. PSO ALGORITAM

PSO algoritam je veoma moćan optimizacioni algoritam na što ukazuju brojni primjeri njegove primjene [22-25]. Ovaj algoritam, kao i brojni drugi optimizacioni algoritmi, razvijen je posmatranjem bioloških procesa – konkretno, ponašanja rojeva insekata ili jata ptica.

Koncept PSO algoritma bazira se na promjeni brzine i pozicije svake promjenjive, u toku svake iteracije. Naime, u toku svake iteracije vrši se ispitivanje udaljenosti pojedine promjenjive u odnosu na trenutnu najbolju poziciju (u toj iteraciji) i u odnosu na dotadašnju najbolju globalnu poziciju (u odnosu na sve prethodne iteracije). Međutim, promjena sa jedne pozicije na drugu odvija se na slučajan način – tj. preko slučajno generisane vrijednosti promjene. Naime, neka  $P$  i  $B$  predstavljaju vektore trenutnih pozicija i trenutnih brzina promjenjivih, respektivno:

$$P^k = [P_1, P_2, \dots], \quad (6)$$

$$B^k = [B_1, B_2, \dots]$$

Brzina i pozicija svake promjenjive u sljedećoj iteraciji se računaju kao:

$$B^{k+1} = T \times B^k +$$

$$C_1 \times \text{rand}_1 \times (pbest - P^k) +$$

$$C_2 \times \text{rand}_2 \times (qbest - P^k), \quad (7)$$

$$P^{k+1} = \begin{cases} P^k + B^{k+1} & P_{\min} \leq P^{k+1} \leq P_{\max} \\ P_{\min} & P^{k+1} \leq P_{\min} \\ P_{\max} & P^{k+1} \geq P_{\max} \end{cases}$$

$$T = T_{\max} \left( 1 - \frac{Iter}{Iter_{\max}} \right) - T_{\min} \frac{Iter}{Iter_{\max}}$$

gdje  $P_{\max}$  i  $P_{\min}$  predstavljaju unaprijed definisanu minimalnu i maksimalnu vrijednost promjenjivih;  $C_1$ ,  $C_2$  i  $T$  su težinski koeficijenti;  $pbest$  i  $qbest$  su najbolja trenutna pozicija i najbolja globalna pozicija;  $\text{rand}_1$  i  $\text{rand}_2$  su slučajno generisani brojevi od 0 do 1;  $Iter$  je trenutna iteracija,  $Iter_{\max}$  je maksimalan broj iteracija,  $T_{\max}$  i  $T_{\min}$  su krajnja i početna vrijednost težinskih koeficijenata.

Potrebno je naglasiti da brzina konvergencije u velikoj mjeri zavisi od koeficijenta  $C_1$  i  $C_2$  (tzv. faktora ubrzanja). Ako su vrijednosti koeficijenata  $C_1$  i  $C_2$  male, konvergencija je spora. Međutim, ako su vrijednosti pomenutih koeficijenata velike, optimizacioni process može biti i nestabilan [22-23].

Takođe, brzina i tačnost konvergencije zavise i od vrijednosti zadatih granica u kojima se kreću pojedine promjenjive. Za uži opseg granica i brzina konvergencije i tačnost konvergencije je veća. U konkretnom slučaju, pošto se radi o optimizaciji šest parametara, potrebno je pažljivo odabrati opseg promjene svakog od parametara, tj. definisati minimalnu i maksimalnu vrijednost svakog od njih.



IV. ESTIMACIJA PARAMETARA EKVIVALENTNOG KOLA ASINHRONE MAŠINE

PSO algoritam opisan u prethodnom poglavlju primijenjen je na trofaznu asinhronu mašinu (750W, 380V, 50Hz, 2950ob/min). Takođe, efektivne vrijednosti fazne struje i faktora snage navedene mašine, preuzeti iz [14], date su u Tabeli 1. PSO parametri korišćeni u optimizacionom algoritmu su  $c_1=0.5$ ,  $c_2=0.1$ ,  $W_{min}=0.1$ ,  $W_{max}=0.5$  i  $Iter_{max}=500$ .

Kriterijum za određivanje nepoznatih parametara definisan je kroz funkciju cilja. U ovom radu funkcija cilja je definisana kao suma kvadratnih vrijednosti razlika estimiranih i izmjerenih vrijednosti fazne struje i faktora snage, za različite vrijednosti klizanja [20-21]:

$$F_{funkcija} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{I_{est-k}}{I_{mjer-k}} - 1 \right)^2 + \sum_{i=1}^n \left( \frac{\cos(\varphi_{est-k})}{\cos(\varphi_{mjer-k})} - 1 \right)^2 \quad (8)$$

U prethodnoj jednačini  $I_{est-k}$  i  $\cos(\varphi_{est-k})$  predstavljaju estimirane vrijednosti fazne struje i faktora snage preko jednačina 4 i 5, respektivno, dok  $I_{mjer-k}$  i  $\cos(\varphi_{mjer-k})$  predstavljaju izmjerene vrijednosti fazne struje i faktora snage za različite vrijednosti klizanja. U konkretnom slučaju, shodno Tabeli 1, indeks  $k$  se mijenja od 1 do 3.

TABELA 1: IZMJERENE VRIJEDNOSTI FAZNE STRUJE I FAKTORA SNAGE RAZMATRANE ASINHRONE MAŠINE, ZA RAZLIČITE VRIJEDNOSTI KLIZANJA - PODACI PREUZETI IZ [14]

Efektivna vrijednost fazne struje	Klizanje	Faktor snage
1.86	0.06	0.62
2.39	0.10	0.74
3.07	0.15	0.78

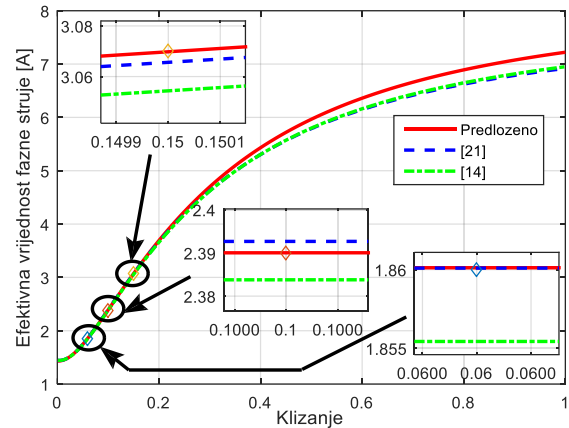
TABELA 2: ESTIMIRANE VRIJEDNOSTI

Parametri [ $\Omega$ ]	GA [14]	PSO [21]	Predloženi metod
$R_1$	10.28	10.1145	8.7753
$X_1$	8.19	7.4935	6.5609
$R_2$	10.48	10.5247	10.9943
$X_2$	19.21	19.9740	20.4676
$X_m$	143.17	144.1155	146.1166
$R_m$	-	-	4956.3

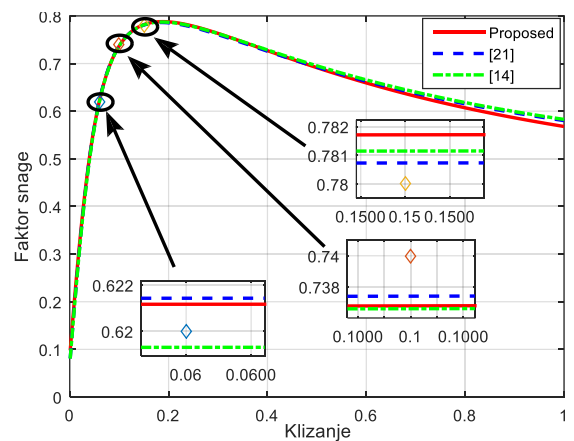
U Tabeli 2 prikazane su estimirane vrijednosti parametara posmatrane asinhrone mašine za ekvivalentno kolo koje uključuje granu magnećenja. U istoj tabeli su prikazane i estimirane vrijednosti parametara koje su dobijene primjenom GA i PSO algoritma, a koje se zasnivaju na analizi ekvivalentnog kola asinhrone mašine koje ne uzima u obzir granu magnećenja. Dataljno poređenje izmjerenih i na različite načine estimiranih vrijednosti fazne struje i faktora snage prikazano je u Tabeli 3. U ovoj tabeli, „Greška“ je računata kao apsolutna razlika između estimiranih i odgovarajućih izmjerenih vrijednosti. Odgovarajuće struja - klizanje i faktor snage - klizanje karakteristike su prikazane na slikama 2 i 3, respektivno.

Kako se može uočiti, predloženi metod omogućava

dobijanje izuzetno tačnih rezultata. Međutim, vidi se da za pojedine posmatrane radne tačke veće odstupanje faktora snage se postiže upotrebom modela asinhrone mašine koji uvažava otpornost grane magnećenja. Prema tome, uključivanje otpornosti grane magnećenja u proračune ne znači isključivo da je model mašine tačniji i da omogućuje precizniji proračun. Upravo zbog toga, u velikom broju radova koji se bave estimacijom parametara asinhrone mašine otpornost grane magnećenja se zanemaruje [14-18].



Slika 2. Fazna struja – klizanje karakteristike (deltoid predstavlja izmjerene vrijednosti).



Slika 3. Faktor snage – klizanje karakteristike (deltoid predstavlja izmjerene vrijednosti).

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je primjena algoritma PSO u određivanju parametara asinhrone mašine. U konkretnom slučaju posmatrana je zamjenska šema asinhrone mašine koja uključuje i granu magnećenja (koji definišu gubitke u gvožđu). Na osnovu prikazanih rezultata se jasno vidi da je otpornost grane magnećenja značajno veća u odnosu na vrijednosti ostalih parametara. Takođe, vidi se da uključivanje otpornosti grane magnećenja ne utiče značajno na povećavanje tačnosti – tj. na bolje poklapanje izmjerenih i estimiranih vrijednosti odgovarajućih veličina. Na taj način, potvrđuje se opravdanost zanemarivanja otpornosti grane magnećenja u ekvivalentnoj šemi.

U budućem radu analiziraće se uticaj različitih kriterijumskih funkcija, optimizacionih metoda i režima rada mašine na vrijednost parametara asinhrone mašine.

TABELA 3: Poređenje rezultata

Struja statora	GA [14]	Greška GA	PSO [21]	Greška PSO	Predloženi metod	Greška
1.86	1.8555	0.0045	1.8601	0.0001	1.8601	0.0001
2.39	2.3837	0.0063	2.3927	0.0027	2.3900	0
3.07	3.0543	0.0157	3.0655	0.0045	3.0698	0.0002
Faktor snage	GA [14]	Greška GA	PSO [21]	Greška PSO	Predloženi metod	Greška
0.62	0.6193	0.0007	0.6214	0.0014	0.6212	0.0012
0.74	0.7363	0.0037	0.7374	0.0026	0.7367	0.0033
0.78	0.7812	0.0012	0.7807	0.0007	0.7817	0.0017

## REFERENCES

- [1] Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators. IEEE Standard 112, 2004.
- [2] Rotating Electrical Machines. Part 2-1: Standard Methods for Determining Losses and Efficiency from Tests, IEC Standard 60034-2-1, 2007.
- [3] J. Pedra and L. Sainz, "Parameter estimation of squirrel-cage induction motors without torque measurements", *IEE Proc.-Electr. Power Appl.*, vol. 153, no. 2, pp. 263-270, march 2006.
- [4] J. Benzaquen, J. Rengifo, E. Albanez, and J.M. Aller, "Parameter Estimation for Deep-Bar Induction Machines Using Instantaneous Stator Measurements From a Direct Startup," *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 32, Issue: 2, pp. 516 – 524, june 2017. .
- [5] H. Kojooyan-Jafari, L. Monjo, F. Corcoles, and J. Pedra "Using the Instantaneous Power of a Free Acceleration Test for Squirrel-Cage Motor Parameters Estimation", *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 30, issue 3, pp. 974 – 982, sept. 2015.
- [6] L. Monjo, H. Kojooyan-Jafari, F. Corcoles, and J. Pedra, "Squirrel-Cage Induction Motor Parameter Estimation Using a Variable Frequency Test," *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 30, issue 2, pp. 550-557, june 2015.
- [7] Y. He, Y. Wang, Y. Feng, and Z. Wang, "Parameter Identification of an Induction Machine at Standstill Using the Vector Constructing Method," *IEEE Trans Power Electr.*, vol. 27, no. 2, pp. 905-915, febr. 2012.
- [8] M. H. Haque, "Determination of NEMA Design Induction Motor Parameters From Manufacturer Data," *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 23, no. 4, pp. 997-1003, dec. 2008.
- [9] J.M.C. Guimaraes, J.V. Bernardes, A. E. Hermeto, and E.C. Bortoni, "Parameter Determination of Asynchronous Machines From Manufacturer Data Sheet," *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 29, no. 3, pp. 689-697, sept. 2014.
- [10] J. Pedra, F. Corcoles, "Estimation of Induction Motor Double-Cage Model Parameters From Manufacturer Data," *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 19, no. 2, pp. 310-317, june 2004.
- [11] J. Pedra, "On the Determination of Induction Motor Parameters from Manufacturer Data for Electromagnetic Transient Programs," *IEEE Trans Power Systems*, vol. 23, no. 4, pp. 1709-1718, nov. 2008.
- [12] M. Akbaba, M. Taleb, A. Rumeli, "Improved estimation of induction machine parameters", *Electric Power Systems Research*, vol. 34, pp. 65-73, 1995.
- [13] J. Pedra, F. Corcoles, "Estimation of Induction Motor Double-Cage Model Parameters From Manufacturer Data," *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 19, no. 2, pp. 310-317, june 2004.
- [14] I. Kostov, V. Spasov, V. Rangelova, "Application of genetic algorithms for determining the parameters of induction motors", *Technical Gazette*, vol. 16, no. 2, pp. 49-53, 2009.
- [15] A.I. Canakglu, A.G. Yetgin, H. Temurtas, M. Turan, "Induction motor parameter estimation using metaheuristic methods," *Turk J Elec. Eng. & Comp. Sci.*, Vol. 22, pp. 1177-1192, 2014.
- [16] V. P. Sakthivel, R. Bhuvanewari, S. Subramanian, "Bacterial Foraging Technique Based Parameter Estimation of Induction Motor from Manufacturer Data", *Electric Power Components and Systems*, vol. 38, pp. 657-674, 2010.
- [17] A.G. Abro, J.M. Saleh, "Multiple-global-best guided artificial bee colony algorithm for induction motor parameter estimation", *Turkish Journal of Elect Eng & Comp Sci*, Vol. 22, pp. 620 – 636, 2014.
- [18] M. Gomez-Gonzalez, F. J. Perez, "Shuffled frog-leaping algorithm for parameter estimation of a double-cage asynchronous machine", *IET Electric Power Applications*, vol. 6, Iss. 8, pp. 484-490, 2012.
- [19] J.W. Kim, S.W. Kim, "Parameter identification of induction motors using dynamic encoding algorithm for searches (DEAS)", *IEEE Trans Energy Conv.*, vol. 20, pp. 16-24, 2005.
- [20] B. Miljanić, M. Čalasan, V. Vujičić, „Determination of induction machine parameters by using Particle Swarm Optimization without considering iron losses“, *Informacione tehnologije, Žabljak, Crna Gora*, februar 2017., pp. 46-49.
- [21] M. Čalasan, B. Miljanić, V. Vujičić, „Determination of induction machine parameters by using Particle Swarm Optimization Technique“, *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 23, No. 1, Nov. 2017, pp. 67-75.
- [22] R. Mendes, J. Kennedy, J. Neves, "The fully informed particle swarm: simpler, maybe better," *IEEE Trans. Evol. Comp.*, vol. 8, no. 3, pp. 204-210, 2004.
- [23] M. Clerc, and J. Kennedy, "The particle swarm explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space," *IEEE Trans. Evol. Comp.* vol. 6, issue 1, pp. 58-73, 2002.
- [24] J. Wang, F.Yang, "Optimal capacity allocation of standalone wind/solar/battery hybrid power system based on improved particle swarm optimisation algorithm", *IET Renewable Power Generation*, Vol. 7, issue 5, pp. 443-448, sept. 2013.
- [25] P. Hou, W. Hu, M. Soltani, Z. Chen, "Optimized Placement of Wind Turbines in Large-Scale Offshore Wind Farm Using Particle Swarm Optimization Algorithm", *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 6, issue 4, pp. 1272 – 1282, oct. 2015.

### Using PSO algorithm for induction machine parameters estimation with considering of iron loss

M. Calasan, V. Vujicic

In this paper, induction machine parameters estimation by using PSO algorithm is presented. The equivalent machine circuit that consider the iron losses is analyzed. The problem of finding unknown parameters of the equivalent circuit is reduced to the problem of minimization of the deviation between the measured and the estimated values of the phase current and power factor. A comparisons of the estimated values of phase currents and power factors with the corresponding values, obtained when a iron core losses is not considered, are also presented.

# Bezbjednosni aspekti primjene Jedinstvenog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka kod elektronskog upisa djece u obrazovne ustanove

Marina Matijević, *Ministarstvo prosvjete,*  
Ramo Šendelj, *Univerzitet Donja Gorica*

**Sadržaj** — U ovom radu predstavljene su prednosti Jedinstvenog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka, kao i prednosti kreiranja servisa za elektronski upis djece u predškolske ustanove i osnovne škole. Posebna pažnja je posvećena primjeni bezbjednosnih politika prilikom razmjene podataka kao i bezbjednosti uspostavljene infrastrukture.

**Ključne reči** — Bezbjednost, informacioni sistem, MEIS, elektronski servis, jedinstveni informacioni sistem za razmjenu podataka, informacioni sistem obrazovanja.

## I. UVOD

Obrazovni sistem Crne Gore, u pogledu geografske, organizacione i funkcionalne složenosti, predstavlja jedan heterogeni sistem koji obuhvata sve nivoe obrazovanja, veliki broj institucija, zaposlenih i djece. Ako se uzme u obzir da obrazovni sistem do nivoa fakulteta obuhvata: 21 državnu i 20 privatnih predškolskih ustanova; 163 državne i 4 privatne osnovne škole; 50 državnih i 3 privatne srednje škole; 15 osnovnih muzičkih škola i 3 resursna centra; u kojima je ukupno oko 125.000 djece i oko 13.000 zaposlenih, može se zaključiti da je ogromna potreba za uvođenjem Informacionog sistema obrazovanja (MEIS – Montenegrin Education Information System) u cilju efikasnijeg praćenja i bolje organizacije rada svih ustanova, jer se mnoge aktivnosti u velikom broju ustanova istovremeno izvode, a ujedno se radi o ustanovama koje su veoma udaljene jedna od druge [1].

Osim podataka koji su važni za praćenje i analizu obrazovnog sistema, od posebne važnosti su i podaci vezani za socijalni i zdravstveni status učenika, pa je samim tim uspostavljanje veze i razmjena podataka sa registarima koji su u nadležnosti drugih ustanova, neophodno implementirati poštujući sve preporuke bezbjednosnih standarda.

Kako bi jedan veliki resor kao što je obrazovanje bio još pristupačniji i funkcionalniji kako za djecu tako i za roditelje, neophodno je obezbediti niz servisa koji će tu

komunikaciju učiniti efikasnijom, sigurnijom i fleksibilnijom.

U nastavku ovog rada biće više riječi o potrebi uspostavljanja Jedinstvenog sistema za elektronsku razmjenu podataka, bezbjednosti sistema kao i o potrebi uspostavljanja elektronskih servisa za upis djece u predškolske ustanove i osnovne škole.

## II. JEDINSTVENI INFORMACIONI SISTEM ZA ELEKTRONSKU RAZMJENU PODATAKA

Mnogi resori u Crnoj Gori u skladu sa svojim potrebama i nadležnostima projektovani su i uspostavili svoje informacione sisteme u cilju bolje organizacije i rada ustanova koje im pripadaju. Većina informacionih sistema kreirani su i implementirani nezavisno od drugih informacionih sistema, dok su neki kasnije unaprijeđeni tako što je omogućena razmjena podataka sa drugim informacionim sistemima.

Na primjer, Ministarstvo prosvjete je počelo sa projektovanjem Informacionog sistema obrazovanja Crne Gore 2004. godine, a implementacija sistema u obrazovno-vaspitnim ustanovama je počela 2010. godine. Svake godine radilo se na unapređenju sistema i boljoj funkcionalnosti, pa je već 2011. godine uspostavljena konekcija sa Centralnim registrom stanovništva čime se u značajnoj mjeri pojednostavio unos podataka od strane zaposlenih u obrazovno-vaspitnim ustanovama, a samim tim se smanjio i procenat grešaka koje nastaju prilikom unosa podataka. Osnovni podaci o djeci i zaposlenima preuzimaju se iz Centralnog registra stanovništva, pa ukoliko se podsjetimo koliki je broj djece i zaposlenih u sistemu obrazovanja svake školske godine lako se zaključuje da je ova funkcionalnost veoma značajna.

Imajući u vidu da je potreba za unapređenjem prvobitno projektovanog informacionog sistema obrazovanja bila sve veća, 2014. godine započelo se sa razmjenom podataka između Informacionog sistema Ministarstva prosvjete i Informacionog sistema Ministarstva rada i socijalnog staranja. Razmjena podataka je dvosmjerna, što znači da se određeni podaci preuzimaju iz Informacionog sistema Ministarstva rada i socijalnog staranja za potrebe obrazovnog sistema i obrnuto.

Od 2015. godine Zavod za statistiku Crne Gore - MONSTAT iz Informacionog sistema obrazovanja

Marina Matijević, ul. Kralja Nikole 321, 81000 Podgorica, Crna Gora (telefon: 382-67-977-997; email: [matijevic.marina@gmail.com](mailto:matijevic.marina@gmail.com))  
Ramo Šendelj, ul. Dalmatinska 78, 81000 Podgorica, Crna Gora (telefon: 382-67-226-333; email: [ramo.sendelj@gmail.com](mailto:ramo.sendelj@gmail.com))

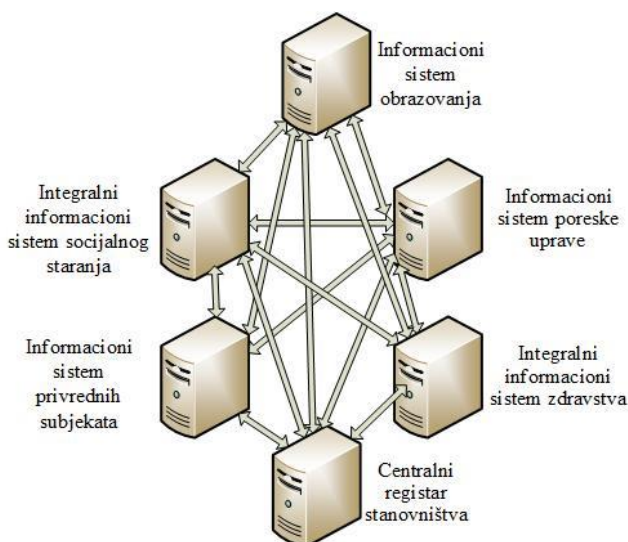
preuzima sve podatke koji su potrebni za statistiku iz oblasti obrazovanja, osim podataka o finansijama i visokom obrazovanju. 2017. godine uspostavljena je i razmjena podataka sa sistemom Instituta za javno zdravlje.

Kao što se može zaključiti na primjeru Informacionog sistema Ministarstva prosvjete (a tako je i sa drugim informacionim sistemima), stalno raste potreba za razmjenom podataka između raznih registara u cilju bolje funkcionalnosti sistema, a i u cilju smanjenja grešaka prilikom unosa podataka. Elektronska razmjena podataka u značajnoj mjeri ističe prednosti uspostavljanja informacionih sistema i brzinu razmjene informacija neophodnih za svakodnevne poslovne procese.

Glavni nedostatak za uspostavljanje razmjene podataka između raznih registara se ogledao u nepostojanju evidencije o elektronskim registrima u Crnoj Gori i njihovom sadržaju, kao i u nepostojanju evidencije o razmjeni podataka koja je do sada uspostavljena između postojećih registara.

S tim u vezi Ministarstvo javne uprave je uspostavilo meta registar, koji sadrži informacije o svim elektronskim registrima u Crnoj Gori i njihovom sadržaju. Pored toga, Zakonom o elektronskoj upravi obavezali su se svi državni organi i organi državne uprave, koji vode elektronske registre i upravljaju informacionim sistemima, da podatke i informacije iz svojih registara i informacionih sistema razmjenjuju preko Jedinistvenog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka (GSB – Government Service Bus) [2]-[5].

Cilj ovog sistema je uspostava interoperabilnosti, koji je skup horizontalnih IT sistema koji podržavaju pružanje javnih usluga u ustanovama (G2G - Government to Government), građanima (G2C - Government to Citizen) i preduzećima (G2B - Government to Business).



Sl. 1. Šema "špegete" pristupa za razmjenu podataka

Pored toga, point-to-point povezivanje registara stvaraju takozvani „špageta“ pristup (primjer kod Ministarstva prosvjete), koji nije preporučljiv u slučaju povezivanja i razmjene podataka sa velikim brojem registara, jer se često radi o skupim rješenjima za održavanje ukoliko su potrebne bilo kakve izmjene (Sl.1). U ovom slučaju

prednost Jedinistvenog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka se ogleda u dijelu kreiranja i održavanja novih razmjena podataka, jer se radi o jeftinijem rješenju [6]-[8].

### III. BEZBJEDNOST JEDINSTVENOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA ELEKTRONSKU RAZMJENU PODATAKA

Jedinistveni informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka omogućava interoperabilnost sa drugim informacionim sistemima kada nastane potreba za razmjenom podataka, a koji se temelji na utvrđenim pravima i sporazumima, koji su definisani između institucija čiji su informacioni sistemi povezani (Sl.2). Da bi se omogućila razmjena podataka na bezbjedan način modul interoperabilnosti koristi digitalne sertifikate, koje izdaje Ministarstvo javne uprave za organe državne uprave.



Sl. 2. Jedinistveni informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka

Kako je glavni cilj Jedinistvenog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka da olakša postupak ostvarivanja prava i unaprijedi kvalitet rada državnih institucija, elektronsko preuzimanje podataka iz informacionih sistema smanjit će potrebu za dokazima u papirnom obliku. Sam elektronski proces se obavlja na sljedeći način:

- korisnik Jedinistvenog informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka pokreće aplikaciju za preuzimanje podataka, koji služi za davanje dokaza. Jedinistveni informacioni sistema za elektronsku razmjenu podataka evidentira podatke o informacionom sistemu korisnika koji je pokrenuo zahtjev za preuzimanjem podataka, kao i o informacionom sistemu iz kojeg se preuzimaju podaci, datumu i vremenu kada su preuzeti podaci te o statusu koji pokazuje uspješnost preuzimanja podataka
- na osnovu pokrenutog zahtjeva od strane korisnika, Jedinistveni informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka generiše fajl u kojem su parametri, koji se isporučuju kao web servis informacionom sistemu od kojeg se traže podaci, a koja je predhodno digitalno potpisana od strane Jedinistvenog informacionog sistema za elektronsku



razmjenu podataka

- informacioni sistem od kojeg se traže podaci prima digitalno potpisan fajl od Jedinственог informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka i obavlja autentifikaciju i autorizaciju na osnovu digitalnog potpisa, preuzima parametre zahtjeva i na osnovu njih vraća skup podataka u obliku fajla koji je takođe digitalno potpisan
- jedinstveni informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka nakon dobijanja i prikaza podataka evidentira informacije o vremenu primanja podataka.

Važno je istaknuti da Jedinственог informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka ne čuva podatke koji su u zahtjevu za razmjenu podataka između informacionih sistema već, samo čuva informacije o informacionim sistemima, datumu, vremenu i statusu razmjene podataka između njih.

Razmjena podataka se obavlja na osnovu standardizovanog XML formata.

Dizajn Jedinственог informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka se temelji na standardnim preporukama, odnosno arhitekturi orjentisanoj prema usluzi (SOA - Service oriented architecture), integraciji u realnom vremenu i rješenoj visoke dostupnosti. Za dostupnost informacionih sistema zadužene su ustanove koje su vlasnici informacionih sistema, dok je za dostupnost Jedinственог informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka zaduženo Ministarstvo javne uprave.

Informacioni sistemi koji pružaju podatke i Jedinственог informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka objavljuju usluge u standardnom obliku koristeći web servise (WSDL) i SOAP poruke, koji su XML protokoli.

Jedinственог informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka nalazi se u data centru Ministarstva javne uprave. Direktni pristup sistemu za razmjenu podataka nema ni jedan informacioni sistem koji ima izlaz na internet, već se za svaku ustanovu dodjeljuje virtuelna mašina koja je u topologiji Jedinственог informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka. U mreži se nalazi i određeni firewall, pa da bi neki od informacionih sistema koji nisu u mreži državnih organa pristupili sistemu za razmjenu podataka moraju uspostaviti VPN konekciju između firewall-a svoje mreže i firewall-a mreže državnih organa.

Provajder za provjeru autentičnosti koristi sistem provjere autentičnosti LDAP i CA. Pored toga koristi se provjera autentičnosti za uslugu i provjera autentičnosti za podatke tako što se korisnici svrstavaju u posebne LDAP grupe.

#### IV. PILOT PROJEKAT - ELEKTRONSKI UPIS DJECE U OBRAZOVNO-VASPIITNE USTANOVE

Pilot projekat koji je pokrenut kada je uspostavljen Jedinственог informacioni sistem za elektronsku razmjenu podataka je elektronski upis djece u prvi razred osnovne škole i u predškolske ustanove. Ovaj projekat je od posebnog značaja, jer nudi niz pogodnosti za građane

(usluga G2C - Government to Citizen). Imajući u vidu da je oko 7.500 djece koji se upisuju u prvi razred, a oko 19.000 djece koja se upisuju u predškolske ustanove, jasno je da se radi o dvije usluge koje mogu imati značajnu primjenu. Ovakav način upisa nudi niz pogodnosti za roditelje, posebno kada se djeca prvi put upisuju u predškolske ustanove, jer roditelji mogu podnijeti zahtjev za upis djeteta putem elektronske usluge i neće biti u obavezi da dostavljaju niz potvrda koje su neophodne prilikom upisa, a to su:

- izvod iz matične knjige rođenih
- za samohrane roditelje - izvod iz knjige umrlih preminulog roditelja
- potvrda o zaposlenju oba roditelja
- potvrda centra za socijalni rad ako je porodica korisnik materijalnog obezbjeđenja

Za upis djece u prvi razred osnovne škole roditelji mogu da podnesu zahtjev za upis djeteta, da popune upitnik za roditelje i da zakažu neki od ponuđenih termina za razgovor u pedagoško-psihološkoj službi škole.

Ministarstvo prosvjete	
Europass dokumenti	
Evidencija ocjena - Portal za roditelje	
Mreža obrazovno-vaspitanih ustanova u Crnoj Gori	
Portal za nastavnike	
Prijava građana	 
Prijava za upis učenika u prvi razred Osnovne škole „Maksim Gorki“	 
Prijava za upis učenika u prvi razred Osnovne škole „Sutjeska“	 
Prijava za upis učenika u prvi razred Osnovne škole „Vladimir Nazor“	 

Sl.3. Portal eUprave

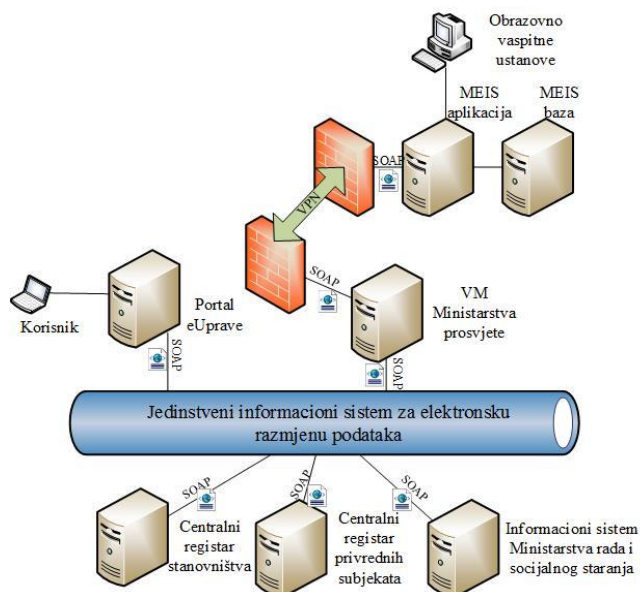
Navedene elektronske usluge građani koriste preko portala eUprave na adresi [www.euprava.me](http://www.euprava.me) na kojem moraju biti predhodno registrovani (Sl.3).

Pored portala eUprave, u infrastrukturi za realizaciju navedenih elektronskih usluga uključeni su Jedinственог informacioni sistem za razmjenu podataka, informacioni sistem Ministarstva prosvjete, informacioni sistem Ministarstva rada i socijalnog staranja, Centralni registar privrednih subjekata i Centralni registar stanovništva.

Zahtjeve koje podnesu roditelji za upis u predškolsku ustanovu ili osnovnu školu, kao i svi podaci koji se preuzimaju iz drugih informacionih sistema putem Jedinственог informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka, moraju biti dostupni predškolskim ustanovama i osnovnim školama na obradu. Kako predškolske ustanove i osnovne škole nisu u mreži državnih organa, nije moguć direktan pristup navedenim podacima iz tih ustanova. U cilju poštovanja svih bezbjednostnih politika, koje su definisane kako u mreži državnih organa tako i kod bezbjednosti Jedinственог informacionog sistema za elektronsku razmjenu podataka, moralo se ići na uspostavljanje VPN konekcije između mreže državnih organa i mreže Ministarstva prosvjete u kojoj se nalazi informacioni sistem obrazovanja (MEIS) [9].

Kao što je nevedeno, roditelji putem portala eUprave popunjavaju zahtjev za upis djeteta u obrazovno-vaspitanu ustanovu [10]. Na osnovu podataka iz zahtjeva i tipa

ustanove u koju se dijete upisuje, putem Jedinственог информационог система за електронску разmjenu података преузимају се подаци из других информационих система. Сви подаци се смјештају на виртуелну машину Министарства проsvјете која је у мрежи државних органа, која нема излаз на интернет и на којој је инсталиран дигитални сертификат. Преко те виртуелне машине Министарство проsvјете може од Јединственог информационог система за електронску разmjenu података да тражи преузимање података из било којег информационог система који је доступан, јер путем дигиталног сертификата се провјерава аутентификација и ауторизација корисника (Sl.3).



Sl. 4. Šema infrastrukture за електронску upis дјече у образовно-васпитне установе

Имајући у виду да образовно-васпитне установе користе MEIS апликацију (информациони систем образовања), а да не могу имати директан приступ мрежи државних органа, па самим тим не могу имати приступ подацима који су на виртуелној машини, израђен је посебан модул у MEIS апликацији путем којег се запосленима у образовно-васпитној установи омогућава приступ подацима који су на виртуелној машини у мрежи државних органа. Важно је напоменути и то да се комуникација између MEIS апликације која је на серверу у мрежи Министарства проsvјете и података који су на виртуелној машини у мрежи државних органа обавља путем VPN-а.

Implementacija електронског upisa ученика у први разред основне школе почиње 01. априла 2018. године (законски дефинисан рок за upis ученика), док је implementacija електронског upisa дјече у предшколским установама везана за објављивање конкурса за upis који се raspisuje у мају 2018. године.

## V. ZAKLJUČAK

Potreba за povezivanjem информационих система и разmjenom података међу њима је све већа. С тим у вези креиран је Јединствени информациони систем за електронску разmjenu података, који су у обавези да користе сви државни органи и органи управе који управљају неким информационим системом, како би се избјегла point-to-point разmjena података, имало стандардизовано рјешење за све установе, креирао мета регистар са информацијама и садржајем свих информационих система и евидентирале се разmjene података између информационих система. На овај начин се избјегава прикупљање истих података у различитим регистрима, повећава тачност података, постиже бржа разmjena и боље функционисање установа, које су корисници података. Оно што је најважније је могућност за креирање низа сервиса за грађане и установе који могу све процесе који морају да се извршавају да у значајној мјери учине функционалним тако што се не би морали тражити многи докази (потврде, изводи итд) од корисника, већ би се информације разmjenjivale између званичних регистара установа које те доказе и издају.

Имајући у виду наведене предности, потребно је посебну пажњу посветити безбједности и поузданости цијелог система. Примјена дигиталног сертификата је у овом случају обавезна, као и безбједна комуникације на мрежном нивоу. Наравно, ту је доступност и тачност података од посебног значаја, тако да све институције имају додатну потребу и одговорност за заштитом својих информационих система.

## LITERATURA

- [1] Министарство проsvјете и науке, "Главни пројектар информационог Система образовања RCG", Podgorica 2004
- [2] Закон о електронској управи, објављен у "Sl. listu Crne Gore" број 32 од 30. јула 2014. године
- [3] Стратегија развоја информационог друштва Crne Gore до 2020. године, Министарство за информационо друштво, Podgorica 2016
- [4] Уредба о садржају и начину вођења података у Јединственом информационом систему за електронску разmjenu података, Влада Crne Gore од 2. јула 2015. године
- [5] Информација о Јединственом систему за електронску разmjenu података између државних органа и органа државне управе са Предлогом Споразума о заједничком финансирању пројеката, Влада Crne Gore, 2015
- [6] David A. Chappell, "Enterprise Service Bus", O'Reilly Media, Inc., јун 2004
- [7] Peter Swithinbank, Srinivas Bandaru, Graham Crooks, Andrew Firrer, Jenny He, Raghunath Krishnaswamy, Vijay Mann, Muriel Viale, "Connecting Enterprise Applications to WebSphere Enterprise Service Bus". IBM, septembar 2007
- [8] Pei Yan, Jiao Guo, "Researching and Designing the Architecture of E-government Based on SOA", IEEE, Guangzhou, Chinam, мај 2010
- [9] [www.meisportal.edu.me](http://www.meisportal.edu.me)
- [10] [www.euprava.me](http://www.euprava.me)

# Sjedinjavanje multisenzorskih slika u cilju detekcije multikoptera

Rade M. Pavlović, Vladimir S. Petrović

**Sadržaj** — U ovom radu data je primena multisenzorskog sjedinjavanja slika u cilju detekcije multikoptera. Multisenzorski sistem koristi televizijsku i termovizijsku kameru, a kao krajnji izlaz posmatraču se prikazuje sjedinjena slika. Sjedinjavanje se izvršava u laž kolor sistemu gde su topli objekti iz termovizijske slike prikazani su crvenom bojom. Rezultati pokazuju da je multikopter uočljiviji na sjedinjenoj slici nego na ulaznim pojedinačno, dok je zadržana i prirodnost boja i objekata koju daje televizijska slika.

**Ključne reči** — multikopter, sjedinjavanje slika, multisenzorski sistem, detekcija multikoptera.

## I. UVOD

Osnovna karakteristika multisenzorskih sistema je upotreba više različitih senzora u cilju osmatranja iste situacije ili prostora. Ovakvi sistemi daju potpunije i pouzdanije informacije od sistema koji koriste samo jedan ili više senzora istog tipa. Povećanjem broja senzora, pa i broja multisenzorskih sistema raspoređenih na različitim lokacijama, dovodi do značajnog povećanja količine podataka koje krajnji korisnik treba da obradi. Ovaj problem rešava multisenzorsko sjedinjavanje (fuzija) informacija [1].

Osnovna ideja osmatranja spregom više senzora je eliminacija efekata njihovih pojedinih nedostataka što obezbeđuje uspešno funkcionisanje sistema u svim uslovima. Primenom više senzora zasnovanih na merenju različitih fizičkih fenomena, kao na primer toplotnog zračenja (termovizijske kamere) i refleksije svetlosti od objekata (kamere u vidnom opsegu), dobija se više realnih informacija o objektima koje posmatramo.

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 operatera 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.

Međutim, kao i većina tekovina modernih tehnologija, bespilotne letelice se mogu koristiti i za ugrožavanje teritorije i ljudstva ili nanošenje materijalne štete [2]. 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 sledi opis tehnika za sjedinjavanje, prikaz multisenzorskog sistema korišćenog za istraživanje sa rezultatima na konkretnoj letelici i na kraju zaključak sa daljim nastavkom istraživanja.

## II. SJEDINJAVANJE MULTISENZORSKIH SIGNALA

U prethodnom periodu došlo je do razvoja algoritama za sjedinjavanje slika koji su imali za cilj da uspešno prenesu podatke iz ulaznih senzora u sjedinjenu sliku. Pored toga algoritmi su trebali i da zadovolje što manju računarsku zahtevnost kako bi se mogli primeniti u sistemima koji zahtevaju rad u realnom vremenu. Međutim, napretkom sistema za obradu signala, povećanjem procesorske i memorijske moći, u novijim sistemima ovaj zahtev je sve manje važan.

Najpre su razvijani algoritmi koji su imali za cilj sjedinjavanje monohromatskih slika, odnosno video signala. Najpouzdaniji i najkorišćeniji algoritmi zasnovani su na Gausovoj piramidi [3] koja se dobija tako što se informacije iz originalne slike filtriraju niskofrekventnim filtrima. Pri tome svaki sledeći nivo piramide se decimira sa faktorom 2. Pored Gausove piramide veoma popularni su i algoritmi zasnovani na diskretnoj vejevlet transformaciji [4].

Koristeći činjenicu da ljudsko oko može da razlikuje najviše 100 nivoa sivog, za razliku od raspoznavanja nekoliko hiljada nijansi boja došlo se na ideju pravljenja lažnih kolor sjedinjenih slika. Ovo je podrazumevalo da se ulazne monohromatske slike postavljaju u kanale nekog od kolor sistema i na taj način stvara lažni kolor [5]. Prirodniji rezultati postignuti su koristeći kolor referentnu sliku koja služi za podešavanje parametara sjedinjavanja, odnosno preslikavanja boja sa referentne slike na lažnu kolor sjedinjenu sliku. Da bi se postigla što veća prirodnost, potrebno je da situacija na referentnoj slici što više bude približnija scenariju na kome se vrši sjedinjavanje.

Rade M. Pavlović, (autor za kontakte), Vojnotehnički institut, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Ratka Resanovića 1, 11000 Beograd, Republika Srbija (telefon: 381-11-2051846; e-mail: rade\_pav@yahoo.com).

Vladimir S. Petrović, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Republika Srbija (e-mail: v.petrovic@manchester.ac.uk).

Napretkom senzora i korišćenjem kolor kamera dolazi do potrebe za metodama za sjedinjavanje kolor slika. U najčešćem slučaju sjedinjuje se kolor televizijska sa monohromatskom termovizijskom slikom [6]-[8]. Primer kolor televizijske slike prikazan je na slici 1a. Televizijska slika sadrži više detalja scene kao što su ivice i prirodnu boju koju vidi ljudsko oko. Termovizijska slika koja je zbog prirode detektora monohromatska (slika 1b) prikazuje objekte koji su različite temperature i mogu biti nevidljivi za ljudsko oko. Na slikama se uočava urbano naselje i tipična scena vojnog manevra gde je bačena dimna bomba u cilju maskiranja. Televizijska slika iako daje rezultate sa prirodnim bojama ne može da prikaže objekte iza dimne zavese. Termovizijska slika prikazuje sve objekte i jasno se uočava vojnik u pozadini. Sjedinjavanje ove dve slike ima za cilj da se svi objekti koji se nalaze na njima predstave u jednoj slici i na taj način omogućiti operateru da posmatra samo jedan kanal.

Algoritam za sjedinjavanje kolor televizijske slike sa monohromatskom termovizijskom slikom primenjen u ovom radu koristi za sjedinjavanje  $\alpha\beta$  kolor sistem [9]. Cilj sjedinjavanja je da topli objekti iz termovizijske slike predstave crvenom bojom u sjedinjenoj slici, a da se pri tome zadrži prirodnost boja koje sadrži televizijska slika [10]. Algoritam za sjedinjavanje je izabran iz razloga što se multikopteri na termovizijskoj slici prikazuju kao topli objekti i na ovaj način bi se istakli i dodatno alarmirali posmatrača ili neki od algoritama za detekciju ako se radi o autonomnom sistemu za osmatranje.

Algoritam koristi  $\alpha\beta$  kolor sistem iz razloga što su kanali slabo korelisani i promene na jednom od kanala u manjoj meri utiču na kompletnu sliku za razliku od RGB kolor sistema [9]. Pošto  $\beta$  kanal predstavlja crvenu boju sa pozitivnim vrednostima, odnosno zelenu sa negativnim, iskorišćeno je da se sjedinjavanje izvedu u njemu. Vrednosti i opsezi nivoa sivog piksela razlikuju se u  $\alpha\beta$  kolor sistemu i monohromatskoj slici te je najpre potrebno izvršiti usaglašavanje vrednosti i opsega prema jednačini:

$$I'_m = \frac{\sigma_\beta}{\sigma_m} (I_m - \mu_m) + \mu_\beta \quad (1)$$

gde je  $I_m$  vrednost piksela nivoa sivog monohromatske slike,  $\sigma_\beta$  i  $\sigma_m$  predstavljaju standardne devijacije  $\beta$  kanala kolor i monohromatske slike, a  $\mu_\beta$  i  $\mu_m$  su srednje vrednosti ovih kanala.

Sjedinjavanje se vrši pomoću Laplasove piramide za sjedinjavanje monohromatskih slika [3]. Tehnika sjedinjavanja je izbor apsolutnog maksimuma, odnosno uzima se vrednost piksela iz slike koja na nivou piramide ima veću apsolutnu vrednost. Kako bi se očuvala prirodnost kolor slike, informacije koje predstavljaju niže frekvencije, odnosno spore promene, uzeće se samo iz  $\beta$  kanala kolor slike. Sjedinjena kolor slika dobija se inverznom transformacijom  $\alpha\beta$  kolor sistema u RGB kolor sistem [9]. Sjedinjena kolor slika opisana ovom metodom za ulazne slike sa slike 1 prikazana je na slici 2. Na slici se jasno uočava čovek iza dimne zavese a prirodnost boja zgrada u pozadini je kompletno očuvana.



a)



b)

Sl. 1. Ulazne slike a) kolor televizijska i b) monohromatska termovizijska OCTEC sekvence.



Sl. 2. Sjedinjena kolor slika u  $\beta$  kanalu  $\alpha\beta$  kolor sistema.

### III. MULTISENZORSKI SISTEM

Za potrebe istraživanja napravljen je multisenzorski sistem za fuziju video signala. Sistem se sastoji od glave sa televizijskom i termovizijskom kamerom i motorizovanog nosača za usmeravanje multisenzorske glave (slika3). Termovizijska kamera je nehlađena FLIR tau2 rezolucije 640x480 piksela. Termovizijska kamera je analogna sa USB kontrolom i napajanjem. Optika na kameri je 100mm sa jednim vidnim uglom bez zuma. Televizijska kamera je firme The Imaging Source, maksimalne rezulucije 5 mega piksela i maksimalnih 115 frejmova u sekundi. Optika je integrisana sa kontinualnim zumom do 30 puta. Motorizovani nosač senzora (PAN-TILT) je nosivosti do 15kg sa pomeranjem po azimutu od 0 do 359<sup>0</sup> i po elevaciji  $\pm 45^0$ . Brzina kretanja je do 32<sup>0</sup>/s.

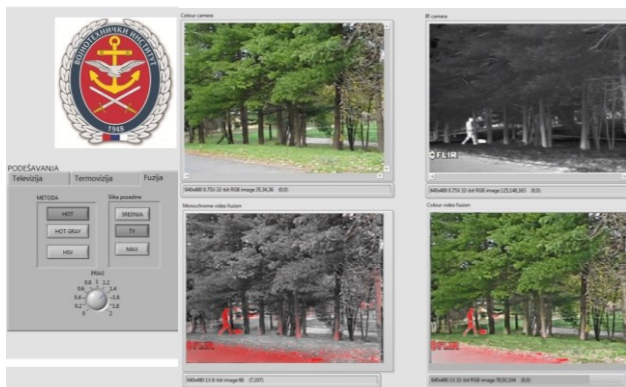


Za akviziciju, obradu video sekvenci, kontrolu i upravljanje korišćen je National Instruments PXI sistem sa i7 procesorom i 8GB RAM memorije. Konverzija analognog signala u digitalni termovizijske kamere vrši se na PXI kartici koja je smeštena u kućištu računara, dok je upravljanje preko USB porta. Televizijska kamera je povezana preko LAN priključka na PXI platformu sa POE napajanjem.

Softver za akviziciju i sjedinjavanjem video sekvenci u realnom vremenu napravljen je u LabView programskom paketu. Korisnički interfejs sadrži prikaz ulaznih video sekvenci u gornjem desnom uglu i sjedinjavanje videa sa dve metode sjedinjavanja (monohromatsko i kolor) u donjem desnom uglu (slika 4). Sa leve strane su tasteri koji određuju parametre ulaznih videa, izbor metoda za sjedinjavanje i parametre sjedinjavanja.



Sl. 3. Multisenzorski sistem.



Sl. 4. Softver za video sjedinjavanje multisenzorskog sistema.

#### IV. ANALIZA REZULTATA

Za primenu multisenzorskog osmatranja u cilju detekcije i praćenja multikoptera uzeta su dva primera televizijskih i termovizijskih slika. Takođe, sjedinjena slika koja treba da obuhvati informacije iz obe ulazne slike biće analizirana.

Prvi primer uzet je kada se multikopter nalazi iznad horizonta. U ovom primeru vidljivost je smanjena, tako da se multikopter, kao i objekti na sceni teže uočavaju u televizijskoj slici (slika 5). Kod termovizijske slike nema razlike u odnosu na doba dana, pa samim tim je i multikopter jasno uočljiv u odnosu na pozadinu (slika 6). Daljina multikoptera je nekoliko stotina metara, što predstavlja problem za detekciju kada su u pitanju ovako

mali objekti.

U slučaju sjedinjavanja ulaznih slika, posmatrač ne mora da istovremeno gleda u oba kanala, što mu značajno olakšava detekciju objekata od interesa. Sjedinjena slika dobro prenosi informacije iz obe ulazne slike (slika 7). Kao što je bio cilj sjedinjavanja, topli objekti predstavljeni su crvenom bojom, sam tim su i uočljivi za posmatrača.



Sl. 5. Kolor televizijska slika multikoptera iznad horizonta.



Sl. 6. Termovizijska slika multikoptera iznad horizonta.



Sl. 7. Sjedinjena kolor slika multikoptera.

Drugi primer predstavlja slučaj kada se multikopter nalazi ispod horizonta. U ovom slučaju pozadina nije tako čista kao u prvom slučaju. U pozadini mogu da se nađu razni objekti. Poseban je slučaj gradske sredine kada multikopteri mogu da budu gotovo neuočljivi od zgrada.

Na televizijskoj slici (slika 8) jasno je uočljiv multikopter zahvaljujuću velikom kontrastu između objekta i pozadine (multikopter je bele, dok je pozadina zelene boje). Multikopter je na daljini od oko sto metara i uočljive su njegove konture, gde je moguće prepoznati i model.

Multikopter na termovizijskoj slici je manje uočljiv

nego na prethodnoj (slika 9). Razlog smanjene detekcije predstavlja što je snimak napravljen na samom poletanju multikoptera. Multikopter još nije dostigao radnu temperaturu, samim tim je na termovizijskoj slici sa manjim kontrastom u odnosu na pozadinu.

Sjedinjena slika i u ovom slučaju prenosi informacije iz obe ulazne slike (slika 10). Iako je multikopter na termovizijskoj slici slabije uočljiv, u sjedinjenoj je predstavljen crvenom bojom, što pokazuje posmatraču da je u pitanju neki od objekata od interesa. Sjedinjena slika zadržava prirodnost boja i kontrast koji je izražen na televizijskoj slici.



Sl. 8. Kolor televizijska slika multikoptera ispod horizonta.



Sl. 9. Termovizijska slika multikoptera ispod horizonta.



Sl. 10. Sjedinjena kolor slika multikoptera ispod horizonta.

#### V. ZAKLJUČAK

Multikopteri kao široko dostupani sistemi 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.

Multisenzorski sistemi koji u ovom slučaju sadrže kolor televizijsku i monohromatsku termovizijsku kameru mogu uspešno detektovati i prepoznati multikoptere. Sjedinjavanjem ovih slika dobija se jedna slika koja sadrži informacije iz obe ulazne slike, zadržavajući prirodnost i strukture. Takođe, posmatraču je lakše da izvrši detekciju multikoptera iz sjedinjene slike jer su oni kao topli objekti predstavljeni crvenom bojom. Isto tako posmatrač umesto dve gleda samo jednu sliku.

Istraživanje je prikazalo iskustva samo sa multikopterima, ali se isti princip može primeniti i na ostale besposadne letelice.

#### LITERATURA

- [1] S. Li, X. Kang, L. Fang, J. Hu, H. Yin, "Pixel-level image fusion: A survey of the state of the art", *Information Fusion* 2017, 33, 100-112.
- [2] N. Fejsov, I. Tubin, "Mogućnosti ometanja sistema za upravljanje letom radio kontrolisanih multikoptera", *YU INFO* 2015, Kopaonik 08-11.03.2015. godine.
- [3] P. Burt, E. Adelson, "The Laplacian pyramid as a compact image code", *IEEE Transactions on Communication*, COM-31,1983, pp. 532-540
- [4] H. Li, B.S. Manjunath and S.K. Mitra, "Multisensor image fusion using the wavelet transform," *Graphical Models and Image Processing* Vol. 57, No. 3, pp. 235-245, May 1995.
- [5] A. Toet, M. Hogervorst. "Progress in color night vision." *Optical Engineering* 51.1 (2012): 010901-010901.
- [6] Q. Xiaoyan, W. Yujin, W. Bangfeng, "Fast color contrast enhancement method for color night vision" *Infrared Physics & Technology* (2011) 122- 129
- [7] Z. Xiuqiong, C. Qingli, M. Tao, "Comparison of fusion methods for the infrared and color visible images," *icesit*, pp.421-424, 2009.
- [8] R. Pavlovic, V. Petrovic, B. Bondzolic, "Fusion of colour and monochromatic images with chromacity preservation", *Information Fusion (FUSION)*, 2012 15th International Conference on Publication Year: 2012, pp. 1963 - 1969
- [9] A. Ruderman, O.R. Joubert, M. Fabre-Thorpe, "Statistics of cone responses to natural images: implications for visual coding", *Journal of the Optical Society of America*, Volume 15(8), 1998, pp. 2036-2045.
- [10] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, P. Shirley, "Color transfer between images", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Volume 21(5), 2001, pp. 34-41.

#### ABSTRACT

**In this paper multisensor image fusion for the purpose of detection of multicopters is given. Color television and thermal camera in the multisensor system are used and as the final output to the observer, a fused image is displayed. The fusion in the  $l\alpha\beta$  color system is performed, where the warm objects from the thermal image are shown in red. The results show that the multicopter is more detectable in the fusion image than on the input one, while the color nature and objects of the television image are also retained.**

#### MULTISENSOR IMAGES FUSION FOR MULTICOPTER DETECTION

Rade Pavlović, Vladimir Petrović

# Nove FinTech - efikasne finansijske usluge bazirane na ICT

Jelena Jauković, e-mail: jelena.jaukovic@gmail.com

**Sadržaj** — Ovaj rad se bavi primjenom ICT u savremenim finansijskim uslugama. Jedan dio problema u finansijskom sektoru posljedica je zastarjelosti finansijskih sistema u današnjem dobu globalizacije tržišta i razvoja informacionog društva. U radu su analizirani neki od ovih problema i prezentovani savremeni koncepti i tehnologije rješavanja tih problema (mreže, sharing economy, blockchain, FinTech). U radu su analizirana dva svjetska rešenja koja nude kompanije Stellar i Ripple, a koja se odnose na doznake, mikroplaćanja i funkcionisanje međunarodnog platnog prometa. U radu su dati primjeri međunarodnih transakcija koje se realizuju novim FinTech rješenjima koja omogućavaju poravnanje transakcija za 3 do 6 sekundi umjesto sadašnjih 2 do 5 dana.

**Gljučne riječi** — blockchain, FinTech, sharing economy

## I. UVOD

Zastarjelost finansijskih sistema predstavlja veliko ograničenje savremenog finansijskog poslovanja, što podrazumijeva veće troškove i vrijeme potrebno za zaključivanje osnovnih transakcija. Jedan dio problema tradicionalnog sistema odnosi se na visoke troškove doznaka, probleme uključivanja fizičkih lica u finansijski sistem, problem izolovanih finansijskih sistema. U tom smislu, prema podacima Svjetske banke, preko dvije milijarde ljudi u svijetu nema pristup finansijskim uslugama koje nude regulisane institucije [1]. Prosječni trošak doznaka na globalnom nivou je preko 7,4% [2], a plaćanje faktura u međunarodnoj trgovini podrazumijeva visoke troškove. Sve ovo je posljedica zastarjelog, neefikasnog, kompleksnog sistema koji se nije mnogo promijenio decenijama unazad.

Moguća rješenja za neke od ovih problema na bazi primjene ICT pojavila su se u posljednjih nekoliko godina. U ovom radu ispituje se na koji način ova rješenja mogu uticati na sharing economy u finansijskom svijetu, odnosno na promjenu paradigme finansijskih usluga u društveno-ekonomskom kontekstu. Finansijski servisi su sve više usredsređeni na pojedinca i pokušavaju da odgovore ljudskim potrebama u ovoj oblasti.

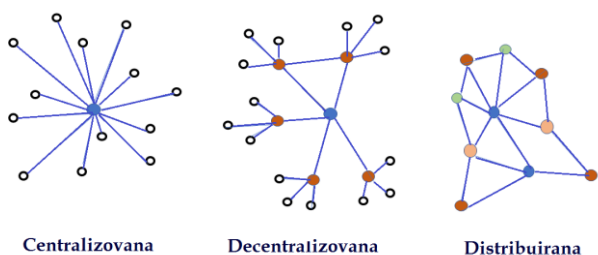
U radu su prvo predstavljeni koncepti: mreže i njihov razvoj, koncept sharing economy, koncept sistema distribuirane knjige. Slijedi prikaz koncepta *blockchain*-pojam koji se odnosi na tehnologiju distribuiranih registara i koji se predstavlja kao moćna alternativa postojećim infrastrukturama kao i koncepta različitih konsenzusnih mehanizama koji podržavaju ovu tehnologiju. U finalnim

djelovima rada analiziran je sektor FinTech, odnosno sektor kompanija koje su iskoristile tehnološke vještine za pružanje finansijskih usluga na sasvim nov, pristupačniji način. Završni dio nudi opšti pregled servisa kao što su novčane doznake, mikroplaćanja i plaćanja u međunarodnom platnom sistemu, u kom su predstavljena dva rješenja koja nude kompanije Stellar i Ripple, zasnovana na blockchain tehnologiji.

## II. MREŽE – POVEZIVANJE PODATAKA, LJUDI I STVARI

Posljednjih decenija, Internet se razvio iz statičkog agregata hipertekstualnih dokumenata u dinamički univerzum ljudi, mašina i aplikacija. Razvoj socijalnih mreža i digitalnih platformi dovela je do veće razmjene znanja, vještina, boljeg korišćenja resursa, ukratko, do sharing ekonomije. Koncept *sharing economy* je kompleksan i ne postoji jedinstvena opšteprihvaćena definicija. Između ostalog, ovim pojmom se opisuje novi društveno-ekonomski ekosistem koji se gradi na bazi razmjene fizičkih i intelektualnih resursa. *Sharing economy* uključuje zajedničko stvaranje, proizvodnju, distribuciju, trgovinu i potrošnju dobara i finansijskih usluga od strane različitih ljudi i organizacija [3]. *Sharing economy* se razvija i teži konceptu usluga koje su izgrađene na bazi distribuiranih mreža ljudi i zajednica. Model *peer to peer* umrežavanja i tehnologija distribuiranih registara će vjerovatno biti suštinski elementi za razvoj sharing ekonomije. Peer to peer predstavlja model koji omogućava dijeljenje među članovima mreže u različitim sferama interesa, a tehnologija distribuirane knjige može igrati važnu ulogu u smislu povjerenja i sigurnosti u transakcijama u okviru ekosistema [4].

Distribuirana knjiga je zajednička lista dijeljenih i sinhronizovanih podataka koji su raspoređeni na različitim geografskim lokacijama. U cilju održanja integriteta, dostupnosti i fleksibilnosti podataka, podaci se repliciraju i sinhronizuju na svim lokacijama. Ovaj sistem ne predviđa jedinstvenog, centralnog administratora, kao što je to slučaj kod centralizovanih sistema. Ukoliko jedan čvor prestane da funkcionise, ostali čvorovi imaju kapacitet da održavaju glavnu knjigu, čime se smanjuje stopa neuspjeha transakcija i pruža mogućnost informacije u realnom vremenu [5].



Sl.1. Tipovi arhitektura mreža

Distribuirana knjiga koristi peer-to-peer mrežu za komunikaciju sa čvorovima koji su distribuirani geografski na više lokacija. Umjesto stvaranja brojnih kopija, jedan zapis služi kao izvor, eliminišući potrebu za usklađivanjem podataka i dodatnom obradom transakcije nakon zaključenja.

Blockchain tehnologija počiva na sistemu distribuirane knjige. Prva primjena ovog sistema u finansijskom sektoru je Bitcoin blockchain.

### III. TEHNOLOGIJA BLOCKCHAIN

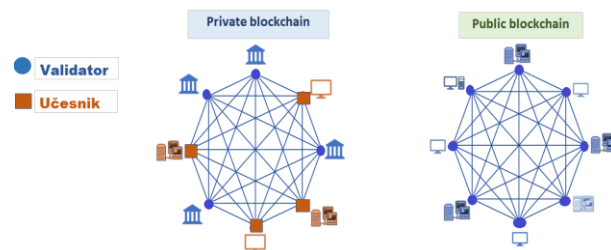
Blockchain nije zapravo jedna tehnologija. To je kombinacija različitih tehnologija, potrebnih za kreiranje registra, podržanog distribuiranim konsenzusom sa četiri glavne tehničke karakteristike [6]. To su:

1. *Decentralizacija*, jer blockchain ne počiva na jednom centralizovanom registru, već na distribuiranom registru, vidljivom za sve čvorove ili učesnike u mreži;
2. *Bezbijednost*, imajući u vidu da se koristi kriptografski javni ključ koji čini podatke transparentnim i istovremeno sigurnim;
3. *Neizmjenljivost*, jer mehanizam koji se koristi za bilježenje podataka na blockchain-u ne dozvoljava da se podaci jednom registrovani, izmijene ili brišu;
4. *Pouzdanost*, s obzirom da mehanizam saglasnosti, koji podržava blockchain, osigurava da je registar podataka pouzdan i uzajamno usaglašen.

Prva primjena ove vrste tehnologije je Bitcoin. Otuda i opšteprihvaćen naziv tehnologije - lanac blokova, s obzirom da su bitcoin mrežne transakcije pohranjene u obliku blokova. Bitcoin blockchain je otvorenog tipa odnosno "permissionless" (public). Postoje međutim i rješenja tipa "permissioned" (private) koja podrazumijevaju da svi učesnici na mreži budu unaprijed identifikovani.

Sa pojavom Bitcoin-a pokazano je da je moguće razviti drugačije vrste finansijskih sistema koji izazivaju one tradicionalne bez presedana. Međutim, ovaj sistem (bitkoin) predstavlja mnoštvo problema, među kojima su troškovi zbog prekomjerne upotrebe električne energije, anonimnost čvorova, što čini ovaj sistem neprikladnim za šire korišćenje, posebno u rigidnim sistemima koji su podvrgnuti strogoj regulaciji. Stoga bi se moglo reći da se najveći značaj Bitcoin-a ogleda u tome što je inspirisao razvoj alternativnih sistema koji zadržavaju iste karakteristike (decentralizaciju, pouzdanost,

nepromjenljivost podataka), ali su pogodniji za upotrebu u regulisanom finansijskom sistemu. Kratak prikaz najvažnijih karakteristika koje razlikuju privatni i javni tip blockchain-a dat je na Sl. 2.



	Private Blockchain (Permissioned)	Public Blockchain (permissionless)
<i>Dozvola pristupa mreži</i>	Autorizovan pristup	Otvoren pristup
<i>Usklađenost sa regulativom</i>	AML/KYC	Nisu regulisani
<i>Validatori</i>	Unaprijed selektovani validatori	Anonimni, decentralizovani validatori

Sl. 2. Public vs private blockchain: osnovne razlike

### IV. PROMJENA TEHNOLOŠKE PARADIGME

Jedan od modela razumijevanja savremenog svijeta je kroz paradigme računarske tehnologije. Ako posmatramo prethodnih nekoliko decenija, neke od najznačajnijih promjena paradigme označili su pojava personalnih računara, zatim internet revolucija, mobilno i društveno umrežavanje [7]. Mnogi autori navode kao potencijalnu dolazeću paradigmu za ovu deceniju umrežavanje zasnovano na blockchain tehnologiji.

U svojoj knjizi William Mougayar, *The Business Blockchain: Promise, Practice and Application of The Next Internet Technology*(2016) [8], predstavlja tri komplementarne definicije blockchain-a: tehničku, komercijalnu i pravnu.

Sa tehničkog aspekta objašnjava blockchain kao backend bazu podataka koja održava distribuiran registar koji se može otvoreno kontrolisati, dok na nivou biznisa, blockchain je mreža koja omogućava transfere vrijednosti između zainteresovanih strana, bez pomoći posrednika.

Što se tiče pravnog aspekta, blockchain se predstavlja kao zamjensko rješenje u odnosu na prethodno pouzdane entitete za validaciju transakcija.

### V. POUZDANI MEHANIZMI KONSENZUSA ZA FINANSIJSKE INSTITUCIJE

Potruga za pouzdanim mehanizmima konsenzusa za finansijske institucije koji su ujedno prihvatljivi i za regulatorne organe, dovela je do razvoja privatnih ili "permissioned" sistema. Ovakvi sistemi predviđaju da se svi učesnici mreže identifikuju u trenutku pristupa mreži, fleksibilniji su u pogledu korišćenog konsenzusnog mehanizma i ne zahtijevaju velike količine električne energije kao što je slučaj kod Bitkoin blockchain-a.



U ovom radu su predstavljena rješenja ponuđena od strane kompanija Ripple i Stellar. Prva je osnovana 2012. godine, druga u 2014. One predstavljaju decentralizovane mreže, tj. infrastrukture za prenošenje vrijednosti koje povezuju različite nivoe finansijskih institucija, ali i druge entitete. Karakteriše ih univerzalnost, odnosno mogućnost transfera nacionalnih valuta, digitalnih valuta i drugih oblika vrijednosti na sličan i jednostavan način kao što je slanje e-pošte.

Odgovornost za provjeru i validaciju transakcija se prenosi na učesnike mreže. Mehanizmi ovog tipa obezbjeđuju da svaki server, svaka institucija-član mreže izabere listu drugih učesnika/čvorova (Unique Node List), čiji se glasovi uzimaju u obzir prilikom određivanja konsenzusa [9]. Ovi sistemi su zaštićeni kriptografskim protokolima i omogućavaju poravnanje transakcija za nekoliko sekundi.

Stellar se fokusira na pitanja finansijskog uključivanja, smanjenja troškova mikroplaćanja i novčanih doznaka. Zbog toga je inicijalna faza projekta započela od najosjetljivijih regija u ovom kontekstu, u nekim regionima Afrike i Azije i na najznačajnijim tržištima novčanih doznaka - Indiji, Filipinima i Nigeriji - sa ukupnom tržišnom vrijednošću od preko 118 milijardi dolara. Fondacija Stellar, u ovom trenutku, saraduje sa raznim institucijama koje posluju kao pružatelji usluga transfera novca na međunarodnom nivou:

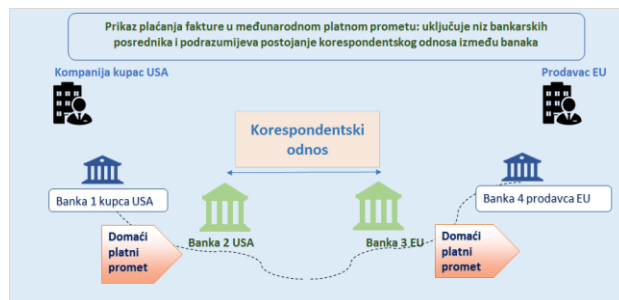
1. Stellar se udružio sa Fintech kompanijom Oradian. Zajedno razvijaju mrežu koja bi omogućila finansijske transfere između mikrofinansijskih organizacija u Nigeriji. U praksi, oni čine interoperabilnim sisteme koji su prethodno bili izolovani [10].
2. Pored toga, mrežna integracija Stellara i ovlaštenog evropskog operatera novčanih doznaka i glavnog pružaoca finansijskih usluga u jugoistočnoj Aziji omogućila je da se doznake šalju iz Evrope svima na Filipinima koji imaju registrovan broj mobilnog telefona, preko digitalnog novčanika. Primjer ovoga je dat na sajtu operatera Tempo Money Transfer, gdje su objašnjeni koraci potrebni za slanje novca putem Stellara, bez ikakvih troškova u ovom trenutku [11].

Jednom kada se institucija integriše sa Stellar mrežom, ona će imati neposredan pristup svim ostalim institucijama u mreži, omogućavajući svojim klijentima slanje i primanje novčanih transfera po niskoj cijeni i skoro u realnom vremenu.

Ova vrsta partnerstva predstavlja značajan pomak u funkcionisanju međunarodnih novčanih doznaka, pružajući pristup osnovnim finansijskim uslugama većem broju ljudi, što je jedan od faktora koji su bitni i za ekonomski razvoj.

Ripple se, sa druge strane, fokusirao na problem plaćanja u globalnoj trgovini, koji je posljedica današnjih sistemskih neuspjeha, zasnovanih na korespondentskim odnosima između banaka u različitim zemljama. Stoga su ponudili rješenje koje povezuje različite bankarske sisteme, omogućavajući poravnanje transakcija gotovo u

realnom vremenu i po drastično smanjenim troškovima. U ovom radu je, koristeći jednostavan primjer, izvršena komparativna analiza troškova transakcije plaćanja ka inostranstvu. Ova analiza je omogućila uvid u kompleksnost današnjeg sistema koji zahtijeva mnoštvo koraka i posrednika za pojedinačnu transakciju plaćanja fakture. Svaki korak nosi sa sobom trošak - naknadu svakog posrednika koji je uključen u izvršenje, a takođe povećava vrijeme i rizik poravnanja transakcije.



Sl. 3. Međunarodni platni promet: izazovi

	Banka kupca	Korespondentska banka kupca	Korespondentska banka prodavca	Banka Prodavca	
Kupac: Firma A	Banka 1	BANKA 2	BANKA 3	Banka 4	Prodavac: Firma B
	USA		EU		



	Banka 1	Banka 2	Banka 3	Banka 4
TROŠKOVI transakcije	izdavanje naloga	Nalog korespondentskoj banci	Trošak konverzije USD->EUR (margina 2%)	izvršenje naloga
	15 \$	25 \$	100 \$	15 \$

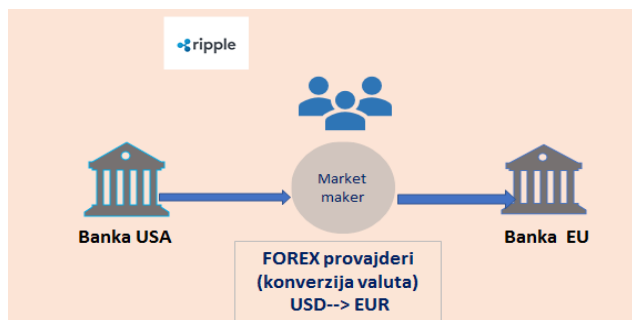
Ukupan trošak izvršenja transakcije : 155 \$

Sl. 4. Simulacija plaćanja u međunarodnom platnom prometu : Pregled troškova transakcije

Izvršenje fakture u postojećem međunarodnom platnom prometu podrazumijeva učešće više banaka u procesu (četiri u prikazanom primjeru), od kojih makar dvije moraju imati uspostavljen korespondentski odnos. Svaki dodatni učesnik nosi sa sobom i dodatni trošak na teret klijenta nalogodavca. Pored pojedinačnih tarifa banaka za izvršenje naloga, značajan je i trošak same konverzije valuta i margine koju banka primjenjuje na tržišni kurs (u primjeru: 2%).

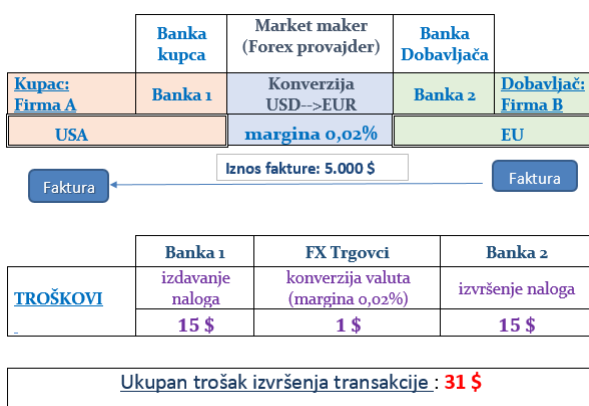
Infrastruktura Ripple, s druge strane, omogućila je zaobilazanje pojedinih koraka transakcije, kao i rješavanje problema vremena potrebnog za poravnanje i povezanih rizika. U praksi, mehanizam protokola Ripple nudi mogućnost direktnog povezivanja strana (lokalnih banaka) uključenih u transakciju, eliminišući potrebu za posrednicima kao što su velike korespondentske banke, sa kojima se povezuju veći troškovi transakcije u međunarodnom sistemu plaćanja. Ripple je uspio da razvije partnerstva sa velikim bankama, uključujući Unicredit, Santander, UBS, Bank of America, konzorcijum

od 40 japanskih banaka, a takođe je saradivao na projektu sa Centralnom bankom Engleske. Iako su ovi projekti u velikoj mjeri u eksperimentalnoj fazi, napreduju brzo ka komercijalnoj fazi.



Sl. 5. Simulacija plaćanja fakture preko mreže Ripple

U slučaju transfera preko Ripple mreže, pošiljaoca interesuje samo jedna naknada, a to je margina primijenjena na kurs konverzije valuta, koja je minimizirana zahvaljujući algoritmu koji Ripple koristi da pronađe najbolju ponudu od umreženih forex provajdera [12].



Sl.6. Pregled troškova u simulaciji ino-plaćanja preko mreže Ripple

Na Sl. 6 prikazana je simulacija plaćanja ka inostranstvu preko Ripple mreže kao i pregled troškova vezanih za transakciju. Ripple je omogućio direktno povezivanje dvije banke i eliminisao potrebu za dodatnim učesnicima u procesu, kao što su korespondentske banke. Samim tim i troškovi transakcije kao i vrijeme potrebno za poravnanje transakcije su smanjeni, zbog manjeg broja učesnika i zbog algoritma koji se koristi da pronađe najbolju ponudu (najnižu marginu) forex trgovaca (u primjeru:0,02%).

## VI. ZAKLJUČAK

Širom svijeta se posvećuje sve više pažnje potencijalu blockchain tehnologije za rješavanje izazova ekonomskog razvoja. Zagovornici ove tehnologije upućuju na značaj koji ista pruža u smislu prevazilaženja potrebe za određenim posrednicima, što bi svakako olakšalo i ubrzalo razmjenu i trgovanje. Ipak, projekti su većinom u inicijalnoj fazi. Dakle, prerano je dati konačan zaključak o

rezultatima i uticajima u monetarnom, ekonomskom i društvenom smislu. Obećanja nove tehnologije su mnogobrojna i vrlo ambiciozna:

- prevazilaženje neefikasnosti u finansijskom sistemu
- smanjenje troškova, povezivanje institucija i ljudi koji prethodno nisu imali mogućnost pristupa finansijskim sistemima
- redefinisane koncepta sigurnosti podataka, olakšavanje razmjene.

Naravno, kao i kod svih novih tehnologija, ostaje neka rezidualna neizvjesnost u smislu difuzije, tehničkih rizika, regulacije. U cilju bržeg napredovanja ka komercijalnoj fazi, neophodna je bliska saradnja organizacija koje razvijaju rješenja na bazi blockchain-a sa regulatornim institucijama kako bi se osiguralo zakonsko i regulatorno okruženje koje podržava korišćenje tih rješenja.

Uprkos neizvjesnim rezultatima, evolucija finansijskog sektora ne može biti zaustavljena i ono što je evidentno je da ekosistem finansijskog sektora prolazi kroz duboke transformacije i da finansijske institucije preuzimaju drugačiju ulogu koja bolje odgovara svijetu u kojem sve više dominira *sharing economy*.

## LITERATURA

- [1] World Bank, "Understanding Poverty/ Financial Inclusion/ Overview", last updated April 05,2017, available <http://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/overview>
- [2] World bank, "Remittance Prices Worldwide", Issue 21, Mar 2017, available [https://remittanceprices.worldbank.org/sites/default/files/rpw\\_report\\_march\\_2017.pdf](https://remittanceprices.worldbank.org/sites/default/files/rpw_report_march_2017.pdf)
- [3] Benita Matofska, article "What is Sharing economy?", published Sept 01, 2016, available <http://www.thepeoplewhoshare.com/blog/what-is-the-sharing-economy>
- [4] Accenture Labs, "Distributed computing in human-centered economy", 2017, available [https://www.accenture.com/t00010101T000000Z\\_w\\_/au-en/acnmedia/PDF-53/Accenture-Distributed-Computing-POV-web.pdf](https://www.accenture.com/t00010101T000000Z_w_/au-en/acnmedia/PDF-53/Accenture-Distributed-Computing-POV-web.pdf)
- [5] Greeshma R Nair, Shoney Sebastian, "Blockchain Technology Centralised Ledger to Distributed Ledger", International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 - 0056 Volume: 04 Issue: 03 | Mar -2017
- [6] Cian Burke, "Getting value from blockchain", Euromoneyseminars, available <http://www.euromoneyseminars.com/articles/3562064/getting-value-from-blockchain.html>
- [7] Melanie Swan, *Blockchain - Blueprint for a New Economy*, Oreilly 2015
- [8] William Mougayar, *The Business Blockchain: Promise, Practice and Application of The Next Internet Technology*, 2016
- [9] D.Schwartz,N.Youngs,A.Britto, "The Ripple Protocol Consensus Algorithm", Ripple Labs Inc, 2014, available [https://ripple.com/files/ripple\\_consensus\\_whitepaper.pdf](https://ripple.com/files/ripple_consensus_whitepaper.pdf)
- [10] Kim Joyce, "Introducing Oradian: The Stellar-powered Software that serves 300.000 people", Feb 02, 2016, available <https://www.stellar.org/blog/introducing-oradian/>
- [11] Jed McCaleb, "The Philippines is now connected to Stellar", Dec 06, 2016, available <https://www.stellar.org/blog/global-partnerships/>
- [12] P. Rapoport, P. Griffin, R. Leal, W. Sculley, "The Ripple Protocol: A deep dive for Finance Professionals", (Nov 2014), available <http://www.the-blockchain.com/docs/Ripple%20Protocol%20-%20Deep%20Dive%20For%20Financial%20Professionals.pdf>

# Analiza rada trofaznih mostnih invertora i verifikacija rezultata simulacijom rada u izabranom programu

Bojan Prlinčević, Slobodan Bjelić

**Sadržaj** — Analiziran je rad trofaznog IGBT invertora pri opterećenjima različitog karaktera, čisto aktivnog i  $RL$  i  $RC$  opterećenja. Izvedene su opšte relacije za trenutne vrednosti struja i napona u uslovima tri tipa simetričnih opterećenja. Na dijagramima su prikazani vremenski tokovi napona na izlanim krajevima invertora i na samom opterećenju. Analitički metod verifikovan je rezultatima simulacije u adaptiranom programu MATLAB, psb3phPWM. Analiziran je i simuliran proces sistema trofaznog mostnog invertora u uslovima promene  $R-L$  opterećenja koje predstavlja indukcion motor u uslovima promene  $R-L$  parametara.

**Ključne reči** — Load, Model, Simulation, Three-phase inverter, Transient state.

## I. UVOD

Najveći broj invertora koriste šeme mosta sa uglom upravljanja  $\alpha = \pi$ ,  $\alpha = 2\pi/3$ . Poređenjem relacija koje se odnose na rad invertora kada  $\alpha$  ima jednu od ove dve vrednosti [1], može se pokazati da se najbolji uslovi za rad dobijaju kada je  $\alpha = \pi$  ili za vrednosti koje su njoj bliske. U ovom radu je razmatran rad invertora u uslovima 3-faznih mostnih šema.

Višefazni inverter sa uglom  $\alpha = \pi$  i simetričnim opterećenjem faza, sa aspekta teorijske elektrotehnike predstavlja generator nesinusnog (pravougaonog) napona čiji oblik napona ne bi smeo da zavisi od karaktera opterećenja i načina spajanja grana tog opterećenja (u trofaznom sistemu trougao ili zvezda). Dakle, tako obrazovani invertori po IEC standardu pripadaju sistemima koji imaju nepromenljivu strukturu elektroenergetskog kola. Međutim, analitički dobijene relacije i rezultati simulacije pokazaće da postoje izvesna odstupanja u vezi sa ovim pretpostavakama.

Procesi u ovakvim kolima su opisani diferencijalnim jednačinama sa konstantnim koeficijentima koje svoju strukturu održavaju u svim vremenskim intervalima procesa. Ako se po ovom metodu i pretpostavci određuju vremenski oblici faznih napona invertora, dovoljno je

razmotriti šta se događa u energetskom kolu u toku jednog intervala u uslovima simetrije svih faznih napona.

Tranzijentni procesi zavise od karaktera opterećenja, sprege namotaja transformatora, načina upravljanja invertora – ugla upravljanja i vrste invertora, i njegove šeme. Opterećenje invertora je, u ovom slučaju prema šemi priključeno preko transformatora. Njegovi primarni namotaji su spojeni u trougao  $D$ , a sekundarni namotaji su spregnuti u zvezdu  $Y_g$ , da bi se smanjio uticaj harmonika koji se mogu utrostručiti, i tako se smanjuje snaga invertora. Harmonici koji su posledica sprege transformatora se mogu detektovati simulacijom procesa pomoću izabrane šeme, u nastavku, i adaptiranog dela paketa psb3phPWM. U šemi simulacije, simetrično opterećenje trofaznog sistema može da bude spojeno u zvezdu ili trougao, a u primeru, u ovom radu, izabrana je sprega opterećenja u zvezdu.

Predpostavljeno je, radi lakšeg teorijskog - analitičkog postupka i dobijanja tačnijih relacija da realni (ne idealni) transformator ima prenosni odnos  $n_T = N_1 / N_2 = 1$ . U proceduri izbora elemenata za šemu simulacije je unet transformator prethodno opisanih karakteristika.

Rad je organizovan na sledeći način: u sekciji II su izvedene opšte relacije za trenutne vrednosti struja i napona u uslovima tri tipa simetričnih opterećenja ( $R$ ,  $RL$ ,  $RC$ ); u sekciji III prikazana je simulacija i dati su rezultati i analiza rezultata. Zaključak je dat u sekciji IV.

## II. OPŠTE RELACIJE ZA TRENUTNE VREDNOSTI STRUJA I NAPONA ZA $R$ , $RL$ I $RC$ OPTEREĆENJA

Struja opterećenja  $i_{ld}$  za omsko-induktivna opterećenja određuje se kao reakcija kola opterećenja na periodični napon, parcijalno pravougaonog oblika [2]  $u_{ld}$ :

$$i_{ld} = I_0 \left[ 1 - 2e^{-k \cdot v} / (1 + a^3) \right] (0 \leq v \leq \pi). \quad (1)$$

gde su:  $I_0 = V_d / R_{ld}$  - bazna vrednost struje,  $k = (R_{ld} / \omega L_{ld})$  - parametar opterećenja (za višefazne šeme),  $R_{ld}$  i  $L_{ld}$  - otpornost i induktivnost opterećenja jedne faze,  $v = \omega t$  - nezavisno promenljiva ugla vremena,  $a = e^{-k\pi/3}$  - opšti koeficijent.

Parametri kola opterećenja, izvora i opreme invertora određuju se prema vrednostima parametra  $k$  kola opterećenja. Efektivna vrednost napona na opterećenju je  $V_{ld} = V_d$ , a efektivna vrednost struje je:

$$I = I_0 \sqrt{1 + \left\{ 2(a^3 - 1) / [k\pi(a^3 + 1)] \right\}^2}. \quad (2)$$

Maksimalna vrednost struje opterećenja je:

$$I_m = I_0 (1 - a^3) / (1 + a^3). \quad (3)$$

Bojan Prlinčević (autor za kontakte), Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija Zvečan u Zvečanu, Nušićeva 6, 38227 Zvečan, Srbija (telefon: 381-64-2192267, e-mail: prlincevic@hotmail.com).

Slobodan Bjelić, Fakultet Tehničkih Nauka Kos. Mitrovica, Kneza Miloša, 38220 Kos. Mitrovica, Srbija (telefon 381-184223383, e-mail: slobodan.bjelic@pr.ac.rs)

Trenutak prolaska struje opterećenja kroz nulu je tačka u kojoj je  $v_I = \sigma$ , pa je:

$$\sigma = (1/k) \ln \left[ 2 / (1+a^3) \right]. \quad (4)$$

Srednja i efektivna vrednost struje dioda u  $0 \leq v \leq \sigma$  je:

$$I_{V_{sr}} = \frac{I_0}{2\pi} \left[ \frac{1-a^3}{k(1+a^3)} - \sigma \right]. \quad (5)$$

$$I_V = I_0 \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[ \frac{1+2a^3-3a^6}{2k(1+a^3)^2} - \sigma \right]}. \quad (6)$$

Srednja i efektivna vrednost struja tiristora u  $\sigma \leq v \leq \pi$ :

$$I_{Vsr} = \frac{I_0}{2\pi} \left[ \pi - \sigma - \frac{1-a^3}{k(1+a^3)} \right]. \quad (7)$$

$$I_V = I_0 \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[ \pi - \sigma - \frac{3-2a^3-a^6}{2k(1+a^3)} \right]}. \quad (8)$$

Srednja vrednost struje izvora napajanja je:

$$I_d = I_0 \left[ 1 + \frac{2(a^3-1)}{k\pi(1+a^3)} \right]. \quad (9)$$

Ugao u toku koga tiristor provodi je:

$$\alpha = \omega\pi / \omega_o = \pi / \sqrt{(1/F) - (B^2/4)}. \quad (10)$$

gde je  $B = 1/(\omega CR)$  - koeficijent opterećenja,  $F = \omega LL_d C / (L_d = L)$  - koeficijent frekvencije [3]:

Aktivna i prividna snaga opterećenja iznosi:

$$P = V_d I_d = V_d I_0 \left[ 1 + \frac{2(a^3-1)}{k\pi(1+a^3)} \right]. \quad (11)$$

$$S = V_d I = V_d I_0 \sqrt{1 + \frac{2(a^3-1)}{k\pi(1+a^3)}}. \quad (12)$$

Faktor snage opterećenja je:

$$\cos \phi_{da} = \frac{P}{S} = \sqrt{1 + \frac{2(a^3-1)}{k\pi(1+a^3)}}. \quad (13)$$

Trenutna vrednost međufaznog napona i struja na opterećenju mogu se izraziti u vidu numeričkog niza:

$$u_{abld}(v) = \frac{2U_d}{\pi} \sum_{h=1}^{\infty} \frac{\sin(hv)}{h} [1 - (-1)^h]. \quad (14)$$

Struja se u slučaju opšteg opterećenja može računati samo po pravilima za rezonantne invertore obzirom na prisutne induktivnosti transformatora i opterećenja i prisustvo kapacitivnosti u opterećenju. Tada je relacija koja ukazuje na pozitivan uticaj kapacitivnosti u smislu smanjenja uticaja harmonika na struje opterećenja, prema sl.1:

$$i_{ld}(v) = \frac{2V_d}{\pi} \times \sum_{h=1}^{\infty} \frac{\sin(hv - \phi_h)}{h \sqrt{(R_r + R_{ld})^2 + [h\omega(L_r + L_{ld}) - (\frac{1}{h\omega C_{ld}})]^2}} [1 - (-1)^h]. \quad (15)$$

Jednačina (16) u nastavku, koja se može naći u mnogim radovima nije korektna jer ne uzima u obzir sve parametre u rezonantnom kolu (u ovom slučaju otpornost i induktivnost transformatora). Jednačina (16) može da važi u idealnom slučaju za  $RL$  opterećenje pod uslovom da je transformator idealan (kolo ne sadrži aktivnu otpornost i induktivnost).

$$i_{ld}(v) = \frac{2V_d}{\pi} \sum_{h=1}^{\infty} \frac{\sin(hv - \phi_h)}{h \sqrt{R_{ld}^2 + (h\omega L_{ld})^2}} [1 - (-1)^h]. \quad (16)$$

gde je  $\phi_h = \arctg(h\omega L_{ld}) / R_{ld}$  fazni stav za harmonik  $h$  u ekvivalentnom delu kola opterećenja.

Ako inverter napaja trofazno opterećenje sa spregom zvezde,  $Y_g$ , svaka od faza A, B, C, je alternativno uključena sa druge dve koje su tada spojene paralelno. Efektivna vrednost faznog napona na invertora je [3]:

$$V_{ph} = \sqrt{2} \frac{V_d}{3}. \quad (17)$$

Efektivna vrednost faznog napona na opterećenju treba da iznosi  $V_{ld} = V_{ph} = V_d$ .

Trenutna vrednost fazne struje u odvojenim intervalima je [2]:

$$i_A(v) = \frac{V_d}{3R} \left[ 1 - \frac{(1+a)(2-a)}{1+a^3} e^{-kv} \right] \left( 0 \leq v \leq \frac{\pi}{3} \right). \quad (18)$$

$$i_A(v) = \frac{V_d}{3R} \left[ 2 - \frac{(1+a)^2}{1+a^3} e^{-kv} \right] \left( \frac{\pi}{3} \leq v \leq \frac{2\pi}{3} \right). \quad (19)$$

$$i_A(v) = \frac{V_d}{3R} \left[ 1 + \frac{(1+a)(1-2a)}{1+a^3} e^{-kv} \right] \left( \frac{2\pi}{3} \leq v \leq \pi \right). \quad (20)$$

U toj fazi efektivna vrednost napona tada iznosi  $(V_d/3)$  a efektivna vrednost struje opterećenja je:

$$I_d = I_{line} = \frac{\sqrt{2}}{3} I_0 A. \quad (21)$$

gde je

$$A = \sqrt{1 - [3/(2k\pi)] \left[ (1-a^2)/(1-a+a^2) \right]}. \quad (22)$$

gde je  $A$  konstanta definisana odnosom struje  $I_f = I_d$  dobijene u invertoru i efektivne vrednosti struje opterećenja  $I_0$ .

Srednja vrednost struje izvora napajanja je:

$$I_d = \frac{2}{3} I_0 A^2. \quad (23)$$

Aktivna i puna (prividna) snaga opterećenja su:

$$P = V_d I_d = \frac{2}{3} V_d I_0 A^2; \quad \Leftrightarrow S = 3V_{ph} I_{ph} = \frac{2}{3} V_d I_0 A. \quad (24)$$

Faktor snage opterećenja je:

$$\cos \phi_{da} = \frac{P}{S} = A. \quad (25)$$

### III. SIMULACIJA OSNOVNE ANALIZE SISTEMA INVERTOR – TRANSFORMATOR DY, OPTEREĆENJE $R, RL$ I $RC$

Za simulaciju i verifikaciju korišćen je adaptirani deo paketa psp3phPWM prema [1] - [6]. Trofazni inverter radi sa frekvencijom 50 Hz. Svi parametri elemenata šeme za simulaciju su prikazani na sl.1. Adaptirana šema za simulaciju u cilju verifikacije modela je data na sl. 1. i obuhvata PWM inverter  $IGBT$  iz  $DC$  izvora 400 V. Inverter generiše trofazni sinusoidni napon promenljive frekvencije za napajanje tri tipa opterećenja aktivnog, aktivno - induktivnog i aktivno - kapacitivnog.

*Simulacija:* Posle prelaznog procesa sistem postiže stacionarno stanje. Snimaju se talasni oblici  $DC$  spoja, izlaza invertora i petlji u Scope1. Harmonici generisani u invertoru vidljivi su na dijagramima, naročito u slučaju aktivnog i aktivno - induktivnog opterećenja a manje su приметni u slučaju aktivno - kapacitivnog opterećenja.

Očekivana amplituda napona na opterećenju je 294 V

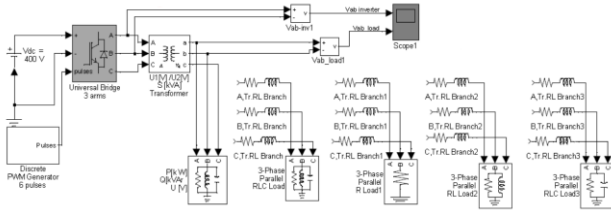


(efektivna vrednost napona za spregu opterećenja zvezda je 230 V). U stacionarnom režimu prosečna vrednost indeksa modulacije je  $m = 0.77$ , srednja vrednost DC napona je 780 V.

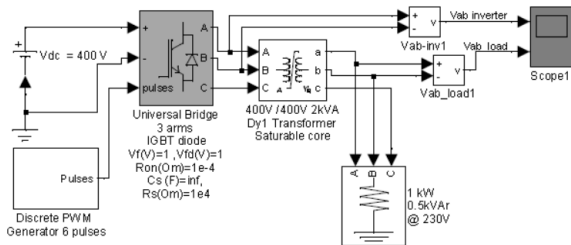
Osnovnu komponentu napona (50 Hz) stvara inverter komutacijom, dakle  $V_{ab}$  fundamentalni inverter:

$$V_{ab} = (m/2)V_{dc} \sqrt{3} \text{Voltspeak} = 0.85 \times 0.866 \times 400 = 294V$$

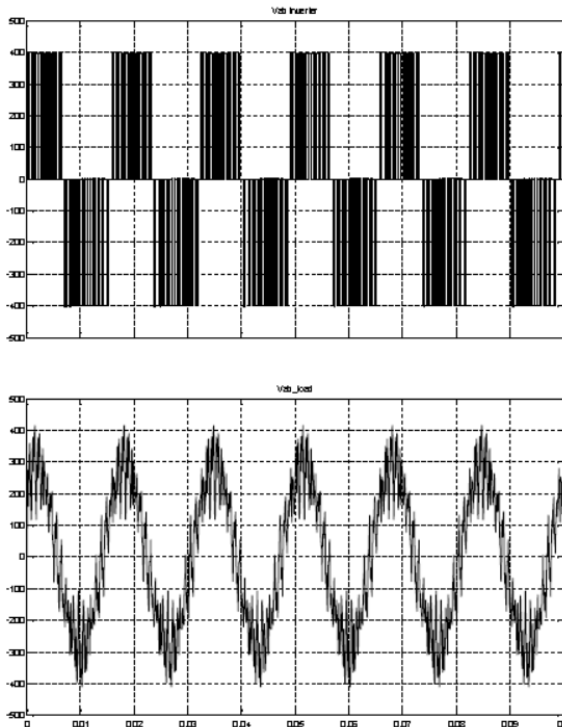
Scope 1 sadrži napon invertora  $V_{ab}$ , napon opterećenja  $V_{ld}$ .



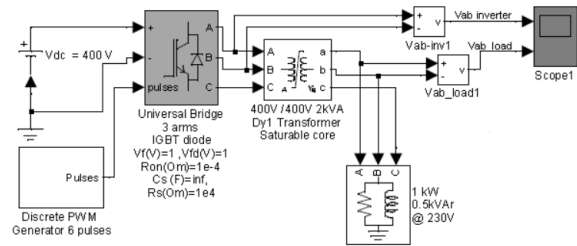
Sl. 1. Šema za simulaciju rada invertora PWM (IGBT) koji proizvodi 3.-fazni sinusni napon 50Hz i napaja: aktivno, aktivno – induktivno i aktivno - kapacitivno opterećenje.



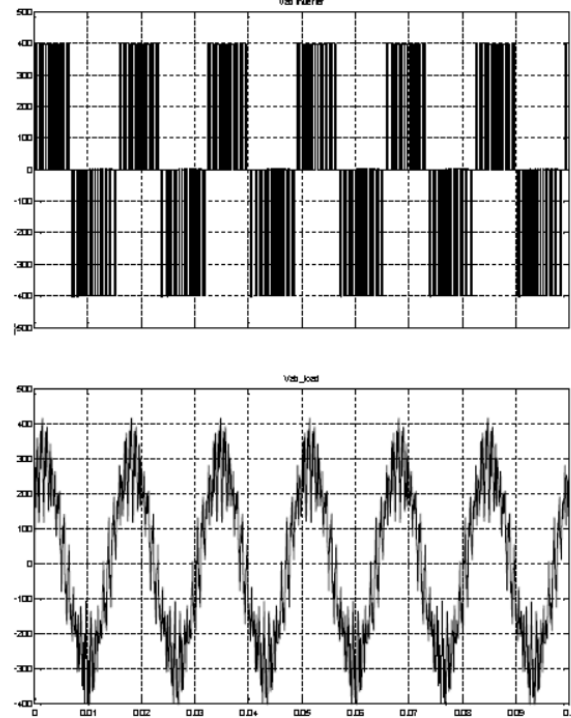
Sl. 2. Šema invertora koji napaja aktivno opterećenje  $1R : P = 1kW$ .



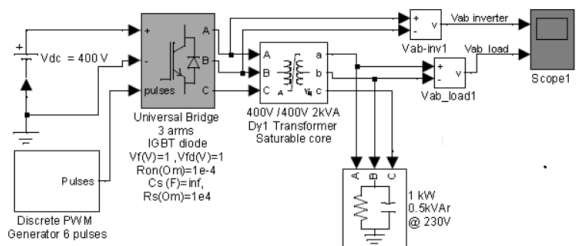
Sl. 3. Dijagrami napona invertora koji napaja aktivno opterećenje  $1R : P = 1kW$ .



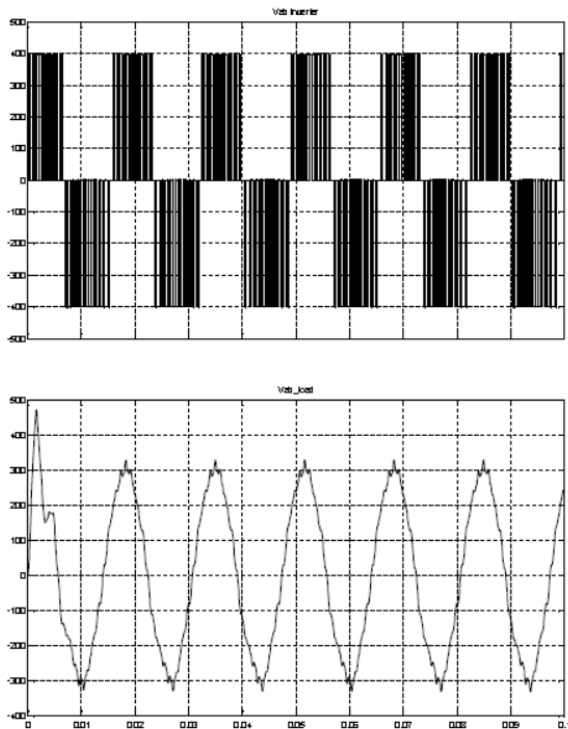
Sl. 4. Šema invertora za aktivno - induktivno opterećenje  $2RL : P = 1kW, Q_L = 0.5kVA$ .



Sl. 5. Dijagram napona za aktivno - induktivno opterećenje  $2RL : P = 1kW, Q_L = 0.5kVA$ .



Sl. 6. Šema invertora za aktivno - kapacitivno opterećenje  $3RC : P = 1 kW, Q_C = 0.5 kVA$ .



Sl. 7. Dijagram napona za aktivno - kapacitivno opterećenje  $3RC$  :  $P = 1 \text{ kW}$ ,  $Q_C = 0.5 \text{ kVA}$ .

U sva tri primera opterećenja, prikazana dijagramima napona na sl. 3 - 7, naponi dobijeni na izvodima imaju isti pravougaoni oblik sa dominantnom amplitudom 400V i frekvencijom  $f = 50 \text{ Hz}$ .

Vremenski dijagrami napona na aktivnom opterećenju,  $R$ , sl. 4 i aktivno - induktivnom opterećenju,  $RL$ , sl. 5., imaju slične oblike i sadrže harmonike čije je prisustvo matematički predviđeno kroz jednačinu (15).

Oblik dijagrama napona na aktivno - kapacitivnom opterećenju,  $RC$ , sl. 7., je takođe u skladu sa jednačinom (15) a manji uticaj i sadržaj harmonika se može objasniti činjenicom da kapacitivni deo reaktanse umanjuje ukupnu vrednost reaktanse u rezonantnom kolu koga obrazuju fazni

parametri transformatora i opterećenja.

#### IV. ZAKLJUČAK

Metodom proverene simulacije izvršena je detaljna analiza trazijentnog stanja u sistemu u kome je izvor napajanja pretvarač – *IGBT* inverter a opterećenje varirano za tri različita stanja opisana *R-L-C* parametrima.

MATLAB simulacija trofaznog invertora u adaptiranom simulink paketu korišćena je kao zamena za laboratorijsku opremu pomoću koje je verifikovan prikazani matematički model. Adaptirani deo Simulink paketa *psb3phPWM PMW* invertora generiše trofazni sinusoidni sistem napona zadate frekvencije za napajanje opterećenja.

Testiranje ponašanja invertora sa izabranim parametrima opterećenja i verifikacija modela izvedena je za 3 tipa opterećenja ( $R$ ,  $RL$ ,  $RC$ ) napajalog preko transformatora trougao - zvezda ( $\Delta$ ). Dobijeni rezultati ukazuju da je povećano generisanje harmonika u slučaju  $R$  i  $RL$  opterećenja.

#### LITERATURA

- [1] S.Bjelić: "Uvod u sredjenaponske (SN) i niskonaponske (NN) mreže i instalacije" SVEN Nis, knjiga, t.200+El.f., s.167. 2007.g. ISBN 978-86-83561-15-5; COBISS.SR-ID 141000204
- [2] Van der Slius : Matlab MATLAB, Copyright 1984-2002, The Math Works, Version 6.5.0.180913a, June 2, 2000.
- [3] Marković, N., Bjelić, S., Živanić, J., "Model of transient process where three-phase transducer feeds induction motor equivalent as a variable active-inductive load", ISSN: 1024123X, Mathematical Problems in Engineering, vol. 2016, pp. , 2016.
- [4] P. Chlebis, P. Simonik, M. Kabasta, "The comparison of direct and indirect matrix converters", in *Proc Int'l Conf. (PIERS)*, Cambridge, USA, 2010, pp. 310–313.
- [5] N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, "Power Electronics: Converters, Applications, and Design," John Wiley & Sons, Inc., Section 8.4.1., NewYork, 1995.
- [6] S. Bjelić, Z. Bogićević, B. Prlinčević, "Generating Control Signals in the Electro-energy Networks Using Passive Elements", *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)* ISSN: 3159-0040 Vol. 1 Issue 4, pp. 248 - 253, November – 2014.

# Poboljšanje performansi modifikovane Sierpinski fraktalne antene pomoću metapovršina

Mladen Antonijević i Luka Lazović

**Sadržaj** — U ovom radu je prikazana modifikacija performansi modifikovane Sierpinski fraktalne monopol antene dodavanjem metapovršina. Fraktalna geometrija omogućava projektovanje električno malih antena koje zrače na više rezonantnih neharmonijskih učestanosti. Kako je rezonantna učestanost određena dimenzijama i oblikom fraktalne geometrije često je nije moguće „fino“ podesiti. U svrhu podešavanja rezonantne učestanosti, ili više njih, dodaju se metapovršine.

Teorijska razmatranja uticaja metapovršina na raspodjelu struje i na parametre rasijanja su potvrđena numeričkom analizom u softveru za elektromagnetne simulacije CST(Computer Simulation Technology).

**Gljučne riječi** — Antena, CPW napajanje, fraktali, metapovršine, metapovršinska sočiva, metamaterijali

## I. UVOD

DIZAJN i karakteristike antena predstavljaju osnovu dobrog i pouzdanog funkcionisanja komunikacionih sistema. Posebno danas, kada skoro svaki uređaj ima najmanje jednu antenu. Većina uređaja naredne generacije će koristiti MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) tehnologiju zasnovanu na upotrebi antenskih nizova. Kao što je već i poznato, jedan mobilni uređaj sadrži antene za 4G, Wi-Fi, GPS i Bluetooth. Iz očiglednih razloga, potrebno je pronaći antenu koja može da se koristi za sva četiri potrebna opsega, a koja je prije svega kompaktna i može biti sastavni dio antenskog niza. Pojedinačno, sve četiri antene imaju odlične karakteristike, s tim u vezi potrebno je pronaći dizajn jedne antene koja bi podjednako imala dobre karakteristike pri zračenju na sve četiri frekvencije. Za razmatranje je uzeta Mikrotrakasta antena koja se sastoji od dvije paralelne strukture između kojih se nalazi dielektrik. CPW (Co-Planar Waveguide) napajanje dodatno pojednostavljuje izradu jer se obje metalne strukture nalaze na jednoj strani dielektrika. Najveći nedostatak ovog sistema je uskopojasnost.

Jedan od najpraktičnijih načina za rješavanje problema uskopojasnosti jeste korišćenje fraktalnih geometrija pri izradi antena. Fraktali predstavljaju strukture sastavljene

od oblika koji su na neki način slični cjelokupnoj strukturi. Prvi antenski element koristeći koncept fraktala razvio je Cohen 1997. godine [1]. Njegov koncept je pokazao da se dimenzije antena mogu značajno smanjiti, a da se njihove karakteristike ne moraju narušiti. Svaki fraktal, u ovom slučaju, predstavlja jednu malu zračecu strukturu.

Spajanjem fraktalne geometrije i elektromagnetike, u velikom dijelu se pojednostavljuje izrada antena. Devedesetih godina prošlog vijeka se uveliko radilo na upotrebi fraktala pri izradi kvalitetnih, širokopojasnih antena. Od Puntea 1998.godine i Warnera 1999.godine, pojavili su se zanimljivi i praktični koncepti ovih antena koje su pokazale odlične rezultate i pri radu na visokim frekvencijama, kao i u Terahertz sensing aplikacijama [1], [2].

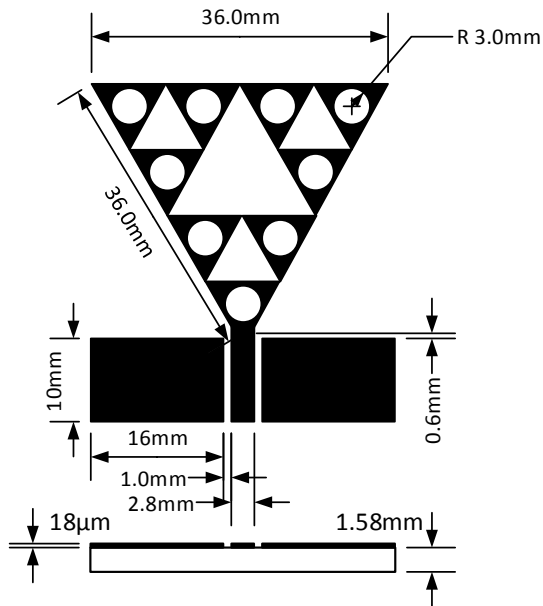
Metamaterijali, odnosno metapovršine predstavljaju vještačke kompozitne strukture sa vrijednostima elektromagnetnih parametara koje ne mogu da se nađu u prirodi i čije elektromagnetske osobine zavise od oblika i rasporeda periodičnih elemenata ugrađenih u osnovni materijal, a ne od hemijskog sastava samog materijala. Metapovršine nam daju određene benefite pri upotrebi: upotrebom metapovršina smanjujemo dimenzije uređaja, fleksibilni su pri korišćenju materijala i elemenata, stvaraju izuzetno manje gubitke u odnosu na kompaktne 3D strukture i najvažnija karakteristika - FSS (*Frequency-Selective Surface*) – potpuna kontrola nad reflektovanim i direktnim talasima. S tim u vezi, može se reći da metapovršine predstavljaju dvodimenzionalnu verziju metamaterijala [3]. Ruski fizičar Viktor Veselago objavio je 1968. godine rad u kom je spekulisao o elektrodynamici tzv. duplo-negativnih materijala - materijala koji bi istovremeno imali i negativnu permitivnost i negativnu permeabilnost [4]. Veselago je pokazao je da bi u tom slučaju konstanta prostiranja bila realna, odnosno da bi duplo-negativni metamaterijali podržavali prostiranje talasa. Štaviše, konstanta prostiranja bila bi negativna, što nije bio slučaj ni za jedan materijal poznat do tada [4]. Kao takve, metapovršine su našle veliku primjenu iako su još uvijek u fazi razvoja.

U radu je predložena mikrotrakasta fraktalna monopol antena sa dodatkom metapovršine na određenom rastojanju u cilju podešavanja rezonantne učestanosti Sierpinski antene. Simulacije su odrađene u CST softveru za elektromagnetne simulacije.

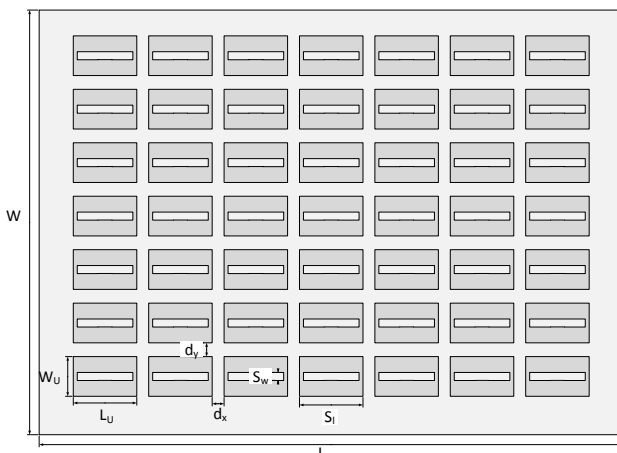
## II. GEOMETRIJA PREDLOŽENE ANTENE I METAMATERIJALA

Antene štampane na elektronskoj ploči je veoma lako izraditi, imaju planarnu geometriju i ne zauzimaju veliki prostor [5]. Princip izrade fraktalnih antena se zasniva na korišćenju samo-sličnih oblika u cilju maksimizacije električne dužine antene. Ovakav dizajn antena omogućava rad na više frekvencija istovremeno pri čemu imaju i prednost da zrače slične dijagrame zračenja u više frekventnih opsega bez degradacije karakteristika zračenja. Sierpinski trougao je osnovna fraktalna geometrija korišćena u ovom radu [1], [2], [6]–[8].

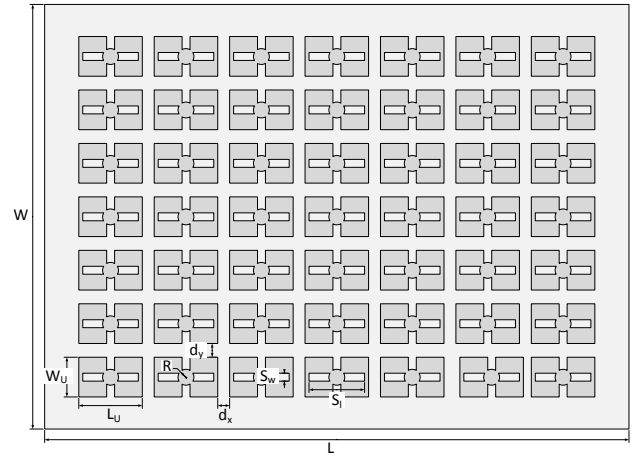
U ovom radu se predlaže modifikovana Sierpinski antena sa CPW napajanjem, Sl. 1. Ovaj metod napajanja je izabran zbog boljeg prilagođenja impedanse voda sa impedansom antene, manjih gubitaka zračenja i jednostavnije izrade. Zračeci fraktalni element se napaja sa mikrotrakastim vodom širine 2.8mm i prilagođena je za napajanje napojnim vodom impedanse 50Ω. Antena je izrađena na štampanoj ploči od vitroplasta debljine 1.58 mm, relativne dielektrične konstante  $\epsilon_r=4.4$ . Bakarna metalizacija je debljine 18 μm. Dimenzije antene su prikazane na Slici 1.



Sl. 1. Dimenzije mikrotrakaste fraktalne monopol antene



Sl. 2. Dimenzije i izgled metapovršine iz [9]

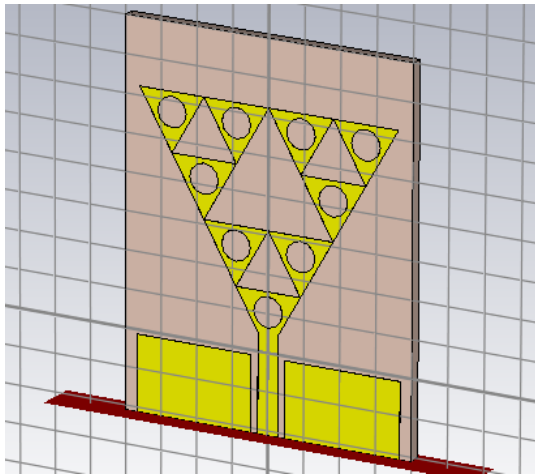


Sl. 3. Dimenzije i izgled predložene metapovršine

Metapovršine korišćene u ovim simulacijama se sastoje od 49 sočiva (ćelija) pravougaonog oblika sa prorezima. VSWR ovakvog tipa antene iznosi 2:1 i najbolji rešim rada se ostvaruje u frekventijskom opsegu 3.35 – 4.75GHz [9]. Metapovršina (7 x 7) je postavljena na udaljenosti 8 mm od mikrotrakaste antene, a umjesto ostataka prostora koji je ispunjen substratom FR4, kako je to predloženo u [9], pravougaone „ćelije“ su postavljene na površini substrata, debljine 3 mm, dielektrične konstante  $\epsilon_r=4.3$  i tangensa ugla gubitaka 0.02. dimenzije substrata antene dužina a/širina: 88.0 mm/60.0 mm, Metapovršina 7 × 7 pravougaonog oblika ćelija: dužina a,  $L_u = 8.96$  mm, širina,  $W_u = 5.6$  mm,  $S_l = 7.46$  mm, and  $S_w = 0.85$  mm (veličina sočiva:  $0.075 m_0 \times 0.119 m_0$ , dje je  $m_0$  slobodan prostor pri talasnoj dužini na frekvenciji od 4 GHz), Razmak između sočiva duž x-ose:  $d_x = 1.52$  mm, Razmak između sočiva duž y-ose:  $d_y = 1.26$  mm. Prečnik kruga unutar proreza je  $r = 2$  mm (Sl.3). Ukupna dimenzija antene: 88.0 mm × 60.0 mm × 4.8 mm. U razmatranje su uzete dvije metapovršine (Sl.2 i Sl.3) koje se razlikuju samo po obliku proreza, dok su ostale dimenzije iste. Predložene metapovršine predstavljaju skup pojedinačnih „ćelija“ za koje možemo reći da ponašaju kao prorezne antene. S tim u vezi, mijenjajući oblik, dimenzije ili dodavanjem nekog drugog geometrijskog oblika unutar proreza možemo mijenjati karakteristike jedne „ćelije“, odnosno cijele metapovršine. Metapovršine, pravilno postavljene, modulišu ponašanje i način prostiranja elektromagnetnih talasa, a svojim karakteristikama, koja najviše zavisi od geometrije, kontrolišu rezonantnu učestanost fraktalne antene.

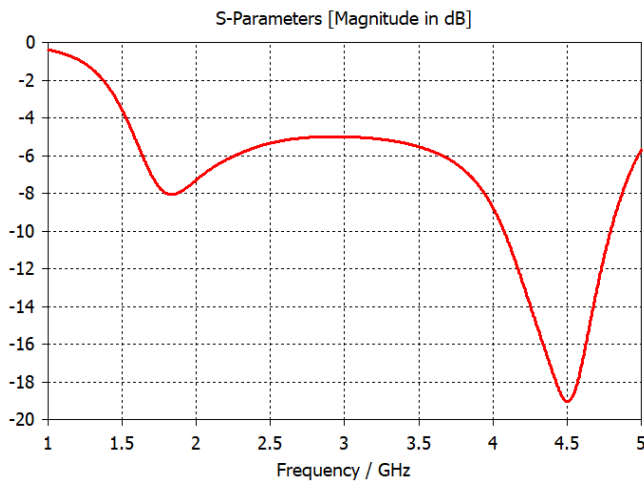
## III. NUMERIČKI REZULTATI

U cilju potvrđivanja teorijskih razmatranja o uticaju metapovršina na parametre antena, u elektromagnetnom simulatoru CST je realizovana antena prikazana na Slici 4.

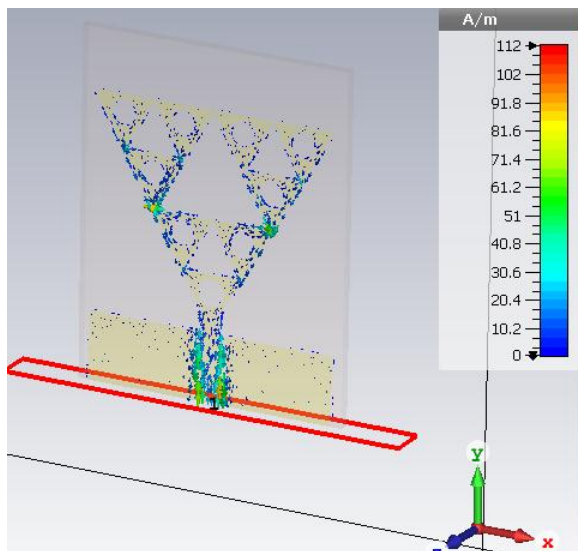


Sl. 4. Modifikovana Sierpinski CPW antenna

Na Slici 5 su prikazani parametri rasijanja u opsegu od 1GHz do 5 GHz. Uočava se da je rezonantna učestanost 4.5 GHz. Na slici 6 je prikazana raspodjela struje po anteni bez metapovršine.

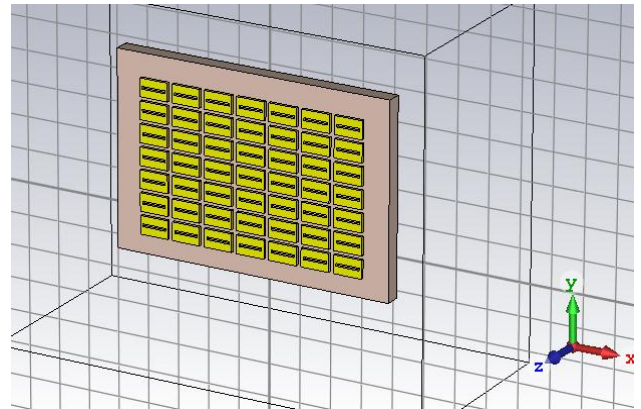


Sl. 5. Parametri rasijanja Sierpinski CPW antene bez metapovršine



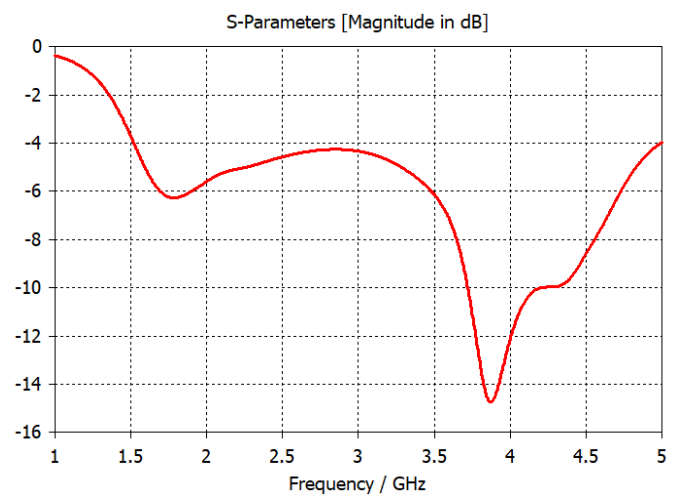
Sl. 6. Raspodjela struje po površini antene bez metapovršine (slika 4)

Metapovršina prikazana na Slici 2 je dizajnirana i postavljena iznad antene na udaljenosti 8 mm, slika 7.

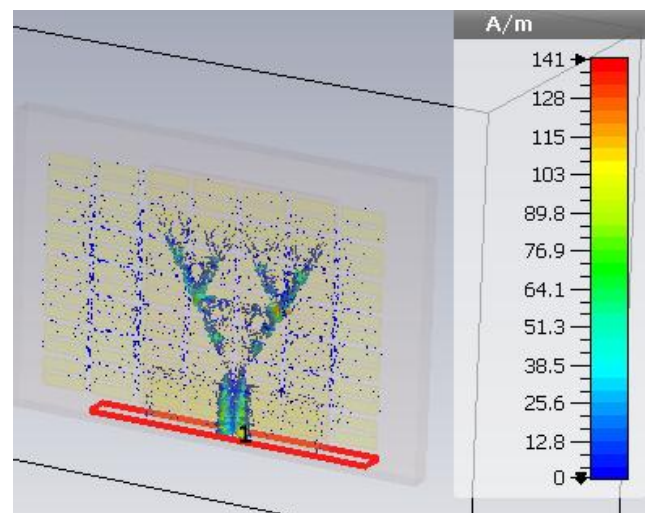


Sl. 7. Metapovršina postavljena iznad antene

Na Slici 8 je dat dobijeni parametar rasijanja antene sa metapovršinom koja je postavljena iznad nje, dok je na slici 9 prikazana raspodjela struje po anteni i metapovršini.



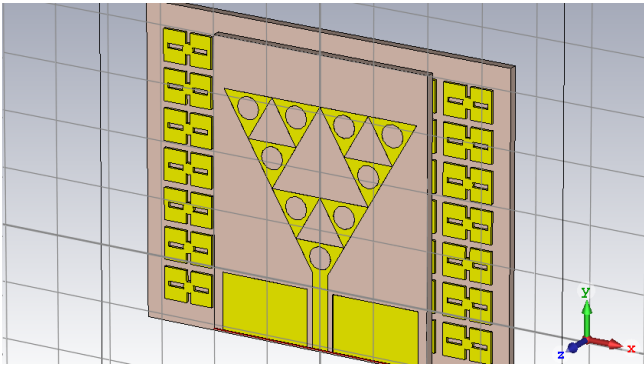
Sl. 8. Parametri rasijanja Sierpinski CPW antene



Sl. 9. Raspodjela struje po površini antene sa metapovršinom (Slika 7)



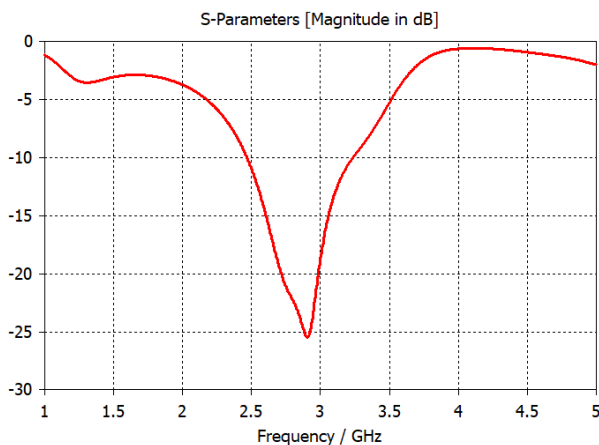
Na osnovu rezultata prikazanih na slici 8 može se uočiti da je dodavanje metapovršine iznad antene dovelo do pomjeranja rezonantne učestanosti, što je u skladu sa teorijskim razmatranjima.



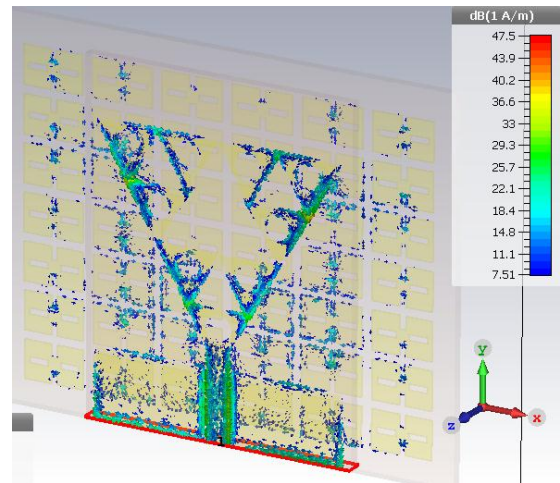
Sl. 10. Predloženi oblik metapovršine ispod antene

Na Slici 3 i Slici 10 je prikazan izgled predložene metapovršine koja je postavljena ispod antene i kod koje su izvršene minimalne modifikacije geometrije "ćelija", a u cilju još većeg pomjeranja rezonantne učestanosti ulijevo. Parametri rasijanja u ovom slučaju su prikazani na Slici 11.

Na osnovu rezultata prikazanih na Slici 11, može se zaključiti da je dodavanje metapovršine sa modifikovanom geometrijom ćelija, poboljšalo karakteristike antene u smislu boljeg prilagođenja, a istovremeno pomjerilo rezonantnu učestanost na 3GHz. Na Slici 12 je prikazana raaspodjela struje po površini antene i po metapovršini na rezonantnoj učestanosti od 3GHz. Mogu se uočiti indukovane struje na metapovršini koje utiču na pomjeranje rezonantne učestanosti.



Sl. 11. Parametri rasijanja Sierpinski CPW antene sa metapovršinom (Slika 10)



Sl. 12. Raspodjela struje po površini antene sa metapovršinom (Slika 10)

#### IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu su razmatrane mogućnosti poboljšanja performansi fraktalne štampane antene dodavanjem metapovršina. Dvije vrste metapovršina su postavljene iznad ili ispod antene u cilju pomjeranja rezonantne učestanosti.

Numerička analiza je pokazala da se metapovršinom može uticati na fino podešavanje rezonantne učestanosti antene, kao i na prilagođenje, čime su potvrđena teorijska razmatranja.

Buduća istraživanja bi se zasnivala na eksperimentalnoj realizaciji i validaciji simuliranih rezultata za predloženu antenu i metapovršinu.

#### V. LITERATURA

- [1] Y. K. Choukiker and S. K. Behera, "Modified sierpinski square fractal antenna covering ultra-wide band application with band notch characteristics," *Antennas Propag. IET Microw.*, vol. 8, no. 7, pp. 506–512, May 2014.
- [2] J. Romeu and J. Soler, "Generalized Sierpinski fractal multiband antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 49, Aug. 2001.
- [3] H. Zhu, S. W. Cheung, and T. I. Yuk, "Enhancing Antenna Bore-sight Gain Using a Small Metasurface Lens: Reduction in half-power beamwidth.," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 58, no. 1, pp. 35–44, Feb. 2016.
- [4] V. G. Veselago, "THE ELECTRODYNAMICS OF SUBSTANCES WITH SIMULTANEOUSLY NEGATIVE VALUES OF  $\epsilon$  AND  $\mu$ ," *Sov. Phys. Uspekhi*, vol. 10, no. 4, pp. 509–514, Apr. 1968.
- [5] T. J. Cui, D. R. Smith, and R. Liu, Eds., *Metamaterials: theory, design, and applications*. New York: Springer, 2010.
- [6] H. Liu, Y. Liu, M. Wei, and S. Gong, "Dual-broadband dielectric resonator antenna based on modified Sierpinski fractal geometry," *Electron. Lett.*, vol. 51, no. 11, pp. 806–808, 2015.
- [7] S. Singhal and A. K. Singh, "CPW-fed hexagonal Sierpinski super wideband fractal antenna," *Antennas Propag. IET Microw.*, vol. 10, no. 15, pp. 1701–1707, 2016.
- [8] M. Waqas, Z. Ahmed, and M. B. Ihsan, "Multiband Sierpinski fractal antenna," in *IEEE 13th International Multitopic Conference, 2009. INMIC 2009.*, 2009, pp. 1–6.
- [9] N. Nasimuddin, Z. N. Chen, and X. Qing, "Bandwidth Enhancement of a Single-Feed Circularly Polarized Antenna Using a Metasurface: Metamaterial-based wideband CP rectangular microstrip antenna.," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 58, no. 2, pp. 39–46, Apr. 2016.

# Optimizacija parametara BL jezgra kod procene fundamentalne frekvencije audio signala

Zoran N. Milivojević, Zoran Veličković, Darko T. Brodić

**Sadržaj** — U prvom delu rada opisano je interpolaciono BL jezgro trećeg reda koje je kreirano od Kejsovog 1P i oMoms<sup>3</sup> interpolacionih jezgara metodom mešanja (engl. *blending*, BL). Prikazane su karakteristike BL jezgra u vremenskom i spektralnom domenu. U drugom delu rada prikazan je eksperiment kojim su određeni optimalni parametri kreiranog BL jezgra i selektovana optimalna prozorska funkcija za slučaj procene fundamentalne frekvencije audio signala. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

**Cljučne reči** — PCC interpolacija, interpolaciona jezgra, Kejsovo 1P jezgro, oMoms<sup>3</sup> jezgro.

## I. UVOD

KOD digitalne obrade (engl. *digital signal processing*, DSP) multimedijalnih signala (slika, video, audio, govor, ...) javlja se potreba za primenom interpolacije (engl. *interpolation*) [1, 2]. Naziv potiče od latinskog glagola *interpolare* i predstavlja složenicu od reči *inter* što znači između i reči *polare* u značenju izgladiti. Kod savremenih multimedijalnih sistema javlja se potreba za: a) geometrijskim transformacijama slike (uvećanje, smanjenje, rotacije,...), b) poboljšanjem kvaliteta i rekonstrukcije slike, c) kompresijom, d) prepoznavanjem objekta u slici i dr [3, 4]. Primena DSP kod audio, odnosno muzičkih signala omogućila je složene postupke (detektovanje instrumenata i boja zvuka, prepoznavanje akorda i njihova transkripcija, prepoznavanje tempa, i ritma, izdvajanje i transkripcija solo i bas linije, detektovanje i ocenjivanje kvaliteta vibrata, inharmoničnosti instrumenata i dr.). Kod obrade govornih signala aktuelni su algoritmi za popravka kvaliteta i razumljivosti govora, verifikacija govornika, smanjenje eha, prepoznavanje jezika, razumevanja u semantičkom smislu, prepoznavanje emocionalnog stanja govornika i dr [5, 6].

U mnogim od navedenih postupaka zahteva se primena interpolacije. Zadaci koji se postavljaju pred algoritmom interpolacije kod savremenih multimedijalnih sistema su

Zoran N. Milivojević (autor za kontakte), Visoka tehnička škola strukovnih studija, ul. Aleksandra Medvedeva, br. 20., 18000 Niš, Srbija (telefon: 381-63-8-609-206; e-mail: [zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs](mailto:zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs)).

Zoran Veličković, Visoka tehnička škola strukovnih studija, ul. Aleksandra Medvedeva, br. 20., 18000 Niš, Srbija (e-mail: [zoran.velickovic@vtsnis.edu.rs](mailto:zoran.velickovic@vtsnis.edu.rs)).

Darko T. Brodić, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, 11050 Beograd, Srbija (e-mail: [dbrodić@tf.bor.ac.rs](mailto:dbrodić@tf.bor.ac.rs)).

velika: a) preciznost i b) brzina izvršavanja. Kod polinomialnih interpolacija preciznost se povećava povećanjem reda interpolacione polinomialne funkcije što dovodi do povećanja vremena izvršenja. Zato se intenzivno koristi konvolucionna interpolacija koja je bazirana na primeni konvolucionog polinomialnog jezgra niskog reda ( $n \leq 7$ ). Teorijski posmatrano idealno interpolaciono jezgro je oblika  $\sin(x)/x$  (u oznaci *sinc*), gde je  $-\infty < x < \infty$ . Njegova amplitudska karakteristika je pravougaona, odnosno box funkcija [4]. Zbog beskrajnih granica *sinc* jezgro je praktično neostvarivo i neophodno je ograničavanje dužine jezgra, što dovodi do znatnog odstupanja amplitudske karakteristike od box funkcije (talasavost u propusnom i nepropusnom opsegu, mala strmina u prelaznoj oblasti).

U stručnoj literaturi predložen je veći broj konvolucionih polinomialnih jezgara kojima se smanjuju problemi skraćenja *sinc* jezgra. Kubna konvolucionna jezgra predstavljaju kompromis između tačnosti interpolacije i numeričke složenosti, odnosno brzine izvršavanja. Konvolucionna interpolacija parametarskim jezgrima trećeg reda obeležava se sa PCC (engl. *Parametric Cubic Convolution*). U [7] predloženo je jedno-parametarsko (1P) interpolaciono konvolucionno jezgro. Kasnije je ovo jezgro nazvano Kejsovo 1P. U [7] izvršena je optimizacija jezgra kod primene interpolacije slike ( $\alpha = -0.5$ ). U [8] prikazano je Grevileovo 1P jezgro. Parametarska jezgra je moguće prilagoditi određenom problemu saglasno definisanom kriterijumu, najčešće minimiziranjem greške interpolacije. Radi povećanja prilagođenja konstruisana su jezgra sa više parametara (Kejs 2P [9], Grevile 2P, Kejs 3P [10]).

U ovom radu opisan je princip formiranja kubnog konvolucionog jezgra *blending* (engl. *blend* - mešavina) metodom [11]. Formirano je interpolaciono *blending* (BL) jezgro od Kejs 1P [7] i oMoms (engl. *optimal-maximal-order-minimal-support*) jezgra trećeg reda (oMoms<sup>3</sup>) [12, 13]. Novoformirano BL jezgro sadrži dva parametra: a)  $\alpha$  od Kejsovog jezgra i b) faktor mešanja  $w$ . Sproveden je eksperiment sa ciljem određivanjem optimalnih parametara  $\alpha_{opt}$  i  $w_{opt}$  kod procene fundamentalne frekvencije signala u spektralnom domenu. Kriterijum za određivanje optimalnih vrednosti je minimiziranje srednje kvadratne greške MSE (engl. *Mean Squared Error*). Testiranje je sprovedeno za neke standardne vremenski simetrične prozorske funkcije kojima je modifikovan test signal u vremenskom domenu.

Dalja organizacija rada je sledeća. U Sekciji II prikazano je BL jezgro. U Sekciji III prikazan je algoritam za procenu optimalnih parametara BL jezgra. U Sekciji IV opisan je eksperiment kojim su određeni optimalni parametri BL jezgra.

## II. BLENDING JEZGRO

U ovoj sekciji je opisano BL [11] interpolaciono jezgro koje je formirano mešanjem Kejsovog 1P i o-Mom<sup>3</sup> jezgra.

Kejsovo 1P jezgro definisano je sa [7]:

$$r_{Kejs\_1P} = \begin{cases} (\alpha + 2)|x|^3 - (\alpha + 3)|x|^2 + 1, & 0 \leq x < 1 \\ \alpha|x|^3 - 5\alpha|x|^2 + 8\alpha|x| - 4\alpha, & 1 \leq x < 2 \\ 0, & 2 \leq x \end{cases} \quad (1)$$

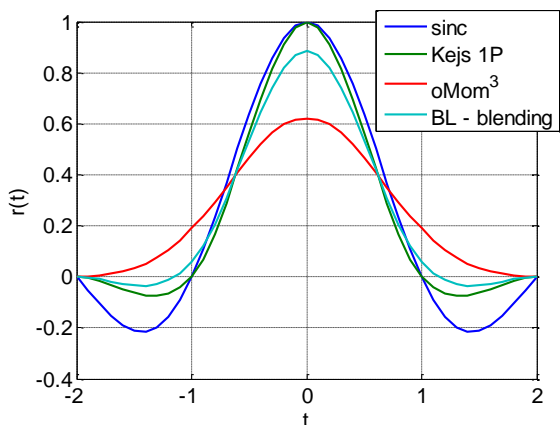
gde je  $\alpha$  parametar. o-Mom<sup>3</sup> jezgro definisano je sa [12]:

$$r_{oMom^3} = \begin{cases} \frac{1}{2}|x|^3 - |x|^2 + \frac{1}{14}|x| + 1, & 0 \leq x < 1 \\ -\frac{1}{6}|x|^3 + |x|^2 - \frac{85}{42}|x| + \frac{29}{21}, & 1 \leq x < 2 \\ 0, & 2 \leq x \end{cases} \quad (2)$$

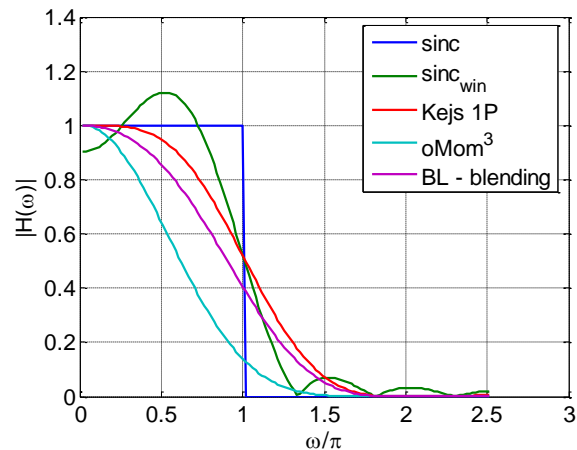
Mešanjem Kejs 1P i o-Mom<sup>3</sup> jezgra formirano je BL jezgro oblika:

$$r_{BL}(x) = (1-w)r_{Kejs\_1P} + wr_{oMom^3}(x), \quad (3)$$

gde je  $w \in (0,1)$  faktor mešanja. Na sl. 1 prikazane su vremenske karakteristike: a) idealnog *sinc* (u opsegu  $-2 \div 2$ ), b) Kejs 1P (za parametar  $\alpha = -0.5$ ), c) o-Mom<sup>3</sup> i d) novoformiranog BL jezgra (jedn. 3). Spektralne karakteristike ovih jezgara prikazane su na sl. 2. Na sl.2.b prikazana je karakteristika idealnog *sinc* jezgra koje je pravougaonim prozorim skraćeno na interval  $(-2 \div 2)$ . Uočava se da je u propusnom i nepropusnom opsegu amplitudska karakteristika talasava dok je prelazna oblast sa konačnom strminom.



Sl. 1. Vremenske karakteristike: a) *sinc*, b) Kejs 1P ( $\alpha = -0.5$ ), c) o-Mom<sup>3</sup> i d) BL jezgra.



Sl. 2. Spektralne karakteristike: a) *sinc*, b) skraćene *sinc*<sub>win</sub>, c) Kejs 1P ( $\alpha = -0.5$ ), d) o-Mom<sup>3</sup> i e) BL jezgra.

BL jezgro (jedn. 3) zavisi od parametra jezgra  $\alpha$  i faktora mešanja  $w$ . Moguće je odabrati vrednosti parametara tako da se kod PCC interpolacije dobije, saglasno određenom kriterijumu, najmanja greška interpolacije. Tako odabrani parametri nazivaju se optimalni parametri  $w_{opt}$ ,  $\alpha_{opt}$ . U ovom radu analizira se primena PCC interpolacije kod procene fundamentalne frekvencije signala u spektralnom domenu.

## III. ALGORITAM PROCENE OPTIMALNIH PARAMETARA BL JEZGRA

Algoritam procene optimalnih parametara BL jezgra,  $w_{opt}$  i  $\alpha_{opt}$ , kod procene fundamentalne frekvencije signala [10, 14] realizuje se u sledećim koracima:

**Ulaz:**  $N$  dužina bloka, jezgra  $r_1$  i  $r_2$ ,  $K$  dužina jezgra, ( $a_i$ ,  $\theta$ ) parametri test signala, prozorska funkcija  $w_P$ , NFFT dužina fft,  $F_{0d}$ ,  $F_{0g}$ , granice fundamentalne frekvencije,  $\Delta F_0$ ,  $\alpha_d$ ,  $\Delta \alpha$ ,  $\alpha_g$ .

**Izlaz:**  $w_{opt}$ ,  $\alpha_{opt}$ .

**FOR**  $\alpha = \alpha_d : \Delta \alpha : \alpha_g$

**FOR**  $F_0 = F_{0d} : \Delta F_0 : F_{0g}$

**Korak 1:** generisanje test signala  $x_T$  (jedn. 12),

**Korak 2:** modifikacija signala prozorskom funkcijom  $w_P$ :

$$x = x_T * w_P, \quad (4)$$

**Korak 3:** Izračunavanje spektra:

$$X = \text{fft}(x_w, \text{NFFT}), \quad (5)$$

**Korak 4:** Izračunavanje pozicije dominantne  $X_{p\_max}$  i njjoj susednih spektralnih komponenata primenom Peak-picking algoritma:

$$X_{p\_PCC} = \{X_{p\_max-K}, \dots, X_{p\_max}, \dots, X_{p\_max+K}\},$$

**FOR**  $w = 0 : \Delta w : 1$

**Korak 5:** formiranje BL jezgra  $r_{BL}$  (jedn. 3)

$$r_{BL} = (1-w) \cdot r_1 + w \cdot r_2, \quad (6)$$

**Korak 6:** procena fundamentalne frekvencije PCC interpolacijom:

$$F_{0e} = \text{PCC}(X_{p\_PCC}, r_{BL}), \quad (7)$$

**Korak 7:** Greška procene fundamentalne frekvencije:



$$e(w, F_0) = F_0 - F_{0e}, \quad (8)$$

END // w

END // F<sub>0</sub>

Korak 8: Srednje-kvadratna greška procene:

$$MSE(i, j) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |e(i, j)|^2, \quad 1 \leq i \leq M, \quad (9)$$

gde su  $M$  i  $N$  dimenzije matrice  $e$ .

END //  $\alpha$

Korak 9: Određivanje optimalnih vrednosti

$$(w_{opt}, \alpha_{opt}) = \arg \min_{w, \alpha} (MSE). \quad (10)$$

#### IV. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

##### A. Eksperiment

Realizovan je eksperiment u kome su procenjene fundamentalne frekvencije  $F_0$  audio test signala  $x$ . Test signal je semplovan sa  $F_s$  i, prozorskom funkcijom  $w_p$ , deljen na frejmove dužine  $N$ . Nad svakim frejmom izvršena je FFT (engl. *Fast Fourier Transform*) dužine NFFT i time izračunat spektar test signala. Frekvencijska rezolucija je  $\Delta F = F_s / NFFT$ . Na taj način su određene spektralne komponente  $F_k$  gde je  $0 \leq k \leq NFFT-1$ . U cilju testiranja  $F_0$  je menjana u opsegu  $F_k \leq F_0 \leq F_{k+1}$ . Zato što su vrednosti  $F_0$  različite od frekvencija na kojima se računa FFT, u spektru će se javiti efekat curenja (engl. *leakage*) spektra. U cilju procene frekvencijske pozicije maksimuma  $i$ , samim tim, procene fundamentalne frekvencije primenjuje se PCC interpolacija. Procena  $F_0$  realizovana je algoritmom opisanim u sekciji III. Analizom MSE (jedn. 9) određuju se optimalni parametri BL jezgra  $w_{opt}$ ,  $\alpha_{opt}$  (jedn. 10) kao i prozorska funkcija kod koje se generiše najmanja MSE.

Određeni su optimalni parametri: a) Kejsovog 1P (jedn. (1)), b) o-Mom<sup>3</sup> (jedn. (2)) i c) BL (jedn. (3)) jezgra. Korišćene su vremenski simetrične prozorske funkcije: a) Hamingova, b) Hanova, c) pravougaona, d) Kaiserova i e) trougaona. Frekvencija semplovanja  $F_s=8$  kHz,  $T_s=0.125$  ms, dužina frejma  $N=512$ , trajanje frejma  $t_b=32$  ms, NFFT=512 dužina FFT, frekvencijska rezolucija  $\Delta F=15.625$  Hz. Fundamentalna frekvencija test signala menjana u opsegu  $F_0 = 125 \div 140.625$  Hz sa korakom  $\Delta F_0 = (140.625 - 125) / 100 = 0.15625$  Hz ( $M=100$ ), između  $k = 8$  ( $f = 125$ Hz) i  $k = 9$  ( $f = 140.625$  Hz) spektralne komponente. Algoritam se sprovodi nad test signalom (jedn. 11) sa  $K = 10$  harmonika čije su amplitude  $a = \{0.9800, 0.5541, 0.1120, 0.6982, 0.7511, 0.2498, 0.2491, 0.9642, 0.3478, 0.4739, 0.8610\}$ , i faze  $\theta = (0.2232, 0.7886, 1.7065, 1.4787, 1.5250, 0.4709, 1.5141, 0.4643, 0.9217, 0.0708)\pi$ .

##### B. Test signal

U eksperimentu je korišćen test signal definisan u [14]:

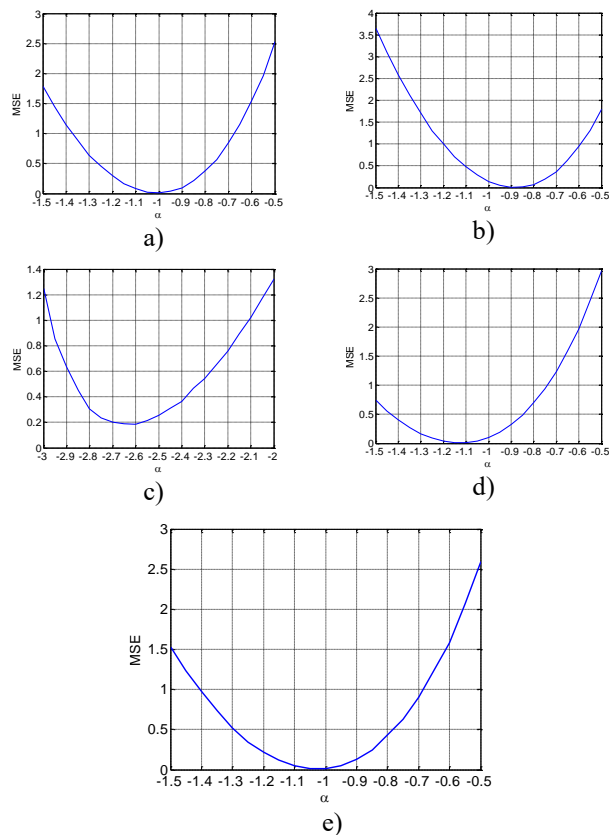
$$s(t) = \sum_{i=1}^K \sum_{g=0}^M a_i \sin \left( 2\pi i \left( f_0 + g \frac{f_s}{NM} \right) t + \theta_i \right), \quad (11)$$

gde je  $f_0$  fundamentalna frekvencija,  $\theta_i$  i  $a_i$  faza i amplituda  $i$ -tog harmonika,  $K$  broj harmonika,  $M$  broj tačaka između dva uzoraka u spektru u kojima se vrši PCC interpolacija.

##### C. Rezultati eksperimenta

Rezultati primene Kejs 1P jezgra za testirane prozorske funkcije dobijeni su iz (jedn. 9) i (jedn. 10) za  $w=0$ , prikazani su na sl.3. Minimalne vrednosti  $MSE_{min}$  i odgovarajuće optimalne vrednosti  $\alpha_{opt}$  prikazane su u tabeli 1. Rezultati primene oMom<sup>3</sup> jezgra ( $w=1$ ) prikazani su u tabeli 1.

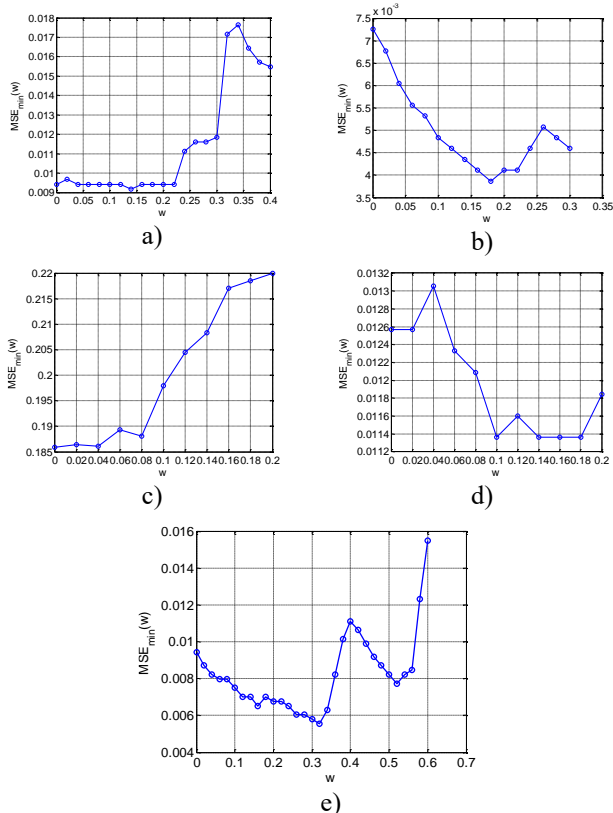
Rezultati primene BL jezgra (jedn. (3)) prikazani su na sl. 4 (zavisnost MSE od faktora mešanja  $w$ ).



Sl. 3. MSE kod interpolacije Kejs 1P ( $w=0$ ) za slučaj primene: a) Hamingove, b) Hanove, c) pravougaone, d) Kaiserove i e) trougaone prozorske funkcije.

TABELA 1: REZULTATI PRIMENE KEJS 1P I oMOM<sup>3</sup> JEZGRA.

Prozorska funkcija	Kejs 1P		oMom <sup>3</sup>
	$\alpha_{opt}$	$MSE_{min}$	$MSE_{min}$
Hamming	-1	0.0094	0.1073
Han	-0.9000	0.0073	0.0520
Box	-2.6000	0.1859	4.7271
Kaiser	-1.1000	0.0126	0.1315
Triangular	-1.0500	0.0094	0.1114



Sl. 4. Zavisnost MSE od faktora mešanja  $w$  kod primene: a) Hamingove, b) Hanove, c) pravougaone, d) Kaiserove i e) trougaone prozorske funkcije.

TABELA 2: REZULTATI ZA BL JEZGRO.

Prozorska funkcija	$\alpha_{opt}$	$w_{opt}$	$MSE_{min}$
Hamming	-1	0.14	0.0092
Han	-0.9000	0.1800	0.0039
Box	-2.7500	0	0.1859
Kaiser	-1.1500	0.1600	0.0114
Triangular	-1.0500	0.3200	0.0056

#### D. Komparativna analiza

Na osnovu rezultata koji su prikazani sl. 3 i sl.4 i tabela 1 i 2 vidi se da je primenom:

a) Kejs 1P jezgra najmanja greška je kod Hanove prozorske funkcije ( $\alpha_{opt} = -0.9$ ,  $MSE_{min} = 0.0073$ ),

b) oMom<sup>3</sup> jezgra najmanja greška je kod Hanove prozorske funkcije ( $MSE_{min} = 0.052$ ),

c) Kejs 1P jezgra u odnosu na oMom<sup>3</sup> jezgro preciznost procene povećana je  $0.052 / 0.0073 = 7.123$  puta.

d) BL jezgra najmanja greška procene je kod primene Hanove prozorske funkcije ( $\alpha_{opt} = -0.9$ ,  $w_{opt} = 0.18$ ,  $MSE_{min} = 0.0039$ ). U odnosu na Kejs 1P jezgro preciznost je povećana  $0.0073 / 0.0039 = 1.87$  puta. U odnosu na oMom<sup>3</sup> preciznost je povećana  $0.052 / 0.0039 = 13.33$  puta.

Kao globalni zaključak ukazuje se na efikasnost procene fundamentalne frekvencije BL jezgrom. Jezgro je u numeričkom pogledu jednako složeno kao Kejs 1P jezgro i

kao takvo pogodno je za implementaciju kod sistema za rad u real time režimu.

#### LITERATURA

- [1] P. Thvenaz, T. Blu, M. Unser, "Image Interpolation and Resampling", *Handbook of Medical Imaging*. Orlando, FL: Academic, 2000.
- [2] D. F. Watson, *Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data*. New York: Pergamon, 1992.
- [3] M. Unser, A. Aldroubi, and M. Eden, "Enlargement or reduction of digital images with minimum loss of information," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 4, No. 3, pp. 247–258, 1995.
- [4] T. M. Lehmann, C. Gonner, and K. Spitzer, "Survey: Interpolation methods in medical image processing," *IEEE Trans. Med. Imag.*, Vol. 18, No. 11, pp. 1049–1075, Nov. 1999.
- [5] B. Joen, S. Kang, S.J. Baek, K.M. Sung, "Filtering of a Dissonant Frequency Based on Improved Fundamental Frequency Estimation for Speech Enhancement", *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E86-A, No. 8, pp. 2063-2064, August 2003.
- [6] Z. Milivojević, M. Milivojević, D. Brodić, D. Milivojević, "The Acute Hypoxia Indication by the Dissonant Intervals of the Speech Signals", *International Journal of the Physical Sciences*, 7(3), pp. 394-399, January, 2012.
- [7] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, Vol. ASSP-29, no. 6, pp. 1153–1160, Dec. 1981.
- [8] E. Meijering, M. Unser, "A Note on Cubic Convolution Interpolation", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 12, no. 4, pp. 447-479, April 2003.
- [9] R. Hanssen, R. Bamler, "Evaluation of Interpolation Kernels for SAR Interferometry", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37, no.1, pp. 318-321, Jan. 1999.
- [10] Z. Milivojević, N. Savić, D. Brodić, "Three-Parametric Cubic Interpolation For Estimating The Fundamental Frequency Of The Speech Signal", *Computing and Informatics*, Vol. 36, 2017, 1001–1020, V 2017-May-22.
- [11] L. Liang, "Image Interpolation by Blending Kernels", *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 15, 2008, 805-808.
- [12] P. Thévenaz, T. Blu, M. Unser, "Interpolation Revisited, *IEEE Transactions On Medical Imaging*", Vol. 19, No. 7, July 2000 pp. 739-758.
- [13] T. Blu, P. Thévenaz, M. Unser, "MOMS: Maximal-Order Interpolation of Minimal Support", *IEEE Transactions On Image Processing*, Vol. 10, No. 7, July 2001 pp. 1069-1080.
- [14] H. Pang, S. Baek, K. Sung, "Improved Fundamental Frequency Estimation Using Parametric Cubic Convolution", *IEICE Trans. Fund.*, E83-A, 12, 2747-2750, 2000.

#### ABSTRACT

The first part of the paper describes the third-order interpolation BL kernel that was created by the blending method of Kays 1P and oMoms<sup>3</sup> interpolation kernels. The characteristics of the BL core in the time and spectral domain are shown. In the second part of the paper, an experiment showing the optimal parameters of the created BL kernel and an optimal window function in the case of estimating the fundamental frequency of the audio signal are presented. Results are shown in tables and graphs.

#### OPTIMIZING THE PARAMETERS OF THE BL KERNEL FOR ESTIMATING THE FUNDAMENTAL FREQUENCY OF AUDIO SIGNAL

Zoran N. Milivojević, Zoran Veličković, Darko T. Brodić

# Uticaj kriterijumske funkcije na segmentaciju spektrograma

Tamara D. Šević, Milenko S. Andrić, Boban P. Bondžulić, Dimitrije M. Bujaković, Dejan S. Ivković

**Sadržaj** — U radu je predstavljen jedan kriterijum za određivanje najbolje metode za segmentaciju spektrograma i analiziran uticaj trajanja signala na taj kriterijum. Obeležja su dobijena obradom spektrograma, kroz projekciju spektrograma na frekvencijsku osu i obradom vremenskih binova spektrograma primenom tehnika digitalne obrade slike. Izvršeno je poređenje separabilnosti klasa u odnosu na različito trajanje signala. Dobijeni rezultati pokazuju da se usled povećanja trajanja signala povećava i separabilnost klasa.

**Ključne reči** — Doplerova frekvencija, izviđački radar, klasifikacija, segmentacija slike, spektrogram.

## I. UVOD

**S**IMULTANO korišćenje senzora, koji rade u različitim delovima elektromagnetnog spektra, je jedan od glavnih zadataka vojnih operacija koje se bave prikupljanjem podataka i izdvajanjem informacija. Prikupljanje podataka zahteva korišćenje senzora koji rade u različitim delovima elektromagnetnog spektra (radar, televizijske i termalne kamere, seizmički senzori, akustični senzori, ...) i u različitim atmosferskim uslovima. Ovakav pristup rada ima svoje prednosti ali i mane. Na primer, u odnosu na optoelektronske senzore, radar može detektovati ciljeve na većim udaljenostima i ciljeve koji su od senzora razdvojeni nekom preprekom, kao što je na primer zid. Radar može da radi u različitim atmosferskim uslovima (danju, noću, po kiši, snegu i magli), ali ima manju rezoluciju u poređenju sa optoelektronskim sensorima.

Izviđački radari, kao sredstvo izviđanja, se koriste za detekciju i klasifikaciju pokretnih ciljeva. Detekcija

Tamara D. Šević (autor za kontakte), Vojnotehnički institut, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Ratka Resanovića 1, 11000 Beograd, Republika Srbija (telefon: 381-69-27-26-590, e-mail: [tamara.sevic23@gmail.com](mailto:tamara.sevic23@gmail.com)).

Milenko S. Andrić, Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd, Republika Srbija (telefon: 381-64-11-60-093; e-mail: [andricsmilenko@gmail.com](mailto:andricsmilenko@gmail.com)).

Boban P. Bondžulić, Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd, Republika Srbija (telefon: 381-64-143-82-79; e-mail: [bondzulici@yahoo.com](mailto:bondzulici@yahoo.com)).

Dimitrije M. Bujaković, Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd, Republika Srbija (telefon: 381-11-3603-434; e-mail: [dimitrije.bujakovic@va.mod.gov.rs](mailto:dimitrije.bujakovic@va.mod.gov.rs)).

Dejan S. Ivković, Vojnotehnički institut, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Ratka Resanovića 1, 11000 Beograd, Republika Srbija (telefon: 381-64-80-42-060, e-mail: [dejan.ivkovic@vti.vs.rs](mailto:dejan.ivkovic@vti.vs.rs)).

korišćenjem ovakvih radara je potpuno automatizovana. Klasifikacija i prepoznavanje ponašanja ciljeva se i dalje prepuštaju iskustvu operatera, ali se ovakav sistem pristupa može promeniti primenom analize jedinstvenog Doplerovog potpisa cilja. Impulsno-Doplerovski radar je jedna od često korišćenih realizacija izviđačkih radara usled svoje relativno jednostavne konstrukcije. Klasifikacija signala sa audio izlaza radara koji rade na ovom principu je zasnovana na analizi jedinstvenog Doplerovog potpisa cilja, [1]. Kako je audio signal na izlazu izviđačkog radara vremenski nestacionaran, za izdvajanje obeležja za klasifikaciju često su primenjene metode koje se koriste u prepoznavanju govora, [1], kao i tehnike vremensko-frekvencijske analize signala, [2].

Jedan od najčešćih metoda za vremensko-frekvencijsku analizu signala je spektrogram, ali se koriste i druge metode vremensko-frekvencijske analize. Kvadriranjem koeficijentata vremenski zavisne Furijeove transformacije (Short Time Fourier Transform, STFT) diskretnog signala, dobija se njegov spektrogram. Spektrogram predstavlja efikasnu tehniku za analizu Doplerovog potpisa kretanja čoveka, [3]. Istraživanje [4] pokazuje da različite klase ciljeva imaju različitu Doplerovu frekvenciju i da pokretni delovi ciljeva prouzrokuju dodatne modulacije oko centralne Doplerove frekvencije. Ove dodatne modulacije se nazivaju mikro-Doplerova signatura cilja i mogu se koristiti za klasifikaciju radarskih signala, [5]. Za klasifikaciju različitih pokreta jedne osobe (hoda, trči, hoda dok drži štap, puzi, boksuje dok se pomera napred, boksuje dok stoji u mestu, mirno sedi), u [6] je predloženo korišćenje šest obeležja izdvojenih korišćenjem spektrograma. Širina projekcije spektrograma na frekvencijsku osu je korišćena u [7] kao vektor obeležja za klasifikaciju radarskih ciljeva (osoba, grupa osoba i vozilo). S-metod je korišćen za praćenje centralne Doplerove frekvencije u [8], dok je u [9] korišćen višeproozorski S-metod za obradu signala sa izlaza izviđačkih radara. U [10] višeproozorski S-metod je korišćen za klasifikaciju hoda čoveka, dok je u [11] predloženo praćenje centralne Doplerove frekvencije signala sa izlaza izviđačkog radara korišćenjem čestičnih filtera i modifikovane B-distribucije. Međutim, u [12] je pokazano da spektrogram obezbeđuje veću koncentraciju energije u odnosu na S-metod pri analizi višekomponentnih signala.

U ovom radu razmatrana su obeležja dobijena obradom spektrograma. Za određivanje najbolje metode za segmentaciju slike korišćena je kriterijumska funkcija koja

je opisana u [15]. Za ispitivanje uticaja kriterijumske funkcije korišćeni su signali različitog trajanja.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način: drugo poglavlje opisuje korišćenu bazu realnih radarskih signala. U trećem poglavlju je opisan kriterijum za poređenje izdvojenih obeležja, dok je u četvrtom analiziran uticaj trajanja signala na vrednost kriterijumske funkcije. Zaključak i smernice daljeg rada se mogu naći u poslednjem poglavlju.

## II. OPIS BAZE RADARSKIH CILJEVA

Ciljevi koji su analizirani u ovom radu su detektovani i praćeni automatski. Za prikupljanje realnih radarskih signala korišćen je izviđački radar kratkog dometa. Rastojanje između radara i cilja bilo je između 100 m i 1000 m, uz obezbeđenu optičku vidljivost između radara i cilja. Ciljevi su se kretali po asfaltnom putu i u prirodnom ambijentu gde je preovladavala niska vegetacija, uz unapred definisano kretanje. Amplituda primljenog eho signala je u opsegu  $\pm 1$  V, pri čemu je učestanost odabiranja 4 kHz.

Izviđački radar korišćen za prikupljanje realnih signala je impulsno-Doplerovski, koherentan i radi u Ku-opsegu. Kada se radio-frekventni signal reflektuje od cilja koji se kreće ka radaru ili od radara, eho signal reflektovan od različitih komponenti cilja će imati Doplerov pomak koji je proporcionalan brzini te komponente.

Osnovni parametri korišćenog radara su: centralna frekvencija – 16.8 GHz, srednja snaga – 5 mW, trajanje impulsa – 14.63  $\mu$ s, frekvencija ponavljanja impulsa 34.18 kHz, rezolucija po daljini – 150 m, rezolucija po elevaciji – 7.5° i rezolucija po azimutu – 5°. Korišćena je monostatička radarska konfiguracija sa paraboličnom antenom (dobitka 32 dB  $\pm$  2 dB) [3].

Napravljena je baza sirovih realnih Doplerovih signala u više različitih situacija, pri čemu je snimljeno najmanje 20 s svakog scenarija. Baza je javno dostupna [14].

## III. KRITERIJUM ZA ODREĐIVANJE NAJBOLJE METODE ZA SEGMENTACIJU SLIKE SPEKTROGRAMA

Za određivanje obeležja radarskih signala korišćen je metod opisan u [15]. Na osnovu spektrograma radarskog signala koji se analizira određeni su centralna Doplerova učestanost i širina spektra oko nje, odnosno standardna devijacija promene centralne Doplerove učestanosti. Analizom odnosa ovih parametara, a na osnovu normalizacije po maksimalnoj vrednosti i normalizacije po binovima, određen je najbolji metod za automatsku klasifikaciju ciljeva.

Pri analizi korišćen je kriterijum koji obezbeđuje maksimalnu udaljenost između klasa i minimalnu udaljenost oblika unutar klase [13], [16]. Svaka klasa je opisana na osnovu vektora matematičkog očekivanja  $\mathbf{M}_i$  i kovarijacione matrice  $\Sigma_i$ . Matrica unutarklasnog rasejanja,  $\mathbf{S}_w$ , se definiše kao:

$$\mathbf{S}_w = \sum_{i=1}^L P_i \Sigma_i, \quad (1)$$

a matrica međuklasnog rasipanja,  $\mathbf{S}_B$ , kao:

$$\mathbf{S}_B = \sum_{i=1}^L P_i (\mathbf{M}_i - \mathbf{M}_0)(\mathbf{M}_i - \mathbf{M}_0)^T, \quad (2)$$

gde  $L$  predstavlja broj klasa,  $P_i$  je apriorna verovatnoća pojave klase  $i$  i  $\mathbf{M}_0$  je vektor srednje vrednosti matematičkog očekivanja svih klasa:

$$\mathbf{M}_0 = \sum_{i=1}^L P_i \mathbf{M}_i. \quad (3)$$

U [13] i [16] definisana je kriterijumska funkcija koja obezbeđuje maksimalnu udaljenost između klasa i minimalnu udaljenost obeležja unutar klase:

$$J = \text{tr}(\mathbf{S}_w^{-1} \mathbf{S}_B) \quad (4)$$

pri čemu je  $\text{tr}(\mathbf{S}_w^{-1} \mathbf{S}_B)$  trag matrice  $\mathbf{S}_w^{-1} \mathbf{S}_B$ . Maksimalna vrednost kriterijumske funkcije obezbeđuje maksimalnu separabilnost razmatranih klasa.

Autori rada [15] su pokazali da najveću separabilnost klasa obezbeđuje binarizacija korišćenjem tehnike predložene u [17].

## IV. UTICAJ DUŽINE TRAJANJA SIGNALA NA VREDNOST KRITERIJUMSKE FUNKCIJE

U ovom radu analizirana je promena dužine trajanja ulaznog signala može se ispitati na kriterijum (4). Vrednosti trajanja signala su 1 s, 1.5 s, 2 s, 2.5 s, 3 s, 3.5 s i 4 s. Vrednosti kriterijuma  $J_1$  su računati za ulazna obeležja centralna Doplerova frekvencija i širina spektra oko nje ( $fd-W$ ), dok su vrednosti  $J_2$  određeni za obeležja centralna Doplerova frekvencija i standardna devijacija širine spektra ( $fd-Std$ ).

Tabela 1. Zavisnost funkcije  $J$  od trajanja signala

	1 s	1.5 s	2 s	2.5 s	3 s	3.5 s	4 s
$J_1$	74	79	89	89.7	102	105	121
$J_2$	53	67.2	73	87.6	71.8	83.4	98

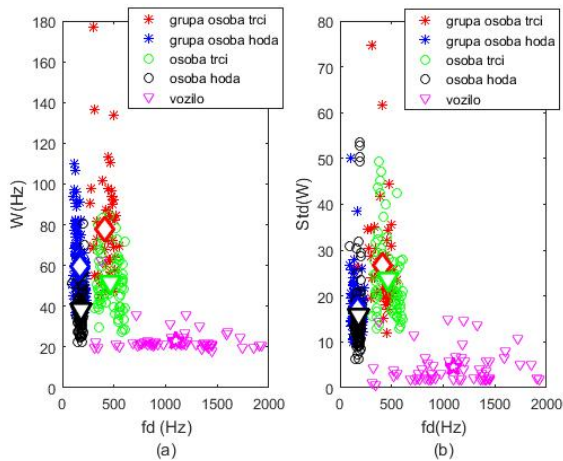
Iz tabele 1 može se uočiti da sa povećanjem trajanja ulaznog signala dolazi do povećanja vrednosti kriterijumske funkcije  $J(t)$ , što znači da je najbolja separabilnost klasa ostvarena za najduži ulazni signal. Pored ovoga uočava se da kriterijum  $J_1$  ostvaruje veće vrednosti od kriterijuma  $J_2$  za svako analizirano trajanje ulazne sekvence.

Na slikama 1-7 prikazane su zavisnosti širine spektra od centralne Doplerove frekvencije, kao i zavisnosti standardne devijacije širine spektra od centralne Doplerove frekvencije za različito trajanje signala.

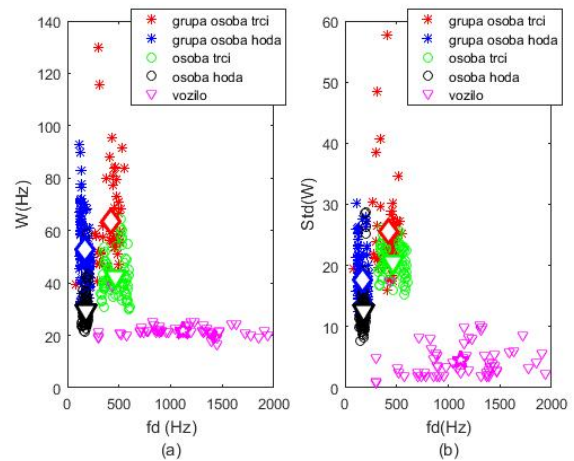
Analizom slike 1., na kojoj je prikazan signal najmanjeg trajanja, uočava se da za obeležja  $fd-Std$  dolazi skoro do preklapanja srednjih vrednosti koje potiču od osobe i grupe koja hoda, odnosno osobe i grupa koja trči. Sa druge strane, korišćenjem obeležja  $fd-W$  dolazi do razdvajanja ovih vrednosti.

Poređenjem slike 2 sa slikom 1, može se primetiti da se sa povećanjem trajanja signala, dolazi do razdvajanja srednjih vrednosti klasa za obeležja  $fd-Std$ . Analizom obeležja  $fd-W$  primećuje se da je na slici 2 došlo do veće udaljenosti srednjih vrednosti klasa u odnosu na sliku 1.

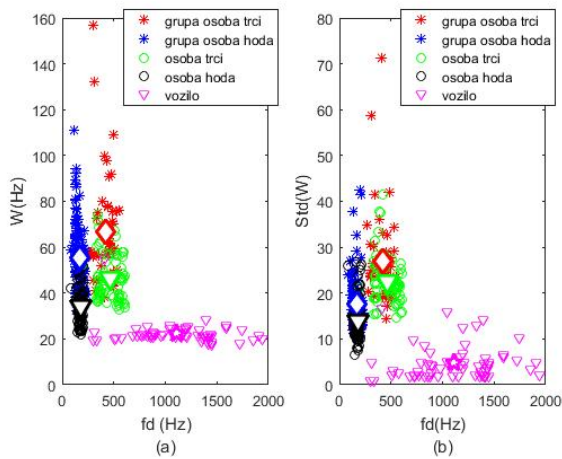




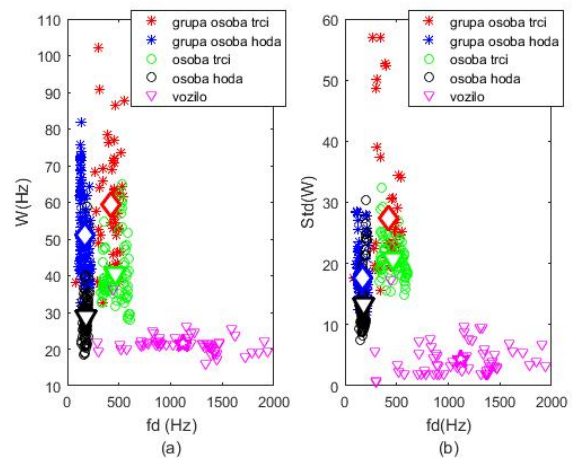
Slika 1. Signali trajanja 1 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije.



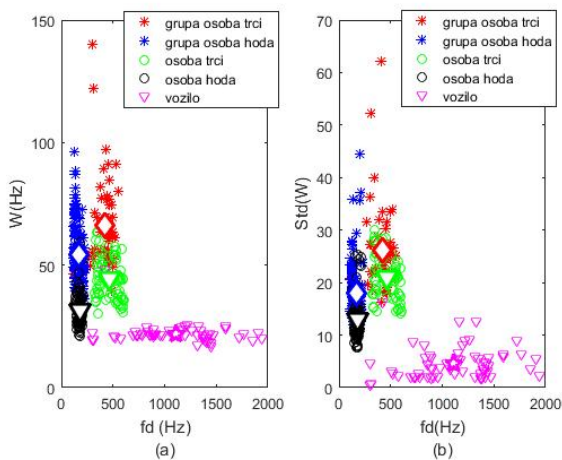
Slika 4. Signal trajanja 2.5 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije.



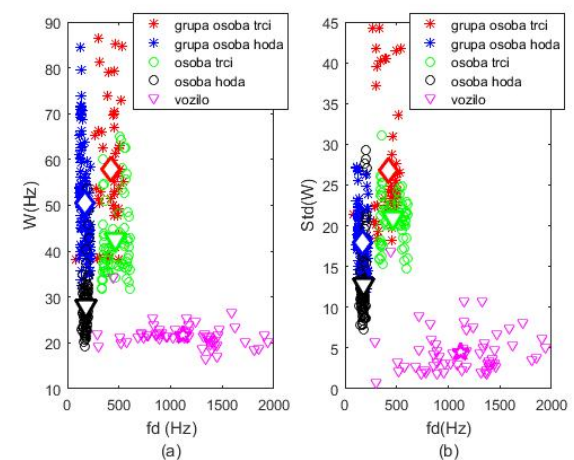
Slika 2. Signal trajanja 1.5 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije.



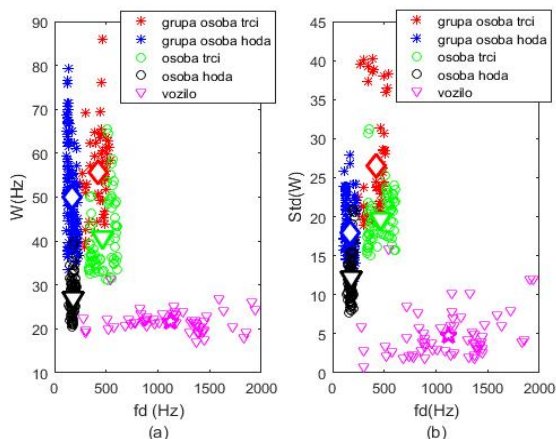
Slika 5. Signal trajanja 3 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije.



Slika 3. Signal trajanja 2 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije.



Slika 6. Signal trajanja 3.5 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Dopplerove frekvencije.



Slika 7. Signal trajanja 4 s: (a) zavisnost širine spektra od centralne doplerove frekvencije i (b) zavisnost standardne devijacije širine spektra od centralne Doplerove frekvencije.

Ukoliko se slika 3 uporedi sa slikama 1 i 2, uočava se povećanje udaljenosti srednjih vrednosti klasa. Za odnos  $fd-W$  ostvarena je veća udaljenost srednjih vrednosti klasa u odnosu na zavisnost  $fd-Std$ . Analizom slika 1-3 može se primetiti da su obeležja koja potiču od vozila izdvojena od ostalih klasa usled najmanje širine spektra. Ova pojava se može objasniti kretanjem vozila kao kompaktnog cilja, bez dominantnih sub-reflektora. Na slici 4, gde su trajanja analiziranih signala bila 2.5 s, dolazi do još veće udaljenosti srednjih vrednosti klasa, kao i sve bolje separabilnosti klasa. Do istog zaključka se dolazi i kada se izdvojena obeležja za 3, odnosno 3.5 s (slike 5 i 6) uporede sa prethodnim analizama, u kojima je analizirano povećanje trajanja signala. Poređenjem slike 7 sa prethodnim, može se primetiti da je najveća međuklasna udaljenost ostvarena za najveće trajanje signala. Na osnovu ovoga zaključuje se da sa povećanjem trajanja signala povećava i međuklasna udaljenost, a samim tim i separabilnost klasa. Ukoliko se klasa vozilo uporedi sa ostalim klasama, primećuje se da separabilnost klase vozilo od ostalih klasa ne zavisi od dužine trajanja signala.

#### V. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan uticaj trajanja signala na separabilnost ciljeva izviđačkog radara. Nakon određivanja spektrograma potrebno je izvršiti njegovu normalizaciju prema maksimalnoj vrednosti, a nakon toga primenom praga računatog prema metodi koju je predložio Kapur određene su vrednosti kriterijumske funkcije u zavisnosti od trajanja signala. Na osnovu grafičkog prikaza separabilnosti klasa za različito trajanje signala došlo se do zaključka da najveća dužina signala daje najbolju separabilnost klasa. U daljem istraživanju posebna pažnja biće posvećena klasifikaciji radarskih ciljeva na osnovu ovako izdvojenih obeležja, kao i analizi uticaja drugih vremensko-frekvencijskih distribucija (S-metod, Wigner-Ville-ova distribucija) na kvalitet izdvojenih obeležja.

#### LITERATURA

- [1] I. Bilik, J. Tabrikian, and A. Cohen, "GMM-Based Target Classification for Ground Surveillance Doppler Radar," *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. 42, pp. 267–278, January 2006.
- [2] V. Chen, and H. Ling, *Time-Frequency Transforms for Radar Imaging and Signal Analysis*, Boston, MA, USA, Artech House, 2002.

- [3] M. Andrić, D. Bujaković, B. Bondžulić, S. Simić i B. Zrnić, "Analysis of radar Doppler signature from human data," *Radioengineering*, vol. 23, no. 1, pp. 11–19, April 2014.
- [4] A. Aygar, "Doppler radar data processing and classification," Master thesis, Middle East Technical University, August 2008.
- [5] V. Chen, and H. Ling, *The Micro – Doppler Effect in Radar*, Boston, MA, USA: Artech House, 2011.
- [6] Y. Kim, and H. Ling, "Human Activity Classification Based on Micro-Doppler Signatures Using a Support Vector Machine," *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47, no. 5, pp. 1328–1337, May 2009.
- [7] J. Zabalza, C. Clemente, G. di Caterina, J. Ren, J. Soraghan, and S. Marshall, "Robust PCA Micro-Doppler Classification Using SVM on Embedded Systems," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 50, no. 3, pp. 2304–2310, July 2014.
- [8] T. Thayaparan, Lj. Stanković, and I. Đurović, "Micro-Doppler Based target Detection and Feature Extraction in Indoor and Outdoor Environments," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 345, no. 6, pp. 700–722, September 2008.
- [9] I. Orović, S. Stanković, T. Thayaparan, and Lj. Stanković, "Multiwindow S-method for Instantaneous Frequency Estimation and its Application in Radar Signal Analysis," *IET Signal Processing*, vol. 4, no. 4, pp. 363–370, August 2010.
- [10] I. Orović, S. Stanković, and M. Amin, "A new approach for classification of human gait based on time-frequency feature representations," *Signal Processing*, vol. 91, no. 3, pp. 1448–1456, June 2011.
- [11] D. Mikluc, D. Bujaković, M. Andrić, and S. Simić, "Estimation and Extraction of Radar Signal Features Using Modified B Distribution and Particle Filters," *Frequenz*, vol. 70, no. 9–10, pp. 417–427, September 2016.
- [12] D. Bujaković, M. Andrić, B. Bondžulić, S. Mitrović, and S. Simić, "Time-Frequency Distributions Analyses of Ku-band Radar Doppler Echo Signals," *Frequenz*, vol. 69, no. 3–4, pp. 119–128, March 2015.
- [13] D. Bujaković, M. Andrić, D. Mikluc, and B. Bondžulić, "Parameter order selection of autoregressive model for classification of ground surveillance radar targets," *Scientific Technical Review*, vol. 66, no. 2, pp. 3–9, 2016.
- [14] M. Andrić, B. Bondžulić, and B. Zrnić, *The database of radar echoes from various targets*. Available: <https://mega.nz/#!L4Nzxa4K!sSes9SnbRVUUn59Z8bUtg782p685Lv69IVKVx1FzITw>
- [15] T. Šević, M. Andrić, B. Bondžulić, D. Bujaković, D. Ivković, "Izdvajanje obeležja radarskih ciljeva obradom spektrograma," in *Proc. Informacione tehnologije – sadašnjost i budućnost 2017*, Žabljak, Crna Gora, 27.02-04.03.2017., pp. 233–236.
- [16] K. Fukunaga, *Introduction to statistical pattern recognition*, 2nd edition, San Diego, CA, USA: Academic press, 1990.
- [17] J.N. Kapur, P.K. Sahoo, and A.K.C. Wong, "A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 29, no. 3, pp. 273–285, 1985.

#### ABSTRACT

This paper presents one criterion for determining the best method for the segmentation of the spectrogram and the influence of the length of the signal to the criterion. Characteristics are obtained by processing of the spectrogram, by the projection on the frequency spectrogram axis, and the processing time spectrogram bins using techniques of digital image processing. It is done the comparison of the class separability with the different signals. The obtained results show that with an increase in the length of the signal increases and class separability.

Key words: Doppler frequency, ground surveillance radar, classification, image segmentation, spectrogram.

#### THE INFLUENCE OF THE CRITERIA FUNCTION ON SPECTROGRAM SEGMENTATION

Tamara Šević, Milenko Andrić, Boban Bondžulić, Dimitrije Bujaković, Dejan Ivković

# Metodi i alati za forenziku mobilnih telefona

Saso A. Gelev, Aleksandar Tudzarov, Vasilija J. Sarac, Vlatko T. Cingoski and Slobodan Bundalevski

**Sadržaj** — Mobilni telefon predstavlja multifunkcionalni telekomunikacijski uređaj, koji postaje neraskidljiv deo ljudske svakodnevnice. Mobilne telefone danas koriste sve generacije. Korisnici svoje mobilne telefone uvek nose sa sobom. Posedovanje više uređaja ili korisničkih brojeva više nije isključak već potreba. Mobilni telefoni su bogat izvor različitih podataka i informacija, počevši od ličnih podataka pa sve do podataka važnih za uspešno poslovanje preduzeća, državnih institucija i same države[1]. Ovo znači da je pitanje bezbednosti najviši prioritet, zato što su oni putem Interneta dostupni svakom korisniku bez odzira na nameru. U ovom radu dat je pregled načina, alata i procedura za akviziciju podataka koji se nalaze na mobilnim telefonima kao i specifične povezane sa forenzikom mobilnih telefona u krivičnim postupcima, od aspekta digitalnog dokaza kao suštinskog rezultata digitalne forenzičke analize.

**Gljučne reči** — mobilni telefon, digitalna forenzika, softverski forenzički alati

## I. UVOD

MASOVNA upotreba mobilnih telefona, zbog njihove funkcionalnosti, jednostavne upotrebe i pristapnosti, pristupačne cene, mogućnosti da ga uvek nosite sa sobom, i široke lepeze različite moguće upotrebe uslovljele su da se javi veliki interes za njihovu upotrebu[1],[2]. Mobilni telefoni u krivičnom postupku mogu se nalaziti u nekoliko situacija: kao sredstvo za izvršenje krivičnih dela, kao objekat nad kojim je izvršeno krivično delo ili da bude nositelj dokaza koji se odnosi na određeni zločin (dokazi su različiti, brojni u digitalnom obliku).

Najčešće se u toku svake faze upotrebljavaju različiti uređaji.

Daleke 2003 godine Kris Samers u svom napisu „Mobile phones - the new fingerprints“ za BBC News kaže da je veliki broj ubojica u Velikoj Britaniji osuđeno zahvaljujući dokazima koji su bili povezani s njihovim

Saso A. Gelev, Assoc.Prof. Faculty of Electrical Engineering, University Goce Delcev - Stip, Macedonia, Address: „Krstes Misirkov“ No.10-A, P.O 201, Stip - 2000, R.Macedonia, (phone: 389-78-203759; e-mail: [saso.gelev@ugd.edu.mk](mailto:saso.gelev@ugd.edu.mk) ).

Aleksandar Tudzarov, Assoc.Prof. Faculty of Electrical Engineering, University Goce Delcev - Stip, Macedonia, Address: „Krstes Misirkov“ No.10-A, P.O 201, Stip - 2000, R.Macedonia, (phone: 389-78-203759; e-mail: [aleksandar.tudzarov@ugd.edu.mk](mailto:aleksandar.tudzarov@ugd.edu.mk) ).

Vasilija J. Sarac, Assoc.Prof. Faculty of Electrical Engineering, University Goce Delcev - Stip, Macedonia, Address: „Krstes Misirkov“ No.10-A, P.O 201, Stip - 2000, R.Macedonia, (phone: 389-76-487069; e-mail: [vasilija.sarac@ugd.edu.mk](mailto:vasilija.sarac@ugd.edu.mk) ).

Vlatko T. Cingoski, Prof. Faculty of Electrical Engineering, University Goce Delcev - Stip, Macedonia, Address: „Krstes Misirkov“ No.10-A, P.O 201, Stip - 2000, R.Macedonia, (phone: 389-70-250210; e-mail [vlatko.cingoski@ugd.edu.mk](mailto:vlatko.cingoski@ugd.edu.mk) ).

Slobodan Bundalevski, Asst.Prof. Faculty of Electrical Engineering University Goce Delcev - Stip, Macedonia, Address: „Krstes Misirkov“ No.10-A, P.O 201, Stip - 2000, R.Macedonia, (phone: 389-70-306980; e-mail: [bobobundalevski@yahoo.com](mailto:bobobundalevski@yahoo.com) ).

mobilnim telefonima ili mobilnim telefonima njihovih žrtava [3].

U SAD-u, na osnovu opsežne analize 2006-te godine konstatovano je da su oko 80% sudskih slučajeva na jedan ili na drugi način bili povezani sa digitalnim dokazima, izvedena iz zločina povezanih sa njima.[4].

## II. DIGITALNI DOKAZI IZ MOBILNIH TELEFONA

Današnji mobilni telefoni su komunikacijski uređaji koji poseduju široku lepezu funkcija. Konstantni razvoj uvodi nove mogućnosti i veliki broj tehničkih unapređenja. Progresivni razvoj mobilnih telefona, naročito pametnih (smartphones), je u oblasti aplikativnog softvera (npr. repozitorij operativnog sistema Android poseduje najmanje 500.000 aplikacija [5], a App Store najmanje 700.000 aplikacija [6] ).

Skladiranje, distribucija i obrada velikog broja podataka najrazličitijeg formata, čini mobilne telefone interesantne od aspekta forenzičkih i krivičnih postupaka kao izvora akvizicije digitalnih dokaza. Kao dokazi koriste se:

- SMS, MMS poruke i e-mail poruke sa podacima o onome koji šalje i prima poruke i vremenske podatke.
  - Podaci o podešenim vremenskim zonama na telefonu (ako nije sinhronizovana sa forenzičkim računarnom), može dati pogrešne informacije o vremenu.
  - Fotografije, audio, video zapisi (naročito su interesantni za forenzičare ako su snimljeni na telefonu koji se analizira).
  - Aplikacije instalirane na telefonu.
  - Telefonski imenik, kalendar i druge PIM aplikacije.
  - Podaci povezani za upotrebom Internet aplikacije i podaci dobijeni upotrebom telefona za tu namenu, kao što je istorija aktivnosti (History), omiljene stranice, tj. njihovi fragmenti kada su u pitanju dinamičke stranice.
- Da bi sakrio svoje radnje, kriminalac često koristi više mobilnih aparata. Pri tome, podaci koji su značajni prestupniku čuva na SIM (Subscriber Identity Module) kartici. SIM kartica sadrži i sledeće podatke značajne za forenzičku analizu:
- Serijski broj kartice i podaci mobilnog operatora odakle se mogu dobiti podaci relevantni za istragu
  - Oblast gde se nalazio korisnik u trenutku kada je uređaj zadnju put upotrebljen pomoću LAI (Location Area Identifier).
  - Upotrebljene poruke, može ih biti 40 do 50 [7], čak i ako su izbrisane ili prekrivene drugim podacima, rekonstrukcijom određenim forenzičkim alatima.
  - Lista kontakata korisnika (današnji telefoni sadrže najmanje 250 kontakata).
  - Lista biranih brojeva.

Za vreme forenzičke istrage nikako ne smemo zaboraviti i mobilne celularne mreže. One sadrže podatke koji se mogu upotrebiti kao dokaz, a misli se na datoteku pozivanih brojeva (CDR – Call Data Record) koja je u vlasništvu operatora, a koja sadrži sve pozive u mreži[8]. Operator osim podatke koji su značajni za naplatu, kratko vreme, čuva i podatke koji njemu nisu bitni (primer ako je isključen telefon, baterija je prazna ili se isključi telefon iz bilo kog razloga, podaci kojima se otkriva gde se nalazio telefon kada je isključen. Ovo je naročito značajno kada se vodi istraga nestale osobe)[8].

### III. FORENZIKA MOBILNIH TELEFONA

Forenzika mobilnih telefona je pod-disciplina digitalne forenzike i definiše se kao nauka koja se bavi sakupljanjem digitalnih dokaza iz memorije i SIM kartice u forenzičkim uslovima, upotrebom validnih prihvaćenih metoda [9].

#### *Forenzičke metode za akviziciju podataka*

Akvizicijom se sakupljaju podaci iz inkriminiranih uređaja, ali sve radnje koje se izvode moraju sačuvati integritet podataka. Moraju se strogo poštovati određeni principi [10]:

- Sve preduzete akcije ni u kom slučaju ne smeju narušiti integritet podataka (ne smeju se menjati), neovisno dali su oni na mobilnom telefonu ili na memoriskoj kartici.
- Ljudi koji pristupaju podacima moraju biti kompetentni i sposobni da objasne svaku aktivnost koju preduzimaju.
- Neophodno je precizno dokumentovati svaki korak preduzetih aktivnosti.
- Osoba koja vodi istragu ima odgovornost da obezbedi poštovanje ovih principa i sprovedi aktivnosti u skladu sa važećim propisima.

Tokom forenzičke istrage, prvi princip najteže je poštovati. Naime, napadnuti telefon se uključuje ili isključuje. Ako je isključen, moramo ga uključiti i spojiti na sudski računar. Postoji velika verovatnoća da će to biti zamka koja bi oštetila ili izbrisala podatke. Ako je promena podataka neizbežna, neophodno je učiniti što manje promena. [11].

Kada govorimo o akviziciji podataka mobilnog telefona, govorimo o akviziciji unutrašnje memorije. .

Razlikujemo dva tipa pristupa za akviziciju mobilnih telefona [12] :

- Akvizicija koja se izvodi na logičkom nivou. To je u stvari prikupljanje podataka iz memorije mobilnog telefona uz pomoć operativnog sistema telefona.
- Akvizicija koja se izvodi na fizičkom nivou. To je u stvari kopija ukupne memorije. Kopira se bit po bit i na taj način se prikupljaju podaci i iz prostora koji operativni sistem ne nalazi, odnosno rekonstrukcija izbrisanih podataka.

#### *Ručni pregled mobilnih telefona*

To je teška metoda akvizicije koja zahteva duži vremenski period. To je logički nivo pristupa koristeći aplikacije koje su dostupne na telefonu. Naime, ručnim pristupom svakom sadržaju pretraživanja različitih menija

i podmenija, podaci se preuzimaju bez automatskog procesa. Forenzička osoba mora detaljno da upozna telefon kako bi smanjila greške. Konkretno sa forenzičkog aspekta SMS poruke su važne. Zbog toga, proces njihovog skidanja mora biti siguran, jer u izveštaju mora biti prenet njihov nepromenjen originalni sadržaj [12].

Greške ne smeju biti dozvoljene. Poseban izazov su najnoviji jeftini telefoni koje prodaju-doniraju operateri. Najčešće nemaju korisan interfejs za povezivanje sa forenzičkim uređajem, ali zato poseduju veliki kapacitet gde se čuvaju SMS poruke. Tokom forenzičke analize, telefon mora biti uključen. U tom periodu postoji opasnost od primanja novih poruka, poziva itd. što će narušiti analizu. Zbog toga telefon se postavlja u tkz Faradejev kafaz koji blokira uticaj bilo kog eksternog električnog polja ili se klonira SIM kartica (na praznoj kartici se snimaju ICCID I IMSI brojevi, sa kojom telefon radi ali nema pristup mobilnoj mreži).

#### *Akvizicija pomoću konekcionih servisa*

Akvizicija pomoću konekcionih servisa trenutno je najčešći metod koji se zasniva na funkcionisanju forenzičkih alata koji koriste protokole za slanje komandi i prijem podataka za komunikaciju sa servisima. To je akvizicija na logičkom nivou, koristeći otvorene protokole [13] kao što su AT Command Set, SyncML ili OBEX koji su zastareli ili fabrički protokoli kao što je Nokia FBUS [14]. Postoje i razvojni alati [15] koji omogućavaju programerima da kreiraju aplikacije koristeći usluge mobilnih telefona bez primene osnovnih protokola.

Postoje dve vrste alata za akviziciju: neforenzički i forenzički alati.

Neforenzički alati uglavnom su namenjeni za sinhronizaciju komuniukacije mobilni telefon - računar ili za pravljenje rezervnih kopija. Moramo biti izuzetno oprezni kada koristimo ove alate jer oni mogu ozbiljno oštetiti vjerodostojnost preuzetih podataka ili ih predstaviti u formatu koji je neupotrebljiv za forenzički izveštaj. (npr. Nokia PC Suite SMS poruke prikazuje samo tabelarno i nedozvoljava kopiranje podataka, i ne daje nikakav njihov eksport).

U drugoj vrsti alata za akviziciju (forenzički alati) spadaju:

- Forensic Tool Kit (FKT),
- EnCase,
- Expert Witness,
- Norton Utilities,
- Hashkeeper,
- HexEditor,
- SMARTLinux,
- ForensiX
- Logicube CellDEK;
- MicroSystemation XRY
- MicroSystemation XRY i dr.

Oni koriste iste protokole kao i neforenzički alati, ali ne implementiraju komande koje eksplicitno menjaju sadržaj mobilnih telefona. Ipak, nije garancija da njihovom



upotrebom nećemo modifikovati sadržaj mobilnog telefona [16], jer komande za akviziciju mogu dovesti do toga da operativni sistem menja podatke.

#### Konekcioni agenti

Predstavljaju mali programi koji se instaliraju na uređaju da bi obezbedili konekciju između telefona i forenzičkog alata. Ovaj pristup koristi klijent-server arhitekturu, gde agent igra ulogu servera. Bez agenta alat ne može dobiti podatke sa telefona.

Ovaj se metod najčešće koristi kod pametnih telefona. Mora se naglasiti da bez obzira što ovaj softver zauzima mali prostor, mora se snimiti (instalirati) u memoriju pametnog telefona, čime se deo njegovog sadržaja briše.

#### Pristup memoriji direktno [2]

Ovaj pristup memoriji mobilnog telefona se najbolje slaže sa forenzičkim principima, ali ujedno zahteva i najkompleksniji hardverski i softverski sistem (finansiski najskuplji) [7]. Ovim pristupom se prikupljaju podaci celokupne memorije telefona, neovisno od zauzetog kapaciteta i to na fizičkom nivou. Direktni pristup dozvoljava oporavak izbrisanih ili delimično istisnutih podataka, kao i zaobilaznje sigurnosnih mera koje onemogućavaju pristup podacima na logičkom nivou. Druge metode ne mogu izbeći ove mere bez dodatnih intervencija čiji uticaj može ugroziti integritet prikupljenih dokaza.

Postoje nekoliko metoda direktnog pristupa [12]:

- Prva metoda podrazumeva odstranjivanje memorijskog čipa sa štampane ploče mobilnog telefona i očitavanje njegovog sadržaja (Ovo je relativno rizična metoda jer se čip uklanja zagrevanjem lemovna na ploči. Razvijena temperatura može oštetiti čip, a time i potencijalne digitalne dokaze).

- Druga metoda direktnog pristupa koristi JTAG porte za test (Joint Test Action Group, standardizirana procedura koja se upotrebljava za testiranje interkonekcije štampane ploče i blokova unutar integritetnog kola [17]) u cilju pravljenja kompletnih forenzičkih kopija sadržaja promenljive i nepromenljive memorije telefona. Najveći nedostatak u najnovijim modelima telefona je činjenica da je vrlo teško doći do porte jer je proizvođač sakriva [12].

- Treća metoda direktnog pristupa koristi alat za flešovanje (flasher tools) namenjen za programiranje memorije uređaja (EEPROM ili fleš memorije), ali i za dijagnostiku i otkrivanja grešaka. Postoje nedostaci u primeni ove metode: u nekim slučajevima, samo se deo memorije može čitati; različiti proizvođači koriste različite pristupe interfejsu tako da se generalna primenljivost ne može postići [12].

Potrebni su kvalitetni uslovi za rad, visok nivo znanja i tehničkog obrazovanja da bi primenili bilo koju gore pomenutih metoda. Međutim, veliki nedostatak u pogledu drugih metoda jeste činjenica da ona pruža sirove podatke koji se moraju dodatno analizirati, razdvojiti značajne i korisne informacije, odnosno dokaze koji se mogu predstaviti u razumljivoj formi.

#### Mobilne celularne mreže i prikupljanje podataka

Telefon radi u okviru mobilne celularne mreže [18]. Podatke koje beleži mrežni sistem mogu se koristiti za forenzičku analizu telefona. Pre svega mogu se razdvojiti detaljni podaci za komunikaciju u oba smera u dužem vremenskom periodu. Ovi podaci su mnogo vredniji od podataka izvučenih iz samog telefona. Zbog toga se ovaj metod često koristi za validaciju podataka dobijenih drugim metodama.

Ne postoji idealna metoda za prikupljanje podataka, ali u praksi se koristi kombinacija višestrukih metoda i pristupa u pravcu postizanja optimalne efektivnosti i efikasnosti. Forenzičar, na osnovu operativnih podataka, bira koje metode će koristiti sa kojim prioriteta za svaki pojedinačni slučaj, pokušavajući da prikupi što više digitalnih dokaza, čime se smanjuje rizik promene sadržaja telefona.

Da bi dokazao da svojim aktivnostima ne krši integritet telefona, forenzičar mora u najvećoj meri minimizirati interakcije sa uređaja i dokumentovati bilo koju aktivnost. Što je broj interakcija veći, komplikovanije je dokazati da ove aktivnosti nisu kompromitovali digitalne dokaze [13]. Ako je mobilni telefon zapečaćen u posebnoj kovrtu u prisustvo i sa potpisom osumnjičenog i njegovog advokata, i u njihovom prisustvu, koverat se otvara i vrši forenzička analiza, onda se primljeni podaci mogu koristiti kao validni digitalni dokazi, tj. ukloniti svaku sumnju.

#### IV. ALATI ZA FORENZIKU MOBOLNIH TELEFONA

Alati forenzičke analize mobilnih telefona mogu se podeliti u dve osnovne grupe: Alati čija je glavna funkcija forenzička analiza i alati koji imaju drugu namenu, ali ih je proizvođač softvera nadgradio forenzičkim funkcijama (npr. Mobile Phone Examiner Plus i Neutrino firme Guidance Software).[2]. Daćemo pregled nekoliko alata.

XRY je alat za digitalnu forenziku mobilnih uređaja švedske tvrtke Micro Systemation koja se koristi za analizu i oporavak podataka s mobilnih uređaja kao što su mobilni telefoni, pametni telefoni, GPS navigacijski alati i tablet računala. Sastoji se od hardverskog uređaja koji omogućuje povezivanje telefona s računalom i softver za izdvajanje podataka (SI.1).



Slika 1. MicroSystemation XRY

XRY trenutno može da vrši akviziciju na više od 3000 različitih modela mobilnih telefona, da napravi forenzičku kopiju memorije na više od 1000 modela, i da dekodira forenzičke kopije na više od 1000 telefona.

Iste principe rada koristi i alat Cellebrite UFED, s tom razlikom što su hardverske i softverske komponente smeštene u jednom uredu, i zbog toga nije potreban

računar za akviziciju podataka (Slika 2). Podržava logičku akviziciju podataka više od 3000 modela mobilnih telefona. Može da prikuplja i dekodira podatke na fizičkom nivou na preko 1000 različitih modela, kao i da izdvoji šifre na više od 750 modela.



Slika 2 Cellebrite UFED

Logicube CellDEK omogućava akviziciju samo na logičkom nivou na preko 2000 različitih modela mobilnih telefona (Slika 3).



Slika 3 LOGICUBE CellDek F-LC7000 Police Forensic Cell Phone Data Extraction Analyzer

MOBILedit je samo aplikacija koja obezbeđuje vezu između mobilnog telefona i računara pomoću Bluetooth, Infrared ili USB kabla, u zavisnosti od modela telefona. Koristi se za očitavanje SMS poruka, logova poziva, fotografija i drugih važnih podataka sa mobilnog telefona.



Slika 4 Mobiledit

Ovi alati omogućavaju akviziciju podataka i sa GPS uređaja i tableta kao što su iPad, Galaxy Tab što je i normalno jer ovi uređaji koriste operativne sisteme iOS i Android koji se takođe koriste u mobilnim telefonima.

Analiza prikupljenih podataka (sa mobilnog telefona i sa operatera) vrši se uz pomoć analitičkog softvera za izradu šematskog prikaza..

Rezultati akvizicije se mogu eksportovati u različitim oblicima (tabelarni prikaz prikupljenih podataka sa telefona sa svim detaljima, do eksportovanje datoteka) u forenzičkoj laboratoriji, gde se u laboratorijskim uslovima obrađuju u vidu digitalnih dokaza, a dokazi se čuvaju i pripremaju za prezentaciju istražnim i sudskim organima.

## V. ZAKLJUČAK

Zajednica forenzičara za mobilne telephone stalno se součava sa izazovima i mora da je u toku sa najnovijim tehnologijama (sa aspekta razvoja mobilnih telefona i sa

aspekta razvoja forenzičkih metoda i tehnika) kako bi se otkrili relevantni tragovi u toku istrage [7].

Proizvođači mobilnih telefona često menjaju konekcijske servise i operativne sisteme. Na taj način oni otežavaju posao forenzičara (moraju edukaciski i resursno da budu u skladu sa promenama), a isto tako otežavaju posao i proizvođačima forenzičkih alata (menjaju i usavršavaju svoje proizvode čime se povećava cena).

Forenzičari moraju stalno da prate način izvršavanja krivičnih dela i da usavršavaju svoje postupke u otkrivanju digitalnih dokaza [19].

Pošto digitalni dokazi i njihovi izvori (mobilni telefoni) dobijaju sve veći značaj u krivičnom postuku, forenzičari su primorani da za svaki zasebni slučaj koriste različite alate, postupke i metode. Iako cela procedura pri skupljanju digitalnih dokaza sa mobilnih telefona u krivičnom zakonu Republike Makedonije nije do kraja jednoznačno definisana, poštovanjem postojećih propisa o privremeno oduzetih predmeta i poštovanje osnovnih kriminalističkih i forenzičkih principa, može se osigurati kredibilitet digitalnih dokaza, što je i cilj digitalne forenzike.

## LITERATURA

- [1] Hristov R., Kaević Z., „Detektivska informatika“, EURM Skoplje 2011
- [2] Vuković Igor, „Digitalna forenzika mobilnih telefona za potrebe krivičnog postupka“ telekomunikacije.rs
- [3] Summers C., "Mobile phones - the new fingerprints", BBC News, 2003
- [4] Rogers M., "A Practical Approach to Digital Crime Scene Analysis", Department of Computer Technology, Purdue University, 2006
- [5] <http://www.appbrain.com/stats/number-of-android-apps>
- [6] [http://en.wikipedia/wiki/App\\_Store\\_\(iOS\)#Number\\_of\\_launched\\_applications](http://en.wikipedia/wiki/App_Store_(iOS)#Number_of_launched_applications)
- [7] Willassen S., "Forensic analysis of mobile phone internal memory", Norwegian University of Science and Technology, 2005
- [8] Willassen S., "Forensics and the GSM mobile telephone system", International Journal of Digital Evidence, 2003.
- [9] Jansen W., Ayers R., "Guidelines on Cell Phone Forensics", National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, 2007
- [10] Ayers, R., Jansen, W., Cilleros, N., Daniellou, R., "Cell phone forensic tools: An overview and analysis", National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 2005.
- [11] Carrier, B., "Open source digital forensic tools – the legal argument", Research report, At Stake, 2002
- [12] Keonwoo Kim, Dowon Hong, Kyoil Chung, Jae-Cheol Ryou, "Data Acquisition from Cell Phone using Logical Approach", Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, 2007.
- [13] Mokhonoana P., Olivier M., "Acquisition of a Symbian smart phone's content with an on-phone forensic tool," Proceedings of the Southern African Telecommunication Networks and Applications Conference 2007 (SATNAC 2007), Sugar Beach Resort, Mauritius, September 2007.
- [14] Kot, P. and Zoltan, B. (2006). gnokii project. Website.
- [15] McDowall, I., "Programming PC Connectivity Applications for Symbian OS", Wiley, 2004.
- [16] McCarthy, P., "Forensic analysis of mobile phones", Master's thesis, University of South Australia, 2005.
- [17] [http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary\\_scan](http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_scan)
- [18] Croft, N., "Secure interoperation of wireless technologies", Master's thesis, University of Pretoria, 2004.
- [19] Milosavljević M. Grubor G. Digitalna forenzika – udzbenik, Univerzitet Singidinum, Beograd 2009

# Digitalizacija maloprodaje na globalnom tržištu

Jelena Končar, Sonja Vučenović, Zita Petrović Katai, *Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici*

**Sadržaj** — Maloprodajni sektor je jedan od najdinamičnijih i sa najviše promena kada je reč o primeni digitalnih tehnologija. Digitalizacija predstavlja neminovnost u savremenim uslovima, od maloprodavaca se zahteva da prate savremene tehnološke trendove, ne samo u segmentu primene elektronske maloprodaje, već i u svakodnevnom poslovanju u maloprodajnim objektima. Primena digitalnih tehnologija postaje neophodan uslov postizanja konkurentnosti na savremenom tržištu. Tehnologije zasnovane na Internetu, vizualni prikazi u prodajnom objektu, personalizacija su neke od tehnologija koje postaju prisutne u maloprodajnim objektima. U takvim uslovima maloprodajni objekat ima novu ulogu za maloprodavca, a posebno za potrošača koji zahvaljujući tehnologiji dobija novo inovirano kupovno iskustvo.

**Ključne reči** — digitalizacija, elektronska maloprodaja, globalno tržište, maloprodajni objekat.

## I. UVOD

DIGITALIZACIJOM u sferi maloprodaje se ne smatra samo ulazak na elektronsko tržište i primena elektronske trgovine, već i primena savremenih digitalnih trendova u tehnologiji u maloprodajne objekte. Dok se primena digitalizacije u elektronskoj maloprodaji podrazumeva, u tradicionalnoj maloprodaji digitalne tehnologije pojavljuje se u obliku multikanalne prodaje potrošačima, koja nema jednake efekte kod svih maloprodavaca. Sa druge strane nivo primene tehnologije u maloprodajnim objektima se razlikuje u zavisnosti od nivoa primene tehnologije u određenoj zemlji, prihvatanja tehnologije od strane potrošača, veličine maloprodavca, maloprodajnog formata, itd. Ono što je ključno u eri digitalizacije kada je reč o sektoru maloprodaje jeste:

- *Koja je nova uloga maloprodajnog objekta u digitalnoj eri?*

Digitalizacija je trend koji se nameće u savremenim uslovima u svim sferama ljudskog delovanja. U prvim fazama razvoja elektronske maloprodaje na Internetu, postojala je zabrinutost da će Internet izazvati smanjenu kupovinu u maloprodajnim objektima. Ipak, uloga maloprodajnog objekta i dalje ima značaj kod potrošača,

J. Končar, Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici, Segedinski put 9-11, 24000 Subotica, R. Srbija (telefon: 024/628015, email: koncarj@ef.uns.ac.rs)

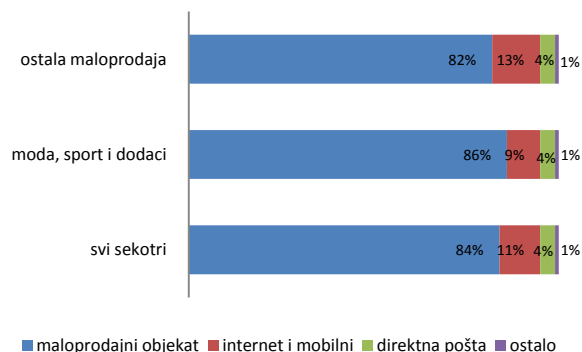
S. Vučenović, Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici, Segedinski put 9-11, 24000 Subotica, R. Srbija (telefon: 024/628015, email: sonjavucenovici@ef.uns.ac.rs)

Z. Petrović Katai, Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici, Segedinski put 9-11, 24000 Subotica, R. Srbija (telefon: 024/628015, email: petrovickzita@ef.uns.ac.rs)

posebno kod fizičkog doživljaja proizvoda. Savremene digitalne tehnologije menjaju tradicionalan pristup kupovini potrošača, i donose novo kupovno iskustvo, a sve u cilju postizanja konkurentnosti maloprodavaca.

## II. UTICAJ DIGITALIZACIJE NA RAZVOJ MALOPRODAJE

Digitalizacija kao masovno usvajanje digitalnih tehnologija i aplikacija za povezivanje od strane potrošača, preduzeća i vlade – jeste sila koja menja pristup u svim sektorima [1, p. 4]. Mnoge zemlje postavljaju uslove digitalizacije preduzećima i javnom sektoru kako bi olakšale način funkcionisanja, odnosno išle u korak sa savremenim trendovima u ovoj oblasti. Činjenica je da se menja način proizvodnje proizvoda i usluga, način plasiranja i potrošnje proizvoda od strane potrošača. Potrošači očekuju da lako pronalaze informacije o ponudi na Internetu, u svakom trenutku; oni pretražuju na Internetu, pored proizvoda, u sopstvenom vremenu i prostoru, bez spoljnih uticaja na donošenje odluke o kupovini, a kupovinu obavljaju u kanalu marketinga koji je za njih najpogodniji. Potpuno digitalizovan proces kupovine je primetan kod digitalnih proizvoda, za koje je elektronska maloprodaja najbrži i najpogodniji način kupovine, a preuzimanje digitalnih sadržaja za ove proizvode (npr. softveri, programi, igre, muzički sadržaji, video) je trenutno na Internetu. Iako su maloprodavci ključni u kreiranju tražnje za proizvodima preko displeja u prodajnom objektu, promocije, prodajne sile, sve ovo se gubi kada proizvođač digitalnih proizvoda eliminiše posrednike u kanalu [2, p. 163]. U takvim uslovima javlja se omnikanalna kupovina potrošača, odnosno njegovo pomeranje iz jednog kanala marketinga u drugi u procesu donošenja odluke o kupovini.



Sl.1. Omnikanalni udeo maloprodajnog prometa [3, p. 6]

Omnikanalna kupovina ima različit udeo u maloprodajnom prometu u zavisnosti od proizvoda koji je predmet kupovine. U svim sektorima maloprodaje 84%



maloprodaje se realizuje u maloprodajnom objektu, 11% putem Interneta i mobilnih uređaja, a direktna pošta je zastupljena 4%.

Proces digitalizacije obuhvata sve oblasti i sfere ljudskog delovanja, pa tako ne zaobilazi ni maloprodaju. U Evropskoj uniji Danska, Finska, Švedska i Holandija imaju najnaprednije digitalne ekonomije, zatim Luksemburg, Belgija, Velika Britanija i Irska, dok Rumunija, Bugarska, Grčka i Italija imaju najniže rezultate na DESI (Digital Economy and Society Index) (u 2016. godini sve države članice poboljšale su DESI, Slovačka i Slovenija napredovale su najviše, i to više od 0,04 za razliku od proseka EU od 0,028), sa druge strane, u Portugalu, Litvaniji i Nemačkoj je došlo do niskog porasta ispod 0,02) [4]. Za Republiku Srbiju i ostale zemlje koje pristupaju Evropskoj uniji, digitalizacija je neophodan predpristupni uslov u svim oblastima. U Republici Srbiji, kada je reč o efektima primene elektronske uprave, oni su u direktnoj zavisnosti od individualnih korisnika, građana i poslovnih subjekata, a direktni efekti su povezani sa efikasnošću, razvojem infrastrukture, većom uključenosti građana i kreiranjem novih usluga [5, str. 55]. U skladu sa tim svaka zemlja donosi strategije za pojedine oblasti i akcione planove za sprovođenje digitalizacije.

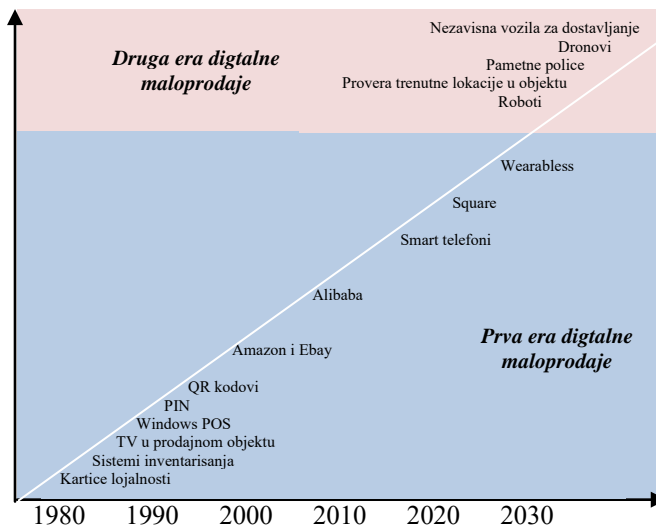
### III. DIGITALNE TEHNOLOGIJE U MALOPRODAJI

Glavni izazov u savremenoj maloprodaji je postizanje nivoa digitalizacije koji će pratiti primenu tehnologije u ostalim oblastima. Elektronska maloprodaja sve više dolazi do izražaja u tržišno razvijenim zemljama, pa tako je u Nemačkoj udeo elektronske maloprodaje u ukupnoj maloprodaji bio 10% u 2017. godini (u poređenju sa samo 1,5% u 2005. godini), a 55% multikanalnih maloprodavaca očekuje porast prodaje, dok samo 8% smatraju da će imati pad [6]. Očekuje se da će elektronska maloprodaja doseći 4 milijarde dolara širom sveta do 2020. godine, što je dvostruko više nego sada [7].

Jedan od osnovnih uslova za digitalizaciju maloprodaje jeste smanjivanje korišćenja gotovog novca u plaćanjima. I dalje je velika prisutnost gotovine, iako su na raspolaganju različite opcije bezgotovinskog plaćanja. U 2013. godini 85% svetskih transakcija bilo je u gotovini, dok su Holandija, Francuska, Švedska i Švajcarska među državama u svetu sa najmanje gotovinskih transakcija, čak i u eurozoni 75% plaćanja u maloprodajnim objektima je u gotovini, a većina zemalja u razvoju uglavnom zavisi od gotovine kao što su Malezija, Peru i Egipat gde je samo 1% transakcija bezgotovinsko [7].

Među savremenim tehnologijama koje imaju mogućnost primene u maloprodajnim objektima, očekuje se da će u narednom periodu imati značaj [8, p. 10]: Internet stvari (IoT), autonomna vozila (AV)/dronovi, veštačka inteligencija (AI)/mašinsko učenje, robotika, digitalna sledljivost, 3D štampanje, proširena stvarnost (AR)/virtuelna stvarnost (VR), i Blockchain. Zbog nedostatka fizičkog prisustva proizvoda u elektronskoj maloprodaji sve više dobijaju na značaju tehnologije kao što su proširena realnost (AR), virtuelna realnost ili stvarnost (VR), 3D-modeliranje i mobilne kupovine zasnovane na aplikacijama. Na slici 2. je prikazana evolucija novih tehnologija u maloprodaji, gde se prethodna dekada smatra erom elektronske maloprodaje, dok će u narednom periodu dominirati navedene

tehnologije u tradicionalnoj maloprodaji. Primena elektronske maloprodaje od strane maloprodavaca koji imaju maloprodajnu mrežu se smatra neophodnim uslovom za sve maloprodavce. Međutim, ono što nije bilo karakteristično za najveće „čiste“ elektronske maloprodavce, oni ulaze na tradicionalno tržište maloprodaje, kao što je slučaj sa AmazonGo maloprodajnim objektima najvećeg do sada „čistog“ maloprodavca, koji je na ovaj način potrošačima ponudio novi koncept maloprodaje i kupovnog iskustva, bez prodavaca, bez redova, bez blagajni, sa mobilnim plaćanjem i time napravio revoluciju u tradicionalnoj maloprodaji.



Sl. 2. Nove tehnologije u maloprodaji [9, p. 27]

Posmatrajući evoluciju novih tehnologije u maloprodaji, do sredine druge dekade 21. veka dominaciju je imala elektronska maloprodaja, međutim sve veći uticaj daljem razvoju maloprodaje će imati tehnologije primenljive u maloprodajnim objektima. Do sada je elektronska maloprodaja bila inovativni maloprodajni format čije je učešće u ukupnom maloprodajnom prometu raslo, ali prelaskom Amazon.com na tradicionalno maloprodajno tržište, jer u offline poslovanju ne vidi svoj dalji razvoj, postavlja se pitanje da li će na ovaj način porasti konkurencija između offline i online maloprodaje, odnosno opadati učešće elektronske maloprodaje u ukupnom maloprodajnom prometu.

Neke od savremenih tehnologija koje će povećati konkurentnost maloprodajnog objekat u odnosu na elektronsku maloprodaju, i obezbediti bolje kupovno iskustvo i doživljaj proizvoda su [10, p. 2]:

1. Virtuelni proizvodi - zona virtuelnih proizvoda pruža beskrajne virtuelne police maloprodavcima;
2. Zone iskustva - bez korišćenja kabina za presvlačenje, potrošač može na jednostavan način i praktično probati više proizvoda;
3. Zone virtuelne simulacije - virtuelna simulacija pruža potrošačima stimulatívno iskustvo čitavog maloprodajnog objekata;
4. Maloprodajni teatar - potrošač skenira oznake fizičkog proizvoda i koristi zonu iskustva da ga praktično isproba na sebi;

5. Fizički proizvodi sa displejima za pravljenje prototipa - potrošači mogu prilagoditi proizvode (oblik, veličina, dizajn, boje, itd.) prema njihovim potrebama.

Kada je reč o primeni digitalne tehnologije u maloprodaji u narednim godinama se govori o pet najvećih maloprodajnih trendova [11, p. 4]:

1) Tehnologija menja iskustvo potrošača - budući da se tehnologija menja izuzetno brzo, samo maloprodavci koji se prilagođavaju imaju šansu za uspeh;

2) Mobilna trgovina nastavlja svoj rast - pametni telefoni brzo povećavaju svoj udeo u elektronskoj maloprodaji, 54% je godišnji rast potrošača u maloprodajnim objektima pod uticajem korišćenja pametnih telefona;

3) Stvaranje značajnog iskustva je od ključnog značaja - smišljeno iskustvo potrošača i angažovanje brenda je presudno, iskustvo potrošača postaje ključno u konkurentnosti;

4) Personalizacija je budućnost maloprodaje - važnost personalizacije u maloprodaji pokazuje da su preduzeća koja nude personalizaciju na Internetu u proseku povećala prodaju 19%;

5) Povlačenje i zadržavanje talenata je kritično - potreba za privlačenjem, zadržavanjem i razvijanjem radne snage koja odgovara rastućim potrebama tržišta je od velike važnosti, da bi se obezbedio rast, maloprodavci moraju osigurati da privlače i zadržavaju talente sa pravim veštinama.

Za maloprodavce je od velikog značaja da prate savremene tehnologije, da se uključe u proces digitalizacije, i na tim osnovama obezbeđuju konkurentnost. Jedino na taj način mogu da obezbede poziciju u dinamičnom okruženju.

#### IV. ZAKLJUČAK

Digitalizacija kao masovno usvajanje digitalnih tehnologija i aplikacija za povezivanje od strane potrošača, preduzeća i vlade menja pristup u svim sektorima. Uslovi digitalizacije se postavljaju pred preduzeća i javni sektor kako bi povećali efikasnost u funkcionisanju, odnosno išle u korak sa savremenim trendovima. Potpuno digitalizovan proces kupovine je primetan kod digitalnih proizvoda kod kojih je proces kupovine i raspolaganja proizvodima trenutno. Omnikanalna kupovina sve više dobija na značaju i podrazumeva pomeranje potrošača iz jednog kanala marketinga u drugi u procesu donošenja odluke o kupovini. Proces digitalizacije obuhvata sve oblasti i sfere, pa tako ne zaobilazi ni maloprodaju. Svaka zemlja donosi strategije za pojedine oblasti i akcione planove za sprovođenje digitalizacije. Jedan od osnovnih uslova za

digitalizaciju maloprodaje je smanjivanje korišćenja gotovog novca u plaćanjima. Digitalne tehnologije koje menjaju ulogu maloprodajnog objekta su proširena realnost (AR), virtuelna realnost (VR), 3D-modeliranje, mobilne kupovine zasnovane na aplikacijama itd. Posmatrajući evoluciju novih tehnologije u maloprodaji sve veći uticaj u daljem razvoju maloprodaje će imati tehnologije primenljive u maloprodajnim objektima, a ne elektronska maloprodaja. Digitalne tehnologije koje će obezbediti bolje kupovno iskustvo i doživljaj proizvoda potrošačima su: virtuelni proizvodi, zone iskustva, zone virtuelnih simulacija, maloprodajni teatar, i fizički proizvodi sa displejima za pravljenje prototipa. Pet najvećih maloprodajnih trendova su: tehnologija menja iskustvo potrošača, mobilna trgovina nastavlja svoj rast, stvaranje značajnog iskustva je od ključnog značaja, personalizacija je budućnost maloprodaje, i povlačenje i zadržavanje talenata je kritično.

#### LITERATURA

- [1] Pwc, *The Digital Future of Creative Europe, The economic impact of digitization and the Internet on the creative sector in Europe*, PWC, 2013.
- [2] E. Turban, D. King, J. Lee, T.-P. Liang, D. C. Turban, *Electronic Commerce 2012. A Managerial and Social Networks Perspective*, Boston, Pearson, 2012.
- [3] KurtSalomon, HDE, *The Digitisation of Physical Retail, The New Shopping Experience*. a joint study, Kurt Salomon, Dusseldorf, 2015.
- [4] European Commission, "*The Digital Economy and Society Index (DESI)*", available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>, accessed: decembar 2017.
- [5] J. Končar, S. Leković, Z. Petrović Katai, "*E-government as a business model of ecommerce in the Republic of Serbia*", Zbornik radova sa XXII međunarodnog naučno - stručnog skupa Informacione tehnologije - sadašnjost i budućnost, Žabljak 27. februara-04. marta 2017., str. 54-57.
- [6] J. Auer, "*Digitalisierung ermöglicht Einzelhandel dynamisches Umsatzwachstum - Retail sector to enjoy dynamic sales growth, courtesy of digitisation*", 27. September 2017, dostupno na: [https://www.dbresearch.com/servlet/reweb2.ReWEB?rwnode=NAVIGATION&rwsite=RPS\\_DE-PROD&rwobj=ReDisplay.Start.class&document=PROD0000000000452280](https://www.dbresearch.com/servlet/reweb2.ReWEB?rwnode=NAVIGATION&rwsite=RPS_DE-PROD&rwobj=ReDisplay.Start.class&document=PROD0000000000452280), preuzeto: decembar 2017.
- [7] B. Chakravorti, A. Bhalla, R. Chaturvedi, "*60 Countries Digital Competitiveness Indexed*, July 12, 2017", available at: <https://hbr.org/2017/07/60-countries-digital-competitiveness-indexed>, accessed: decembar 2017.
- [8] World Economic Forum, *Shaping the Future of Retail for Consumer Industries*, Geneva, January 2017.
- [9] S. Brown, D. Roth, *The Second Era of Digital Retail - A Vision for the Future of Shopping and the Smart Shelf*, Intel, 2017.
- [10] A. Morya, A. Nigam, F. Rehman, A. Kumar, "*The Digital Retail Theater: Shopping's Future*", Cognizant 20-20 insights, July 2016.
- [11] KPMG, *Global retail trends*, KPMG, June 2017.

# Sistem za daljinsko uključivanje i isključivanje električnih uređaja, slanjem SMS poruka

Aleksandar Tomić, Radiša Stefanović, Nada Ratković Kovačević, Aleksa Srdanov

**Sadržaj** — Rad prikazuje sistem za daljinsko uključivanje i isključivanje električnih uređaja u kući ili u stanu, slanjem SMS poruka (SMS - Short Message Service). Sistem je projektovan i napravljen radi povećanja udobnosti u domaćinstvu – *Smart Home*, kao i uštede energije – *Smart House*, *Smart Building*. Osnova uređaja je razvojni sistem Arduino Uno R3. Centralni deo ovog Arduino razvojnog sistema je ATmega328P mikrokontroler. Daljinska kontrola se ostvaruje slanjem SMS poruka, preko GSM (Global System for Mobile communication). Komunikacija je ostvarena uz upotrebu GSM shield SIM900 modula. Relay shield je upotrebljen je za energetski deo uređaja i upravljanje relejima. Program mikrokontrolera je napisan u Arduino integrisanom razvojnom okruženju - *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*, u C/C++ programskom jeziku. U radu je opisan hardver celog sistema.

**Ključne reči** — Arduino Uno R3 razvojni okruženje, daljinska kontrola, mikrokontroler ATmega328P, serijska komunikacija, SIM900, SMS.

## I. UVOD

CILJ ovog rada bilo je postizanje jednostavnog rešenja, modularne strukture i prilagodljive veličine, koje je moguće razviti uz minimalan utrošak vremena i novca, uz primenu već postojećih tehnologija i rezultata. Razvijen je sistem za daljinsko uključivanje i isključivanje električnih uređaja, slanjem SMS poruka (SMS - Short Message Service), koji je osmišljen i napravljen za potrebe povećane udobnosti u domaćinstvu - *Smart Home*, kao i radi uštede energije - *Smart House*, *Smart Building* [1]. Sa daljine od više stotina kilometara, nekoliko sati unapred, uključuje se grejač vode u bojleru, kao i parni kotao za etažno grejanje (eventualno i drugi uređaji), kako bi se blagovremeno postigla željena temperatura vode i temperatura ambijenta u kući. Ostali zahtevi bili su: funkcionalan raspored potrebnih priključaka i signalizacije na uređaju, uz jednostavnu izradu sklopa. Kod pisanja programa, korišćena je *on-line* raspoloživa dokumentacija, knjige,

Aleksandar B. Tomić (autor za kontakte), Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, 11050 Beograd, Srbija (telefon 381-63-597273, e-mail: [aleksandar.tomic@pupin.rs](mailto:aleksandar.tomic@pupin.rs)).

Radiša R. Stefanović, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Požarevac, Nemanjina 2, 12 000 Požarevac, Srbija (telefon: 381-12-531667; e-mail: [radisa.stefanovic@vts-pozarevac.edu.rs](mailto:radisa.stefanovic@vts-pozarevac.edu.rs))

Nada V. Ratković Kovačević, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Beograd, Bulevar Zorana Đinđića 152a, 11070 Novi Beograd, Srbija (telefon 381-63-8422044, e-mail: [nratkovicmf@gmail.com](mailto:nratkovicmf@gmail.com); [nada.ratkovic.kovacevic@visokatehnicka.edu.rs](mailto:nada.ratkovic.kovacevic@visokatehnicka.edu.rs)).

Aleksa S. Srdanov, Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac, Nemanjina 2, 12000 Požarevac, Srbija (telefon: +381-12-531-667; e-mail: [aleksa.srdanov@vts-pozarevac.edu.rs](mailto:aleksa.srdanov@vts-pozarevac.edu.rs)).

forumi, srodni projekti iz Arduino ekosistema i zajednice - komune, što sve predstavlja značajnu pomoć pri razvoju mikrokontrolerski upravljanih uređaja i sistema [1] – [11].

## II. MIKROKONTROLER ATMEGA328P

Mikrokontroler je digitalni elektronski sklop, koji integriše veći broj elektronskih kola u isti čip, a namenjen je upravljanju procesima i uređajima u realnom vremenu.

Proizvodnja mikrokontrolera iznosi nekoliko milijardi godišnje i mnogostruko premašuje proizvodnju mikroprocesora, koji se koriste u personalnim računarima. Potražnja i proizvodnja mikrokontrolera u višemilionskim serijama dovela je do pada njihove cene i primene u svim aspektima našeg života. Programiranje mikrokontrolera je olakšano korišćenjem *flash* memorija, koje je moguće mnogo puta brisati i upisivati (i do  $10^5$  puta). Na tržištu postoje 8, 16, 32 i 64-bitni mikrokontroleri kao i *DSP* modeli, dizajnirani za brzo računanje velikog broja matematičkih operacija.

Mikrokontroler ATmega328P, koji je centralni deo razvojnog Sistema Arduino Uno R3, proizvod je Atmel kompanije, koju je kupila kompanija *Microchip*, inače vodeća po proizvodnji mikrokontrolera.

ATmega328P odlikuju visoke performanse i mala potrošnja električne energije. Baziran je na 8-bitnoj *AVR RISC* arhitekturi, uz 32KB *ISP flash* memoriju (*ISP - In-System Programming*) sa mogućnošću čitanja i pisanja. Ima 1024B EEPROM, 2KB SRAM, 23 ulazno-izlazna pina opšte namene, od čega 6 za *PWM (Pulse Width Modulation)* impulsno širinski modulirane izlaze, 3 prilagodljiva tajmera/ brojača, serijski USART, SPI serijski port, 6-kanalni 10-bitni A/D konvertor, programabilni *Watchdog* tajmer sa unutrašnjim oscilatorom i 5 načina za smanjenje potrošnje programiranjem. Jednosmernu napajanje može biti od 1,8V do 5,5V. Izvršavajući u jednom ciklusu takta i najzahtevnije instrukcije, postiže brzine protoka, koje se približavaju 1MIPS/ 1MHz, uravnotežujući potrošnju energije i brzinu obrade. Atmega328P je lako dostupan i, zbog povoljne cene, spada u kategoriju jeftinijih proizvoda kompanije *Microchip* [2] - [5].

## III. RAZVOJNI SISTEM ARDUINO UNO R3

Projekat Arduino je *open source* tipa, a započeo je 2005. godine, kao podsticaj studentima, da uče programiranje, računarske nauke i elektroniku. Originalni Arduino razvojni sistem, kao i njegovi klonovi, proizvedeni su u više miliona primeraka. Najveća prednost Arduino mikrokontrolerske razvojne platforme je jednostavno korišćenje: čak i ljudi bez programerskog iskustva mogu da savladaju



osnove i da počnu da stvaraju sopstvene projekte za relativno kratko vreme [2], [3].

Osnova uređaja, prikazanog u radu, je razvojni sistem Arduino Uno R3, sa mikrokontrolerom ATmega328P. Postoje i druge Arduino platforme, osim ovde korišćene. Na razvojnom sistemu se nalazi sve što je potrebno za podršku mikrokontroleru - Arduino Uno R3 ima [2], [3]: 14 digitalnih ulaza/izlaza (od kojih se 6 mogu koristiti kao *PWM* - impulsno širinski modulirani izlazi); 6 analognih ulaza; 16 MHz kvarcni oscillator; linearni regulator napona za 5V; USB priključak; priključak za napajanje; *ICSP* heder; taster za resetovanje; na pinu 13, internu kontrolnu LED diodu. Ranije verzije Arduino sistema su za programiranje i komunikaciju koristile serijski port RS-232, a noviji sistemi, pa i Arduino Uno R3, rade preko USB priključka [4]. Arduino Uno R3 se, pomoću USB kabla, jednostavno povezuje sa računarom, radi napajanja i programiranja, a može se napajati i nezavisno, iz mreže, preko AC/DC adaptera ili baterijom. Arduino razvojni sistemi, isporučuju se sa sopstvenim *bootloader* programom, koji omogućava upisivanje programa, kreiranih od strane korisnika, u *flash* memoriju mikrokontrolera.

Prednost Arduino razvojnog okruženja je i lako spajanje dodatnih modula i priključaka, koji se zovu šildovi (engl. *shields*). Kupuju se gotovi ili ih sami pravimo po potrebi. Šildovi proširuju funkcionalne mogućnosti celog sklopa, a najpoznatiji su: *GPS*, *GSM*, *bluetooth*, *ethernet*, *LCD*, *RFID*, *relay*, ...

#### A. Razvojno okruženje Arduino IDE

Za potrebe programiranja Arduino razvojnog sistema, koristi se Arduino *IDE* (*Integrated Development Environment*) – integrisano razvojno okruženje. *Arduino IDE* je aplikacija napisana u Java programskom jeziku, koja se jednostavno koristi i ima minimalistički, ali funkcionalan korisnički interfejs. *Arduino IDE* je i besplatan alat, koji omogućava korisniku da programira Arduino hardver i ATmega328P mikrokontroler, na programskom jeziku zasnovanom na *WIRING* jeziku. Ovaj jezik je sličan jeziku C/C++, sa izvesnim pojednostavljenjima, napravljenim za Arduino. Sa zvaničnog sajta Arduino projekta [5], mogu se besplatno preuzeti *Arduino IDE* verzije za operativne sisteme *Windows*, *Linux* i *Mac*.

*Arduino IDE* obuhvata i editor teksta (pa i programa), koji poseduje mogućnost automatskog označavanja koda (različito su obojeni komentari, direktive i komande), uparivanje zagrada i automatsko nazublivanje linija koda. *Arduino IDE* isporučuje se uz mnogobrojne korisne C/C++ biblioteke. Prilikom pisanja programa, korisnik mora da definiše samo dve funkcije: za početna podešavanja služi **setup()**, koja se izvršava pri pokretanju programa, a druga je **loop()**, čije se izvršavanje ponavlja u beskonačnoj petlji, sve dok mikrokontroler ima napajanje. Prevodilac/ kompajler prevodi kod, a zatim ga punilac/ loader prebacuje u mikrokontroler, pri čemu nije potrebno podešavati parametre za prevođenje koda [2] - [5].

#### IV. GSM SHIELD SIM900

Modul *GSM shield* ima modemske čip SIM900, koji je

proizvod kompanije SIMCOM, a omogućava komunikaciju korišćenjem GSM telefonske mreže. GSM, od *Global System for Mobile Communication*, je međunarodni standard za mobilnu telefoniju. Ponekad se naziva još i mreža 2G, 3G ili 4G (generacije), zavisno od mrežnih usluga, koje su na raspolaganju. Radi se i na razvoju 5G mreža. Modul SIM900 je modem, kompatibilan sa Arduino razvojnim sistemom i njegovim klonovima. Da bi se koristio GPRS za pristup internetu preko Arduino okruženja, potrebno je konfigurisati ime tačke pristupa mreži (*APN - Network Access Point*), kao i korisničko ime i lozinku za prijavljivanje na mrežu. Sa gledišta mobilnog operatora, *GSM shield* se prijavljuje i ponaša kao mobilni telefon, dok iz perspektive Arduino razvojnog sistema, predstavlja modem [6], [7]. Podržani protokoli su SMS, MMS i GPRS, za slanje AT komandi, preko UART modula [7].

Rad [1] prikazuje i poredi više načina za daljinsko i bežično upravljanje automatizovanim *Smart Home* sistemom, gde se upravljanje slanjem SMS poruka, ističe kao veoma pouzdano i bezbedno, a upotrebljeni mikrokontroler je PIC16F887, dok je Arduino platforma u [1] primenjena za upravljanje pomoću glasa.

*GSM shield* ima 12 GPIO pinova - ulazno-izlaznih pinova opšte namene, GSM antenu, priključak za napajanje, holder za SIM karticu i LED diode za indicaciju određenih stanja. Najznačajnije karakteristike GSM modula su [6], [7]: dizajn, koji omogućava rad na četiri frekvencijska opsega, (850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz); niska potrošnja: 1.0 mA (u stanju pripravnosti - u *sleep* modu); radna temperatura: od -40 °C do +85 °C; GPRS klasa 10: maksimalno 85.6 kbps (*downlink*); PWM; TCP/UDP protokol; ADC – analogno digitalna konverzija; *RTC backup* – čuvanje podataka o realnom vremenu.

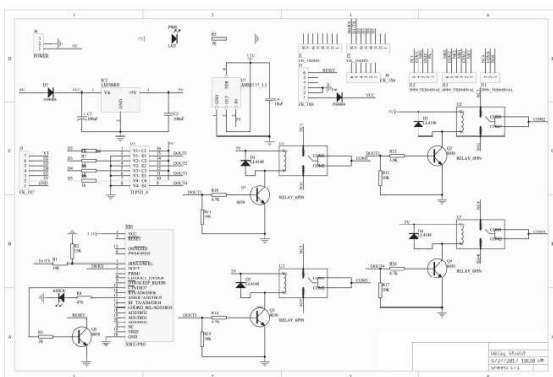
Da bi bilo moguće pristupiti GSM mreži preko *GSM shield* SIM900 modula, potrebno je biti korisnik nekog operatora mobilne telefonije i posedovati odgovarajuću SIM karticu. Operator mreže mobilne telefonije pruža uslugu, na koju se korisnik prijavljuje svojim pretplatničkim identitetom. *GSM shield* prihvata kartice miniSIM formata, veličine 25mm x 15mm. SIM kartica sadrži informacije o pretplatničkom broju, a može da skladišti i ograničenu količinu podataka (kontakte, SMS i slično).

#### V. RELAY SHIELD

Za energetske deo i upravljanje relejima, upotrebljen je *Relay shield* (slika 1.). Ovaj modul omogućava uključivanje uređaja, koji za svoj rad zahtevaju struje veće jačine, od onih koje Arduino digitalni ulazno-izlazni pinovi mogu da podrže, zbog ograničenja u pogledu struja i napona za koje su dizajnirani. *Relay shield* ima četiri releja visokog kvaliteta, i obezbeđuje priključke sa normalno otvorenim (NO) i normalno zatvorenim (NC) kontaktima. Dodatna izolacija i zaštita obezbeđena je optokaplerima, čime se omogućava nesmetano i bezbedno povezivanje releja sa Arduino razvojnim sistemom.

Neke od karakteristika *Relay Shield* modula su: standardizovan oblik i dizajn; kompatibilnost sa Arduino Uno razvojnim sistemom; upravljanje relejima preko I/O pinova 4, 5, 6 i, ovde, 8 (inače 7); pinovi releja su NO, NC

i COM (Zajednički) kontakt; status svakog od 4 releja (uključen ili isključen), prati se odgovarajućom LED diodom; postoje prolazni pinovi, za dodavanje drugih modula; izlazi sa releja su sa WAGO klemama. Ovdje primenjen *Relay Shield* (čija je električna šema na sl. 1.) je kupljen gotov [8], ali se i on može izraditi, prema *open source* konceptu celog Arduino projekta [5]. *Relay Shield* je modifikovan, da bi se mogao povezati sa GSM modulom - pin 7 je preusmeren na pin 8, zbog POWER KEY pina na GSM modulu [5], [8], [12].



Sl. 1. Električna šema za *Relay Shield* [5], [8], [12].

#### VI. OPIS RADA UREĐAJA

Program mikrokontrolera je kreiran u Arduino IDE razvojnom okruženju i pisan na programskom jeziku C/C++. Na samom početku, navodi se biblioteka **string.h**, jer se koriste operacije nad stringovima (AT komande [7], sadržaj SMS poruka i drugi podaci). Kao globalne varijable, koriste se **SMS\_Bafer** i **Brojac**, u koje se skladište SMS poruke primljene serijskom komunikacijom. Definišu se tri makroa za kompajler: prvi je odziv prilikom uključivanja, koji je prost broj, drugi je broj *master* telefona, koji je string, i treći – broj *slave* telefona, takođe string. Zatim se definišu globalne promenljive, da označe brojeve pinova digitalnih izlaza i njihova trenutna stanja.

Funkcija **setup()** će se izvršiti samo jednom, kada se Arduino uključi ili resetuje, i koristi se za inicijalizaciju uređaja. **PWRKEY** je definisan kao izlaz, postavlja se na početno stanje **LOW** i služi za *Power cycling GSM shield*-a. Svi pinovi, koji kontrolišu releje se takođe definišu kao izlazi i postavljaju se na početno stanje **LOW**. Zatim se definiše brzina serijske komunikacije između SIM900 modema *GSM shield*-a i mikrokontrolera. Funkcija **Ukljuci\_GSM\_Modem()** vrši *Power Cycling* proceduru modema, i nakon kratke pauze, šalje **Sim900\_Init()** funkciju sa komandama za inicijalizaciju. Ukoliko je makroom definisano da se uređaj odazove prilikom uključivanja, biće poslata poruka da je **GSM Aktivan**. Funkcija **PosaljiSMSPoruku()** šalje modemu zadatu sekvencu AT komandi. Prvo šalje AT komandu, kojom definiše da će poruka biti u *text* modu, zatim broj telefona sa zadatom AT komandom, definisanom u makrou, sadržaj same poruke, koju prima kao argument *i*, na kraju, ASCII karakter 26, kako bi se označio kraj komunikacije, što je ponašanje koje modem "očekuje". *Power Cycling* funkcija

**Ukljuci\_GSM\_Modem()** drži nivo na **HIGH** tokom 2 s, a zatim, tokom 10 s na **LOW** (što je vreme potrebno za inicijalizaciju GSM modema), kako je propisano od strane proizvođača. Funkcija **Sim900\_Init()** služi za slanje AT komandi, koje inicijalizuju modem. Komanda AT+CMGF selektuje format SMS poruke, AT+CNMI je indikator za novu poruku, dok AT+CMGDA briše sve SMS poruke [7], da se memorija ne bi prepunila.

U telu petlje ili funkcije **loop()** je kôd, koji proverava da li postoje karakteri na serijskoj liniji *i*, dok god su prisutni, čita ih i smešta u bafer, inkrementirajući brojač trenutne pozicije. Kada se bafer napuni do najveće dozvoljene dužine (kada brojač dostigne predefinisanu vrednost 64), čita se poruka i interpretira, a zatim i izvršava željena akcija. Nakon svake izvršene komande, čeka se 5 s, kako ne bi došlo do zatrpavanja bafera SMS porukama. Bafer se prazni prepisivanjem *null* karakterom svakog mesta unutar globalne varijable bafera, a brojač pozicije unutar bafera se resetuje na početnu vrednost 0. Pseudo-kod za **loop()** je:

```
void loop() {
  if (Serial.available()) {
    while (Serial.available()) {
      SMS_Bafer[Brojac++] = Serial.read();
      if (Brojac == 64) break;
    }
    CitajKomandu(); delay(5000);
    ObrisiBafer(); Brojac = 0; } }
```

Kod čitanja komande, deklarise se privremeni bafer i tekst, koji će se koristiti za upoređivanje. U privremeni bafer smešta se ceo SMS bafer. Upotreba lokalne kopije, između ostalog, osigurava celovitost globalne promenljive bafera. Prvih 25 karaktera privremenog bafera se koristi za upoređivanje sa master brojem. Pod pretpostavkom nena-rušenog bezbednosnog integriteta mobilnog operatera, ovim se sprečava zloupotreba, jer sistemom može da se upravlja samo sa predefinisanim brojem pretplatnika.

Releji su označeni slovnim oznakama A, B, C, D, a s desne strane, njima odgovarajuća stanja: **1** za uključivanje odnosno **0** za isključivanje. Kroz 8 uzastopnih IF grananja, traže se adekvatni stringovi, na primer, A1 ili A0 i, na osnovu toga, uključuju ili isključuju pripadajući releji. Redosled releja u komandi nije bitan. Funkcija **strstr()** traži *substring* - deo stringa u stringu (*patern matching*) i vraća kao odgovor logičku vrednost - da li postoji ili ne postoji, te na osnovu toga setuje stanje releja. Isključivanje ima viši prioritet nad uključivanjem. Tako će slanje SMS **A1C0D0A0B1A1**, uključiti samo relej B, a isključiti releje C, D, i A. Ukoliko u poruci, koju šalje korisnik, postoji string STATUS, uređaj će generisati i poslati poruku, nastalu čitanjem realnog stanja svih releja.

#### VII. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Uređaj je ugrađen u aluminijumsko kućište, dimenzija V50mm x Š90mm x D110mm. Na prednjoj strani nalaze se indikatorske LED diode, koje pokazuju prisustvo napona napajanja, status GSM modula i statuse svih releja. Sa zadnje strane nalazi se priključak USB B za programiranje, priključak za napajanje jednosmernim 9V naponom, GSM antena i četiri priključka sa relejnih izlaza (sl. 2.).



Sl. 2. Konačan izgled uređaja, zadnja strana.

Sistem je zasnovan na modularnoj platformi Arduino. Pinovi 1 i 2 Arduino razvojnog sistema su rezervisani za programiranje i serijsku komunikaciju. Pinovi 4, 5, 6 i 8 su iskorišćeni za kontrolu releja. Pin 7 se koristi za POWERKEY GSM shield-a - zato je *relay shield* modifikovan, preusmeravanjem pina 7 na pin 8. Preostali pinovi Arduino razvojnog sistema su izvedeni kroz prolazne veze, do pin hедера poslednjeg u nizu modula - *Relay shield*-a, i mogu biti upotrebljeni za nadogradnju sistema (radi kontrole aktuatora ili dodavanje ulaznih senzora).

Sistem, kojeg čine Arduino razvojno okruženje, GSM shield i *relay shield*, ima zajedničko DC napajanje, nominalnog napona 9 V i nominalne struje 500 mA. Moguća je i upotreba baterije za napajanje. Kako sistem radi prekidanje energetskih uređaja, pretpostavlja se da se, kao mali potrošač, može napajati iz iste mreže, uz odgovarajući eksterni AC/DC adapter. Najveći potrošač u sistemu je GSM modul, kada je u aktivnom režimu. U slučaju da je neophodna upotreba baterije, autonomija bi mogla biti povećana radom u *stand by* režimu, u kome bi GSM modul mogao biti pretežno isključen (kada troši samo 1 mA), i uključivan samo u propisanim intervalima, kako bi se prikupile komande, pristigle u međuvremenu. Time bi se, na žalost, smanjila i brzina odziva sistema.

Energetski deo uređaja čine 4 releja, koji su od logičkog dela (pinova Arduina) izolovani optičkim komponentama. Svaki od releja ima nominalne podatke: 3A, 30V DC, 250V AC. Uređaj štiti releje od prekomernog habanja, tako što je postavljeno minimalno dozvoljeno vreme između dve promene stanja releja, na 5 s. U slučaju da treba da se prekida napajanje potrošačima većih snaga, moguće je, kao ovde, koristiti postojeće releje za kaskadno upravljanje kontaktorima, sklopkama ili relejima za veće snage. Realizovano je daljinsko uključivanje i isključivanje parnog kotla za etažno grejanje, snage 10 kW. Parni kotao ima tri grejača, svaki snage 3.3 kW, i pumpu.

Kontrolna (upravljačka) SMS poruka je deklarirana kao string od najviše 38 karaktera, u kojem se releji biraju odgovarajućim slovnim oznakama, a stanje releja oznakom **1** ili **0**. Za potrebe jednostavnijeg daljinskog upravljanja slanjem SMS poruka, razvijena je i Android aplikacija. Napisan je program u jeziku Java za Android platformu, koji ima grafički korisnički interfejs pa pojednostavljuje uključivanje, isključivanje i proveru statusa releja, unutar uređaja sa sl. 2. Program pravi grafički interfejs sa šest tastera. Po jedan taster je za svaki od 4 releja, čije logičko stanje može biti 0 ili 1. Peti taster služi za slanje zadate

sekvence podešavanja. Šesti taster je za slanje zahteva statusa za sva četiri releja. Odgovor uređaja na ovaj zahtev će sadržati realna logička stanja sva četiri releja. Nakon slanja SMS komande, na ekranu se vidi potvrda, ukoliko je SMS uspešno isporučen uređaju [12].

Radi uštede prostora, a i da bi električne šeme bile preglednije, na Internet, na *Google Drive* link [12] je postavljena: električna šema za *Relay shield* (ovde sl. 1); šema za Arduino razvojni sistem i za SIM900 modem. Na isti link, [12], postavljene su i fotografije: zadnja strana uređaja (u radu sl. 2); prednja strana parnog kotla od 10 kW, priključenog na uređaj; nekoliko izgleda menija Android aplikacije, iz koje se upravlja uređajem sa sl. 2; pojedinačne komponente sistema; sastavljen ceo uređaj, kao i razne faze sklapanja.

## VIII. ZAKLJUČAK

Tokom rada, izvršena je detaljna analiza svih sklopova, njihovih električnih šema i različite mogućnosti praktične realizacije konačnog proizvoda. Pored opisa svih korišćenih komponenti sistema, dat je i opis rada uređaja za daljinsko uključivanje ili isključivanje potrošača u domaćinstvu.

Ceo uređaj je testiran u kućnim uslovima i u realnoj eksploataciji, gde se pokazao stabilnim, tokom perioda od 30 i više dana rada u kontinuitetu. Uočeni su sitniji nedostaci, kao što je mogućnost softverske promene broja *master* telefona, dodatni parametri sigurnosti i pouzdanosti, kao i poboljšanje grafičkog korisničkog interfejsa, što će sve ući u specifikaciju i nacrt nove verzije sistema.

Razvijen i ovde prikazan sistem ima opštiju, generičku primenu i moguće je njegovo proširenje, dodavanjem senzora i aktuatora na preostale pinove, koji u trenutnoj verziji nisu upotrebljeni. Funkcije ovih pinova mogle bi se definisati u novoj verziji sistema i koristiti, na primer, za nadzor ili kontrolu pristupa.

## LITERATURA

- [1] M. Asadullah and A. Raza, "An Overview of Home Automation Systems," 2nd International Conference on Robotics and Artificial Intelligence (ICRAI), November 2016. pp. 27-31.
- [2] M. Schmidt, *Arduino A Quick-Start Guide*. Raleigh: Pragmatic Programmers, 2011.
- [3] B. Evans, *Beginning Arduino Programming*. New York: Apress, 2011.
- [4] M. McRoberts, *Beginning Arduino Programming*. New York: Apress, 2nd ed., 2013.
- [5] Referentni sajt Arduino projekta <http://www.arduino.cc>
- [6] SIMCom (2013., January, 21.) SIM900\_Hardware Design\_V2.04 [https://s3.amazonaws.com/design-files.tessel.io/Datasheets/SIM900\\_HARDWARE\\_Design\\_v2.04.pdf](https://s3.amazonaws.com/design-files.tessel.io/Datasheets/SIM900_HARDWARE_Design_v2.04.pdf)
- [7] SIMCom (2015., Jan., 12.) SIM900\_AT Command Manual\_V1.07 [http://simcom.cc/documents/SIM900/SIM900\\_AT%20Command%20Manual\\_V1.11.pdf](http://simcom.cc/documents/SIM900/SIM900_AT%20Command%20Manual_V1.11.pdf)
- [8] [https://www.aliexpress.com/4-channel-5v-relay-shieldarduino\\_reviews\\_2.html](https://www.aliexpress.com/4-channel-5v-relay-shieldarduino_reviews_2.html)
- [9] A. Srdanov, *Uvod u programiranje – skripta*. Požarevac: VTŠSS Požarevac, 2014.
- [10] D. Živković i M. Popović, *Impulsna i digitalna elektronika*. Beograd: ETF i Nauka, 1995.
- [11] M. Prokin, *Računarska elektronika*. Beograd: Akademska misao, 2005.
- [12] A. Tomić, Fotografije, električne šeme, uređaja, menija, pseudokod <https://drive.google.com/drive/folders/1-Y6yVa7dQFXD5dvFePnurU8nt5zziSbu>

# Optimization of the characteristics of the photovoltaic system in the appearance of partial shading

Marko Asanović, Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro

**Abstract** — This paper analyzes the influence of the variation of the characteristics of the photovoltaic modules, which arise due to the appearance of a partial shading or different spatial orientation of the modules themselves, on the output power of the system. The systems which were considered are those where optimization is done by using one DC/DC converter with a Centralized Maximum Power Point Tracking (CMPPT) function and systems where are used multiple DC/DC converters with Distributed Maximum Power Point Tracking (DMPPT) function. The effect of reducing of output power due to the nonuniformity of characteristics in the series, parallel and series-parallel connected modules has been analyzed in detail by using the PSIM program package and available models. It has been shown that the technique of the CMPPT function is justifiably to use in cases of nonuniformity in parallel connection, while the use of DMPPT in the series connection provides an increase in the production of electricity.

**Keywords** — Centralized maximum power point tracking (CMPPT), distributed maximum power point tracking (DMPPT), Incremental Conductance (InCond), maximum power point tracking (MPPT), Photovoltaic (PV) system.

## I. INTRODUCTION

BY increasing of the demand for electricity and creating an imbalance in the natural balance, there is a need for energy from renewable energy sources that produce negligible little waste materials such as carbon dioxide and other chemical pollutants, creating a minimum environmental impact. Assessing of the impact of the shading on the performance of the system is a very important step in the design of the solar system. Particular attention should be paid to the issues of building, chimney, trees, dirt, location, interconnected photovoltaic (PV) modules and other phenomena. The shading effect can negatively affect to the performance of the system and an optimal solution should be given.

The mathematical model of the PV cell (one diode model), with the procedure for determining of the parameters is shown in [1]. Determination of the characteristics of PV arrays complicates the additional

factor, the uneven characteristic of the individual modules due to the appearance of the shading [2]. Working weather conditions for all PV modules are (at one point) the same, but there may also be different weather conditions. Their  $I-V$  and  $P-V$  characteristics change significantly with the sudden change in irradiance and temperatures, where it creates more points (peaks) of the maximum on the  $P-V$  curve characteristics of any PV arrays [3]. In order to achieve maximum utilization, it is necessary to provide work at the maximum power point (MPP), using one of the algorithms [4]. Conventional techniques for maximum power point tracking (MPPT), can not reach a global point of maximum power and tend to stay at the local point of maximum power and this is a big challenge. Methods have been proposed such as Hill-Climbing, Particle Swarm Optimization, Genetic Algorithm, Firefly Algorithm, Cuckoo, and others [5]. To overcome this, in this paper distributed MPPT (DMPPT) is introduced [6]. The Incremental Conductance (InCond) algorithm for MPPT of each DC/DC converter operates independently of the change in the current of the arrays. This means that the PV modules behave as power sources, depend only on the working conditions of their own change in irradiance and temperature, where the negative effect of partial shading of the PV arrays is reduced. PV systems with series (or parallel) connected modules Solarex MSX-60 [7], with Single Ended Primary Inverter Converter (SEPIC) DC/DC converter [8], are simulated with energy storage batteries. In solar systems, batteries represent a product whose characteristics allow a given system to provide a long service life and adjustment to a continuous charging and discharging process, for example nonlinear electric model of a rechargeable battery [9].

## II. MODELING OF THE PV SYSTEM DUE TO SUDDEN CHANGE IN IRRADIANCE AND TEMPERATURE

### A. PV system

Different architectures of the PV system were used, by series, parallel and series-parallel connection of the PV module. Power optimization was performed using a centralized MPPT (CMPPT) and DMPPT. The characteristics of the considered systems were tested using the PSIM program package, within which the physical PV model of the module was used (Fig. 1). In InCond

Marko Asanović, Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro (e-mail: asanovic\_m@yahoo.me).

algorithms, its work is based on sensing the voltage and the current of the PV array, and works by comparing the ratio of the derivative of the conductance with the instantaneous conductance. When the instantaneous conductance is equal to the conductance of the PV, MPP is reached  $dI/dV = -I/V$ , on the left side from MPP  $dI/dV > -I/V$ , and right side  $dI/dV < -I/V$ . Where  $I$  and  $V$  are the PV cell current and voltage, respectively.

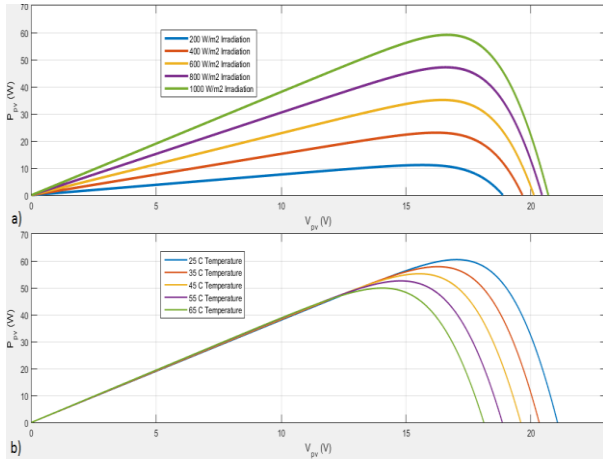


Fig. 1. Characteristics of Solarex MSX-60 due to sudden change in  $P$ - $V$  a) irradiance b) temperature.

For the implementation of the MPPT, a SEPIC converter was used, which electric scheme is shown in Fig. 2. SEPIC converter as function of the duty cycle establishes the system in operating point on the MPP. With this converter, the input voltage  $V_{in}$  may be greater or less than the output  $V_{out}$ , which means that the output voltage of the PV module can be adjusted to be greater or less than the battery voltage. There were used the non-ideal switching elements, the values of the MOSFET on state resistance  $R_{ds} = 0.1\Omega$ , and diodes voltage drop  $V_{dth} = 0.6V$ . Other values of SEPIC converter are:  $L_1 = L_2 = 206.77\mu H$ ,  $C_{out} = 0.21mF$ ,  $C_{in} = C_s = 10\mu F$ . The value of the duty cycle in the considered examples are  $D_{max} = 0.59$ ,  $D_{min} = 0.46$ .

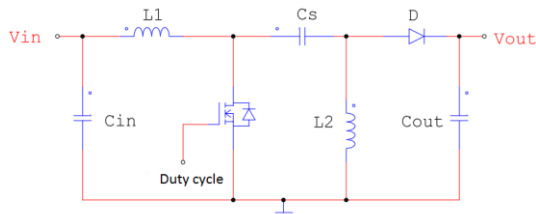


Fig. 2. SEPIC converter, general scheme.

**B. Series connection of two PV modules**

By series connection of the PV module, we get a higher voltage in system (Fig. 3). The simulation was performed in case of sudden change in irradiation or temperature to the PV modules, with the application of optimization, with a DC/DC converter. The parameters of the output power from the module were observed  $P_{pv}$

and output power  $P_{dc}$  from DC/DC. The mark  $S_n$ , represents the intensity change of irradiance, mark  $T_n$  represents the value of the temperature, where  $n$  represents the number of modules.

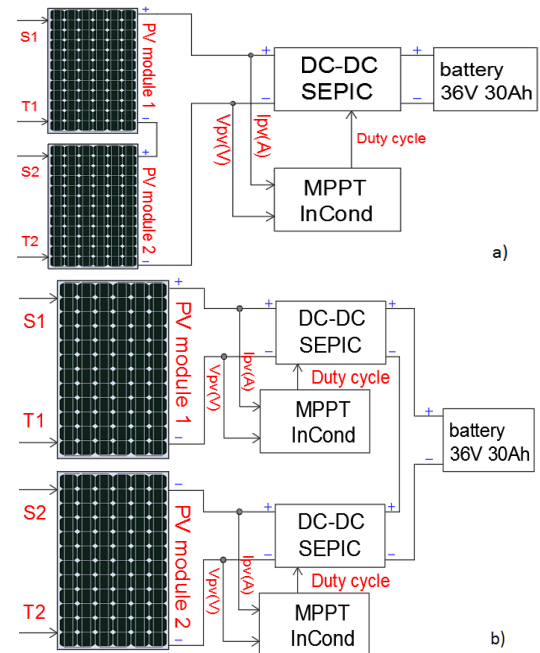


Fig. 3. Series connection with a) CMPPT b) DMPPT.

**C. Parallel connection of two PV modules**

By parallel connection of the PV module we obtain a higher current in system (Fig. 4). Similar to the series connection, the simulation procedure was repeated.

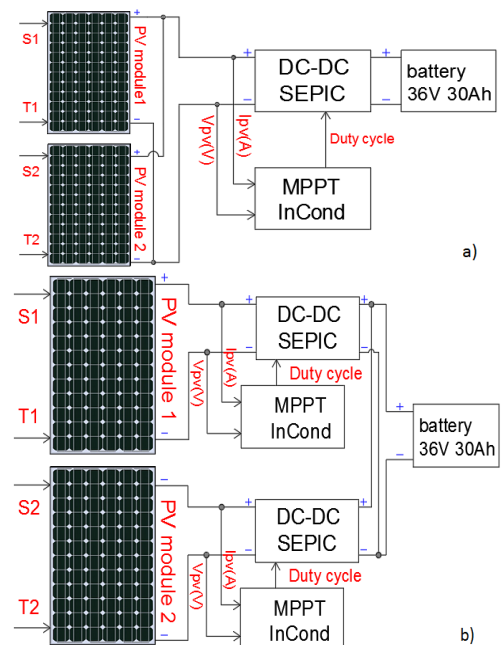


Fig. 4. Parallel connection with a) CMPPT b) DMPPT.

**D. Series-Parallel connection of PV Module**

A Series-Parallel connection of four PV modules, using power optimization with a CMPPT (Fig. 5), and power optimization using the DMPPT (Fig. 6 and Fig. 7).



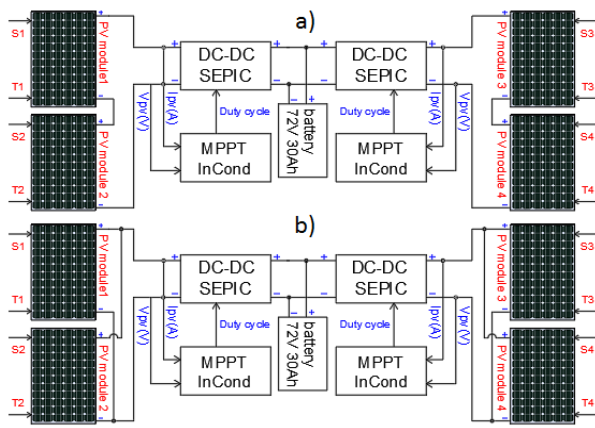


Fig. 5. Two subsystems with one CMPPT a) Series connection b) Parallel connection.

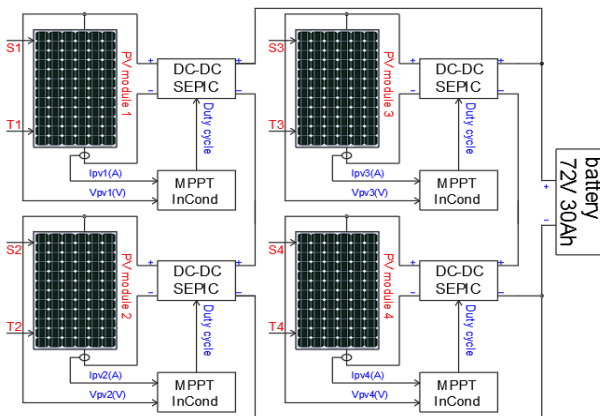


Fig. 6. Series connection four PV modules with DMPPT.

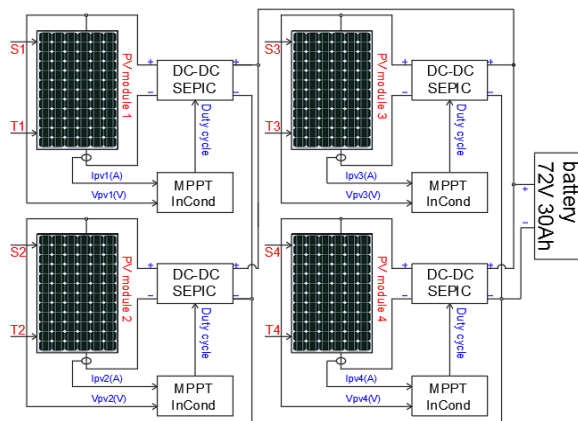


Fig. 7. Parallel connection of four PV modules with DMPPT.

### III. SIMULATION RESULTS

Random simulation examples are selected, where the partial shading effect is displayed on one of the PV modules. In Table 1, we have shown some of the possible cases, which are tested in series and parallel connection, non-ideal switching components of the DC/DC converter. With ideal switching elements in the circuit, in the stationary state, the mean power value at the output  $P_{dc}$  is less due to losses in the converter itself, relative to the input power  $P_{pv}$ .

 TABLE 1: TYPES OF EXAMPLE, SERIES AND PARALLEL CONNECTIONS, REVIEWED CASES,  $SC_n$ ,  $n = 1,2,3,4,5,6$ .

$S_1=1000 \frac{W}{m^2}, T_1=25^\circ C$	$S$	$S_1=1000 \frac{W}{m^2}, T_1=25^\circ C$	$S$
$S_2=1000 \frac{W}{m^2}, T_2=5^\circ C$	$C$	$S_2=1000 \frac{W}{m^2}, T_2=25^\circ C$	$C$
	$I$		$2$
$S_1=1000 \frac{W}{m^2}, T_1=25^\circ C$	$S$	$S_1=1000 \frac{W}{m^2}, T_1=25^\circ C$	$S$
$S_2=1000 \frac{W}{m^2}, T_2=55^\circ C$	$C$	$S_2=700 \frac{W}{m^2}, T_2=25^\circ C$	$C$
	$3$		$4$
$S_1=1000 \frac{W}{m^2}, T_1=25^\circ C$	$S$	$S_1=1000 \frac{W}{m^2}, T_1=25^\circ C$	$S$
$S_2=400 \frac{W}{m^2}, T_2=25^\circ C$	$C$	$S_2=200 \frac{W}{m^2}, T_2=25^\circ C$	$C$
	$5$		$6$

The results of the simulation of the tested cases, generated by power optimization using the CMPPT and DMPPT, are shown in the series connection in Table 2, and the parallel connection is shown in Table 3.

TABLE 2: SERIES CONNECTION WITH OPTIMIZATION OF POWER.

TYPE	CMPPT		DMPPT	
	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]
SC1	123.23	118.60	122.02	114.50
SC2	119.34	115.04	121.06	113.95
SC3	107.99	104.56	102.03	96.43
SC4	88.99	86.06	102.68	97.03
SC5	51.45	49.94	84.09	79.66
SC6	25.70	24.43	71.30	67.59

TABLE 3: PARALLEL CONNECTION WITH OPTIMIZATION OF POWER.

TYPE	CMPPT		DMPPT	
	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]
SC1	123.16	114.45	123.52	117.58
SC2	120.59	112.04	120.13	114.46
SC3	101.49	99.03	101.20	96.72
SC4	102.21	95.72	101.53	96.93
SC5	83.50	78.84	83.52	79.66
SC6	71.07	67.45	71.15	67.20

In the series connection (Table 2), using the power optimization with DMPPT, a higher power is obtained due to the appearance of a shading. For the case SC6, power  $P_{pv}$  is higher 36.04% using DMPPT, comparison with the CMPPT.

In a parallel connection (Table 3), using the power optimization with the CMPPT, we get higher power compared to the series connection. For case SC6, observing the optimization with the CMPPT, power  $P_{pv}$  is higher 36.16% in parallel connection, in comparison with the series. The obtained power value  $P_{pv}$  using the power optimization with the CMPPT, is approximately to the values of DMPPT, while the value  $P_{dc}$  is slightly smaller due to losses in DC/DC converters.



Similarly, simulation examples are randomly selected (Table 4), where we have shown the types of cases tested in the Series-Parallel connection with four PV modules.

TABLE 4: TYPE OF EXAMPLE, SERIES-PARALLEL CONNECTIONS, REVIEWED CASES,  $SC_n, n = 1,2,3,4,5,6$ .

$S_{1,2,3,4} = 1000 \frac{W}{m^2}$ , $T_{1,2,3,4} = 25^\circ C$	$S$ $C$ $I$	$S_1 = 400 \frac{W}{m^2}, S_{2,3,4} = 1000 \frac{W}{m^2}$ $T_{1,2,3,4} = 25^\circ C$	$S$ $C$ $2$
$S_{1,3} = 400 \frac{W}{m^2}$ , $S_{2,4} = 1000 \frac{W}{m^2}$ $T_{1,2,3,4} = 25^\circ C$	$S$ $C$ $3$	$S_{1,2,3,4} = 1000 \frac{W}{m^2}$ , $T_1 = 40^\circ C$ $T_{2,3,4} = 25^\circ C$	$S$ $C$ $4$
$S_{1,2,3,4} = 1000 \frac{W}{m^2}$ , $T_{1,3} = 40^\circ C$ $T_{2,4} = 25^\circ C$	$S$ $C$ $5$	$S_1 = 400 \frac{W}{m^2}, S_{2,3,4} = 1000 \frac{W}{m^2}$ $T_3 = 40^\circ C$ $T_{1,2,4} = 25^\circ C$	$S$ $C$ $6$

The results overview of the simulation of the considered cases with power optimization using the CMPPT for the connection of the two subsystems are shown in the Table 5, while the results obtained using the DMPPT are shown in Table 6.

TABLE 5: TWO SUBSYSTEMS WITH USE OF CMPPT.

TYPE	Series connection		Parallel connection	
	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]
SC1	240.78	233.10	241.18	224.87
SC2	172.03	164.75	204.19	191.32
SC3	102.76	99.04	167.20	158.30
SC4	235.82	227.29	235.05	219.32
SC5	230.37	223.09	228.90	214.21
SC6	166.60	159.68	198.09	185.77

TABLE 6: CONNECTION OF FOUR PV MODULES, WITH OPTIMIZATION OF POWER USING DMPPT.

TYPE	Series connection		Parallel connection	
	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]	$P_{pv}$ [W]	$P_{dc}$ [W]
SC1	241.15	227.51	240.87	229.32
SC2	204.18	192.74	204.14	192.86
SC3	167.11	158.86	167.37	156.74
SC4	234.97	222.36	234.73	220.60
SC5	228.75	217.26	228.56	216.47
SC6	198.00	187.09	197.97	186.24

Parallel connection with four PV modules with DMPPT (Table 6), power values are approximate values for all observed cases of input and output power, compared to the parallel connection of two subsystems with the CMPPT (Table 5). In the case of the SC6 series connection with CMPPT, the power is less than 15.86% compared to optimization with DMPPT (Fig. 8).

Observing the simulation results, using the parallel

connection with the CMPPT, the effects of losses in the DC/DC converter are reduced while generating power from the PV module. The use of DMPPT, each module is usually controlled by a local DC/DC converter having own MPPT, and the effect of particular shading can be limited to module level.

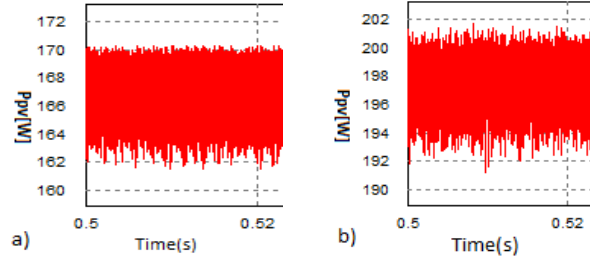


Fig. 8. Case SC6, serial connection of 4 PV module using a) CMPPT b) DMPPT.

#### IV. CONCLUSION

Based on the obtained results, the negative effect of the shading on the performance of the system is clearly visible. DMPPT is a technique that provides an increases of the efficiency and reliability of such systems. On the other hand, it increases the number of DC/DC converters in the circuit, creates losses in switches and there is an increase in the cost of implementing such a system. It can be concluded that the DMPPT can be successfully achieved using the InCond method in combination with a SEPIC converter in the series connection, while using a CMPPT in a parallel connection.

#### REFERENCES

- [1] M. Seyedmahmoudian, S. Mekhilef, R. Rahmani, R. Yusof, and E. Renani, "Analytical Modeling of Partially Shaded Photovoltaic System," *Energies* 2013, pp 128-144, DOI: 10.3390/en6010128.
- [2] M. Mitkovski, V. Cingoski, S. Gelev, "Performance Modeling of PV Arrays Under Specific Working Conditions," *XXII međunarodni naučno-stručni skup Informacione tehnologije*, pp 56-59, Žabljak 2017.
- [3] R. Chao, A. Nasirudin, I. Wang, and P. Chen, "Multicore PSO Operation for Maximum Power Point Tracking of Distributed Photovoltaic System under Partially Shading Condition," *Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Photoenergy*, Volume 2016, Article ID 9754514, 19 pages.
- [4] H. El-Khozondar, R. El-Khozondar, K. Matter and T. Suntio, "A review study of photovoltaic array maximum power tracking algorithms," *Springer Open Renewables: Wind, Wather, and Solar*, 18 February 2016, DOI 10.1186/s40807-016-0022-8, to be published.
- [5] K. Sundareswaran, S. Peddapati, and S. Palani, "MPPT of PV Systems Under Partial Shaded Conditions Through a Colony of Flashing Fireflies," *IEEE transactions on energy conversion*, Vol. 29, No. 2, July 2014.
- [6] N. Femia, G. Lisi, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Distributed Maximum Power Tracking of Photovoltaic Arrays: Novel Approach and System Analysis," *IEEE transactions on industrial electronics*, Vol. 55, No. 7, July 2008.
- [7] S. Motahhir, E. Abdelaziz, A. Derouich, "Shading Effect to energy Withdrawn from the Photovoltaic Panel and Implementation of DMPPT Using C language," *International Review of Automatic Control*, May 2016.
- [8] S. Chiang, H. Shieh, M. Chen, "Modeling and Control of PV Charger System With SEPIC Converter," *IEEE transactions on industrial electronics*, Volume 56, November 2009, pp 4344-4353.
- [9] M. Chen and G. Rincon-Mora, "An Accurate Electrical Battery Model Capable of Predicting Runtime and I-V Performance," *IEEE transactions on Energy Conversion*, Vol 1, June 2006, pp 50-51.

## **ABSTRAKTI AUTORSKIH RADOVA OBJAVLJENIH U IEEE XPLOR-u**

<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=8344532>

Copyright and Reprint Permission Abstracting is permitted with credit to the source. Libraries are permitted to photocopy beyond the limit of U.S. copyright law for private use of patrons, those articles in this volume that carry a code at the bottom of the first page, provided the per-copy fee indicated in the code is paid through Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923.

For reprint or republication permission, email to IEEE Copyrights Manager at [pubs-permissions@ieee.org](mailto:pubs-permissions@ieee.org).

All rights reserved. Copyright ©2018 by IEEE.

IEEE Catalog Number CFP18J51-ART

ISBN 978-1-5386-3620-6

# Surge protection of resistive loads in low voltage power installations

Vladan M. Radulović, Member, IEEE and Vladan R. Durković

Advanced electric and electronic equipment widely used nowadays both in residential as well as in industrial low-voltage power systems have weak surge withstand capability. The electromagnetic sensitivity of these devices requires an appropriate protection against voltage and current surges. Analysis of protection performances of surge protective devices arranged in one-stage protection system will be given in the paper for case of resistive load. Analysis will be performed using MATLAB for different values of resistive load widely used in low voltage power installations. Performed analysis should to point on possibilities and limitation for proper overvoltage protection.

# Internet of Things, High Resolution Management and New Business Models

Sanja Bauk, Tatijana Dlabáč, Maja Škurić

Thanks to the new digital technologies, advanced back-end info-communication systems and fine granulation of data acquisition - media interruptions, costs and human interventions in increasingly complex transactions between physical and digital worlds are reduced. Also, the control and managerial focus is shifted from macro to micro level. In accordance with these conditions, the paper considers Internet of Things (IoT) and the accompanying concept of High Resolution Management (HRM). It also contains a review of several business models recently developed in the context of IoT and HRM.

# Usage of Genetic Algorithms in cryptography for mobile devices

Saso Gelev, Ana Sokolovska, Dusica Curcic, Aleksandar Sokolovski

This paper attempts to investigate the methods of cryptography and strong authentication for mobile phones (and tablets), by using genetic programming. This is nowadays one of the main challenges having into account the increased number of internet enabled mobile phones and the increased usage of the everyday activities in the scope of mobile e-payments (or bitcoins). The primary objective is to investigate and verify if the usage of modern authentication of mobile users with the use of modern methods of cryptography like: Strong Authentication (HTTS), Mobile Authentication, NFC (NearFeldCommuniucaton), OBC (On-Board Credentials), SMS-OTP (SMS - One Time Password) in combination with genetic programming algorithms (based on real biological reproductive generational models for generational building) will increase the security of the mobile phones and tablets. The main aim is to determine the best combination of cryptography tools and with genetic programming algorithms to achieve increased security over the authentication of the mobile phones users. This will be achieved with testing the cryptographic methods and the proposed genetic programming algorithms, using the NS-3 Network Simulator, Python SciPy Library under BSD / Linux. The results and conclusions of the analyses may serve as a guide for using the improved next generation of internet enabled mobile phones.

# Energy storage systems: an overview of existing technologies and analysis of their applications within the power system of Montenegro

Filip Drincic, Saša Mujovic, Senior Member, IEEE

Power system stability highly depends on the balance between supply and demand. Energy storage systems represent modern technology that might be highly beneficial for maintaining of this request. Consequently, this paper addresses energy storage systems issue, in terms of reviewing of different technologies the systems are based on and finding the most convenient solution for the implementation within the power system of Montenegro. The latter analysis is performed by using of ES-Select software.



# Single Phasing of Three Phase Induction Motor under Various Load Conditions

Ivana Z. Giceva, Vasilija J. Sarac, Saso A. Gelev, and Vlatko T. Cingoski

Three-phase induction motors are widely used as industrial electric drive systems. Although highly robust, flexible and easy maintainable, these motors quite often suffer from sudden loss of one of its phases, i.e. so-called single phasing. This regime usually leads to overheat of the windings and, if prolonged, motor burnout and other mechanical problems. In this paper, the causes and effects of single phasing of three-phase induction motor is simulated and investigated using Matlab/SIMULINK models. The obtained simulation results are discussed and potential solutions are presented.

# Efficiency Optimization of Electrical Devices

Marija V. Cingoska, Vasilija J. Sarac, Saso A. Gelev, Vlatko T. Cingoski

Research goal of this paper is to optimize two different electrical devices with respect to their efficiency. First one is a synchronous motor with surface mounted magnets and the second one is an inductor which is an integral part of LCL filter. Optimization in case of the motor is done by varying two design parameters: rotor diameter and the axial length of the motor. Parametric analysis of the motor is set resulting in more than hundred different variations of motor model. The best solution with the highest efficiency factor is chosen as motor optimized model. Inductor is optimized by varying the number of turns of the winding and axial length for various switching frequencies in software program based on method of genetic algorithms. Both electrical devices are analyzed with Finite Element Method (FEM) in terms of the flux density distribution.

# The use of information technology in the assessment of the corrosion damage on ship hull

Špiro Ivošević, Sanja Bauk

Ships are designed for the operating cycle between twenty and twenty-five years. Throughout this period, it is necessary that the ships have smooth functioning, which primarily means safe navigation. Nowadays, both advanced-computer software tools and measurement equipment are used for the purpose of ship hull maintenance in ship design processes and in the different phases of their condition monitoring during the exploitation. Since corrosion is one of the key factors of degradation of the ship hull, the paper will provide the overview of information technologies and techniques that are used in the processes of measuring the degree of corrosion damage on the ship hull, condition monitoring and predictive analytics.

# A New Traffic Engineering Approach for QoS Provisioning and Failure Recovery in SDN-based ISP Networks

Slavica Tomovic, Student Member, IEEE, Igor Radusinovic, Member, IEEE

In this paper, we propose a new SDN (Software Defined Networking) controller design that jointly addresses the problems of optimal traffic engineering (TE), quality of service (QoS) provisioning and failure recovery in ISP (Internet Service Provider) networks. The control logic of the controller is divided into the offline and online component. The online component handles dynamic arrivals of users' requests in accordance with Service Level Agreements (SLAs). The offline component is responsible for periodic optimization of traffic distribution in the network. The goal of such architecture is to increase acceptance ratio for QoS requests and minimize degradation of background (best-effort) traffic in a scalable manner. Our simulation study has shown that the proposed solution outperforms the competitive one, which is commonly used in MPLS-based ISP networks, even when TE optimization is repeated after relatively long time intervals. This alleviates concerns regarding the scalability of the SDN control plane in large-scale ISP networks.

# On the Mobility Management Performance of NEMO-based Nested Wireless Body Area Networks

Norbert Varga, László Bokor, Ivana Ognjanovic, Ramo Sendelj

Given the currently fast evolution of wireless access technologies, high-performance mobile devices and wide variety of wearable medical sensors, electronic and mobile healthcare (eHealth and mHealth) services are receiving particular attention nowadays. Several mHealth application scenarios strongly rely on mobile or embedded devices interconnected with medical sensors via Wireless Body Area Networks (WBANs). The vast majority of these services require strict medical level Quality of Service (QoS) and Quality of Experience (QoE) provision. Emergency use-cases like remote patient monitoring, tele-consultation and guided surgical intervention demand real-time communication and appropriate connection quality during any mobility event. In many cases the mHealth WBANs are nested into other overlay access networks around the patient. To fulfil the quality requirements of such applications, during the various mobility scenarios not only a single mobile entity has to be considered, but also entire nested WBANs (moving between different networks) have to be taken into account. If network layer mobility management is required (like in case of inter-technology handovers under heterogeneous radio coverages), still NEMO Basic Support (RFC 3963) is the most common standardized approach to be implemented. Motivated by this, the paper investigates mobility management performance issues of NEMO-based nested WBANs. The evaluation is based on INET/OMNeT++ simulations and transport layer characteristics.

# Smart Tags for Brand Protection and Anti - Counterfeiting in Wine Industry

Stevan Šandi, Sanja Radonjić, Jovana Drobňjak, Marko Simeunović , Biljana Stamatović, and Tomo Popović,  
Senior Member, IEEE

Counterfeit wine presents a significant issue for winemakers since it affects producer's reputation, profit, and most importantly, it can be harmful for the consumers. This paper describes a brand protection and anti-counterfeiting solution for the wine industry based on smart tags and Cloud enabled technologies. The main idea behind smart tags is to utilize quick response codes and functional inks supported by the Cloud system and two-way communication between the winemaker and end-user. The proposed system is expected to make wine counterfeiting hard and unprofitable.



# Security of AMR system in HPP Perucica

Ana Grbovic, Ivana Ognjanovic, Ivan Vuckovic

Communication-based system for meter reading, well-known as automatic meter reading (AMR) system is made to bring improvements and benefits to the electricity utilities. AMR changes the analog meters with informational systems that send data over digital communication interfaces, e.g., phone lines. This system is implemented in hydro power plant “Perucica” and supports the measuring concept for billing control of produced electrical energy. However, this kind infrastructure brings new risks, as a security thread pertaining to energy meter data being modified during transmission. This paper covers the data security features within implemented C12.21ANSI (American National Standards Institute) and ICCP (Inter-Control Center Communications Protocol) and need for stronger security protocols. The paper also describes a primary proposed system solution (not implemented because of in-compliant meters) that meets a need of application based standard called Data Language Messaging Specification/Companion Specification for Energy Metering (DLMS/COSEM) as the back-haul protocol for AMR.

# Virtual Reality Classroom Applied to Science Education

Wei-Kai Liou and Chun-Yen Chang

The goal of the present study was to develop a virtual reality classroom, to improve student's Learning performance and outcomes. A serious virtual reality learning environment was developed, integrating virtual reality technology, virtual reality device, as well as 3D interactive virtual reality digital information content. To evaluate the effectiveness of the proposed design, students' performance in terms of their learning achievement and learning motivation was examined. 105 high-school students from Taiwan were divided into three individual groups of 35 students each, with one control group and experimental groups. The results of this virtual reality classroom showed significantly better learning motivation, learning outcomes and positive impacts on learning students' achievement scores.

# Image Processing Based Anomaly Detection Approach for Synchronous Movements in Cyber- Physical Systems

Hasan Yetis and Mehmet Karakose, Senior Member, IEEE

Today cyber-physical systems are becoming more and more popular with the industry 4.0. Given the size and criticality of the systems they are used, it is very important that the cyber physical systems work properly. In this study, image-processing based anomaly movement detection method, which can be integrated to systems anytime, is proposed. With detection of anomaly movements and preventing unexpected situations, the cost arises from hitches, breakdowns or damaged productions is reduced. This study consists of two main section, first is implementing remote-controlled simple industrial robot system, second is the detection of unwanted movements and controlling the system.

# Optimization of fractal antennas in CST with Chaotic optimization algorithm

Luka Lazović, Ana Jovanović and Vesna Rubežić

The design of electromagnetic structures using numerical analysis software is mainly based on manual adjustments of the dimensions and shapes by the method of trial and error, and mainly depend on the experience of the designer. In recent years, several methods have been developed to optimize electromagnetic structures in software for numerical analysis. However, given the computational time and the complexity, as well as a large number of variables, conventional optimization methods do not achieve good results. In these cases, optimization tools built into commercial software are not effective. It is, therefore, necessary to develop a new technique with an advanced optimization algorithm that will be associated with commercial software. By combining an optimization algorithm and commercial electromagnetic software, these goals could be achieved. In this paper, the proposed Chaotic optimization method was implemented in MATLAB, which was able to control the software for electromagnetics simulation CST through the .m file. All commands, algorithms and Chaotic optimization code that need to be executed in CST are contained in the MATLAB .m file.

# Application of Digital Forensics in Traffic Conditions

Tatjana Stanivuk, Ištvan Bodolo, Nena Tomović, Biljana Kordić

Development and application of electronics and information technologies have essential effect on the labor market and working methods in all life areas. Special place in area of digital business is dedicated to digital forensics, which is increasingly applied in traffic. This work presented application of digital forensics in traffic including its specifics relating to traditional ways of work and application of methods for data reading.

# Determination of the total impulse of the solid rocket motor by using two mathematical methods

Slobodan Bundalevski, Vlatko Cingoski and Saso Gelev

Different categories of rocket motors with particular emphasis on solid rocket motor and its components were presented in this paper. Also, different types of solid propellant compositions and three types of burning were presented. The main subject in this paper is determination of the total impulse of the solid rocket motor by using two mathematical methods. For that purpose, an experiment has been conducted where thrust over time of the solid rocket motor was measured. Six mathematical models were determined by non-linear regression methods for the purpose of first mathematical method. Both mathematical methods show very similar results.



# Implementation of CA algorithm for 3D components

Biljana Stamatovic

Identification of the components on a lattice (grids, images) provides a simpler approach for analyzing that lattice. In this paper labeling of connected component on 3D lattices based on cellular automata algorithm is presented. Concretely, implementation of one such algorithm, with its extensively evaluation on various test cases for different size of grids and percolation probabilities is given. The experiments are made in NetLogo programming environment.

# 5G and Software Network paradigm

Aleksandar Tudzarov , Saso Gelev ,

This paper presents a view on the new software networks paradigm for future 5G networks that will help to achieve one of the most important requirements of the NGN like: sustainability, industry compatibility and usability. NG Network should be scalable, self-evolving and capable to address any current and future user needs. Building of closed and strict standards for networks ensures vendor compatibility and interconnectivity on one side but on other side reduces capability for fast evolution and adaptability for user needs. World economy is constantly accelerating and introduces great pressure on telecommunication industry to provide the required capabilities that will satisfy their requirements. This situation results in constant telecommunication struggle to introduce new network capabilities and features in very short time. It is time to start using all the Telecom and IT industry knowledge that we have to help to improve the network evolution. In that manner rebuilding the network from scratch by decomposition of network to building blocks and start building new network software based function and forms of network with strong self-awareness that can be interconnected on all different levels (not only vertical and horizontal but also sideways and diagonal). One way to do this is to software define the complete network scope and design a software adjusted network building blocks that can co-work with each other and can be interconnected on all levels. Two most promising technologies to introduce software based network organization in 5G are SDN and NFV technologies and in that sense their integration and cooperation in building the 5G network is crucial. There are several projects that are viewing in to this cooperation: 5GEx, 5G-Crosshaul, 5G-Xhaul, CHARISMA, COHERENT, SELFNET, SESAME, SONATA, SUPERFLUIDITY, VIRTUWIND which focus is in direction to enable most beneficial integration in joint software network organization of 5G architecture.

# Review Spam Detection using Machine Learning

Draško Radovanović, Božo Krstajić, Member, IEEE

Prior to buying a product, people usually inform themselves by reading online reviews. To make more profit sellers often try to fake user experience. As customers are being deceived this way, recognizing and removing fake reviews is of great importance. This paper analyzes spam detection methods, based on machine learning, and presents their overview and results.

# On applying evolutionary algorithms for hybrid neural networks architecture synthesis

Luka B. Bulatović and Goran R. Šuković, Member, IEEE

In this paper, we analyze the concept of Evolutionary synthesis of Deep neural networks, as well as Hybrid neural networks architecture. Evolutionary synthesis tries to iteratively simplify network architecture by removing some of the synapses, while keeping the classification accuracy high and potentially speeding up the training process. Hybrid architecture tries to combine multiple networks into single architecture for better classification accuracy. We combine these two models and observe the results.

# A Secured Digital Video Watermarking in Chrominance Channel

Zoran S. Veličković, Zoran N. Milivojević, Marko Z. Veličković

This paper presents the protection of unencoded video content from copying by inserting a scrambled watermark in the chrominance channel. In order to increase security, before inserting, the watermark is scrambled by a chaotic GMSAT map. Insertion was performed in a DWT-SVD domain with a reliable SVD algorithm in the U component of the YUV color model. The decoded video frames have extracted watermarks that were used to repair the quality. Based on the results of the performed experiments, it can be concluded that the quality of the protected video is excellent, and that the watermark of the good quality is extracted. The proposed algorithm can be efficiently used to protect video from copying and illegal distribution.

# One approach to acoustic signals contamination detection

Nikola Popović, Sanja Vujnović, Predrag Vasilić, Aleksandra Marjanović and Željko Đurović

Efficient predictive maintenance systems can significantly decrease expenses in modern industrial plants. An illustrative example is a predictive maintenance technique based on estimation of fan mill impact plates state in thermal power plants. This can be performed using acoustic signals which are a natural choice but they are very sensitive to ambient noise. The article considers procedures for discarding the segments which contain different types of contamination. The algorithm is based on patterns derived from spectrogram representation of recorded signals and support vector machines as a classifier. The results are verified on real acoustic signals recorded in a vicinity of a fan mill in thermal power plant Kostolac A1 in Serbia.

# Notion of Strong Monad in Computing

Kruna Ratković

Categories can be seen as the models of an algebraic theory and almost all the derived concepts are finitary and of algorithmic nature. In particular, the notion of a strong monad has found great variety of applications in the theory of computation. In order to expound products in the computational and semantic context, different approaches to this concept have been developed. In this survey we give a brief introduction of the notion of a strong monad in a categorical framework together with some illustrative examples in the theory of computation.



# Adaboost algorithm in the frame of predictive maintenance tasks

Predrag Vasilić, Sanja Vujnović, Nikola Popović, Aleksandra Marjanović and Željko Đurović

The paper proposes a method for state change detection in rotary machines. The procedure relies on recorded signals spectrogram analysis and features appropriate for texture classification in digital images. Final classification in terms of machine health is performed using Adaboost algorithm. The application of this algorithm is proposed for thermal power plant fan mills whose impact plates are damaged during the coal grinding process. The main goal of the procedure is to detect the stage of the amount of wear of the impellers and to determine the appropriate timing for unnecessary maintenance tasks. Real acoustic signals for verification of this algorithm are recorded in thermal power plant Kostolac A1 in a coal grinding subsystem.

# The virtual museum development with the use of intelligent and 3d technologies on the basis of the Maritime museum in Kotor

Natalia S. Podzharaya and Anastasiia S. Sochenkova

In this paper authors give the definition of the virtual tourism, identify the problem of transforming sociocultural activities and describe development of new forms of communication within the framework of the museum tourist activities, reflecting current trends in social evolution. Problems of the influence of globalization and the informatization of society on the development of museum activities are also analyzed. Virtual 3d model of the Kotor Maritime Museum is shown as an example of a new communicative form, where a virtual tour is considered as a form of the effective organization of a museum activity process in the tourist practice of the museum.

# WSN Architecture for Smart Irrigation System

Trifun Savić, Milutin Radonjić, Member, IEEE

In this paper, an architecture of a ZigBee wireless sensor network for application in smart irrigation system is proposed. After a brief overview of the most important features of ZigBee standard related to Wireless Sensor Network (WSN) operation, Arduino-based sensor node for acquisition of soil moisture and air temperature is described. This node is equipped with XBee S2 communication module in order to be part of the established WSN. Furthermore, we presented the reception of the collected data on the main control unit, designed on the Waspote microcontroller platform equipped with XBee S2 coordinator. All necessary steps required to establish the communication between Waspote platform and XBee S2 coordinator device are described, even though Waspote platform is designed to communicate only with Xbee routers and end devices. Proposed architecture allows flexible implementation with reliable data transfer that provides necessary information for autonomous decision-making in smart irrigation system.

# Low-Complexity Dynamic Synchronphasor Estimation Algorithm

Žarko Zečević, Member, IEEE, Božo Krstajić, Member, IEEE

Estimation accuracy of synchronphasor algorithms can be significantly improved by expanding the Taylor series near the real fundamental frequency of the power signals, instead of the nominal frequency. However, this approach requires solving the least square problem in each iteration, which leads to a significantly increased computational cost. In this paper, a low-complexity algorithm for synchronphasor estimation is proposed to improve estimation accuracy under power system oscillations and off-nominal frequency conditions. Simulation results show that proposed method exhibits similar or improved performance compared to reference algorithm.

# A decentralized platform for heterogeneous IoT networks management

Bozidar Skrbic, Draško Radovanovic, Slavica Tomovic, Luka Lazović, Zarko Zecevic, and Igor Radusinovic,  
Member, IEEE

A typical Internet of Things (IoT) platform adopts a Cloud-centric design, where virtually unlimited processing resources enable data analytics of unprecedented complexity. However, Cloud computing model is not suitable for many emerging IoT applications that require real-time interaction between sensing and actuator devices, predictable latency, location awareness and/or mobility support. Motivated by these challenges, we propose a new design of IoT platform which exploits benefits of decentralized Fog and Edge computing paradigms. In particular, we provide a background on the key design requirements for collaborative Cloud-Fog-Edge computing in IoT, emphasizing the challenges with regard to resource virtualization and communication interoperability between IoT devices belonging to different network domains. Further on, we present results of the work in progress on the prototype implementation and demonstrate its capabilities on the example of a smart solar panel grid.

# State-of-Charge Estimation of Lithium-ion Batteries using Extended Kalman filter and Unscented Kalman filter

Ivan Jokić, Student Member, IEEE, Žarko Zečević, Member, IEEE and Božo Krstajić, Member, IEEE

Lithium-ion battery stands for vital segment of the hybrid-electrical vehicles (HEV). Accurate monitoring of battery status, which is the main task of battery management system (BMS), ensures reliable operation and preserve battery performance. Successful management of battery relies on accurate estimation of state-of-charge (SoC) parameter. Proposed methods for SoC estimation tend to consider nonlinear nature of battery system with time and temperature dependent parameters. Kalman-based filters have been widely used for SoC estimation. In this paper, two Kalman-based filters have been used fo SoC estimation, Extended Kalman filter (EKF) and Uscented Kalman filter (UKF). These two methods have been compared and simulation results are presented.

# An Efficient MPPT Algorithm for PV Modules Under Partial Shading and Sudden Change in Irradiance

Amar Kapić, Žarko Zečević and Božo Krstajić

This paper proposes a new method for maximum power point tracking (MPPT) under different environmental conditions, such as partial shading and sudden change in irradiance. The method consists of three parts – checking the partial shading occurrence searching for global peak (GP) and reducing the oscillations around maximum power point (MPP). The simulations results show the proposed algorithm is able to track true global maxima. The tracking speed and efficiency are increased compared to the reference algorithm.



# MasterRoute: Android Application for Finding the Optimal Traffic Route

Sario Al Mustafa and Nikola Žarić, Member, IEEE

This paper presents an Android application for finding the optimal traffic route between multiple locations while avoiding the routes that are blocked. Optimal traffic route is determined by the least travel time needed and/or the shortest distance between the locations. However, if the optimal traffic route is blocked the application will provide the best alternative route between the locations until there are no more alternative routes in which case the user will receive a message alerting him that there are no traffic routes available between the locations at the moment. Provided solution in this paper aims to be cost efficient and time efficient.

# Micro-Doppler Removal in Radar Imaging in the Case of Non-Compensated Rigid Body Acceleration

Miloš Brajović, Student Member, IEEE, Ljubiša Stanković, Fellow, IEEE, Miloš Daković, Member, IEEE

The micro-Doppler (m-D) effect, commonly caused by fast moving reflectors, can significantly decrease the readability of rigid body in ISAR/SAR radar images. We revisit an L-statistics based micro-Doppler removal approach, producing excellent results in separation of the stationary rigid body from the m-D. In the case of non-compensated target acceleration, rigid body components become non-stationary, commonly with linear frequency modulation. The Local Polynomial Fourier Transform (LPFT) can be exploited for the estimation of the unknown chirp-rate needed for the acceleration compensation. To this aim, we present a simple iterative procedure based on the LPFT concentration measure. It is an alternative to the direct search approach for the estimation of the LPFT demodulation parameter, improving the estimation accuracy and reducing the numerical complexity of the approach. Numerical examples verify the presented theory.

CIP - Каталогизација у публикацији  
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-85775-22-2  
COBISS.CG-ID 35649296

ISBN 978-86-85775-22-2



9 788685 775222 >